

CITTÀ METROPOLITANA DI FIRENZE



ACCORDO QUADRO
SERVIZI DI INGEGNERIA RELATIVI A NUOVE OPERE E MANUTENZIONE DEL PATRIMONIO
STRADALE DI PROPRIETA' E IN GESTIONE ALLA CITTA' METROPOLITANA DI FIRENZE
ZONA MANUTENTIVA 2
CIG DERIVATO: A061534C3F
CUP: B87H20019430001

INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DEI DISSESTI FRANOSI NELLA
FRAZIONE DI TOSI KM 13+100 DELLA SP 86 "REGGELLO-DONNINI-TOSI"

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

TITOLO TAV.

RELAZIONE GEOLOGICA

RUP:
Arch. Giuseppe Biancamano

DEC:
Arch. Sara Salvadori

DATA:
Lug. 2025

PROGETTISTA GENERALE:
Ing. Stefano Mattera - ECL-Project Partner Ltd Consulting Engineers

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
Ing. Giosuè Sordi - ECL-Project Partner Ltd Consulting Engineers

GEOLOGO:
Dott. Geol. Claudio Preci - IS Ingegneria e Servizi s.r.l.s

C03

PROGETTISTA DELL'ELABORATO:



Project Partners Ltd
Consulting Engineers
Ing. Stefano Mattera



SCALA

-

Codice commessa (int)						Liv.	Disciplina	Tipo	Elaborato			Numero		Rev.
2	3	0	0	3	2	F	STRU-GEO	R	R	G	0	1	B	

Rev.	Descrizione	Data	Redatto	Verificato	Approvato
B	Seconda emissione	lug. 2025	-	GS	SM
A	Prima emissione	apr. 2025	-	GS	SM

MANDATARIO:

MANDANTI:



LEONARDO
consorzio europeo
per l'ingegneria e l'architettura

IS Ingegneria e Servizi s.r.l.s
Centro Sviluppo Agricolo e Forestale S.T.A.
Archeomodena Associazione Professionale

REGIONE TOSCANA

CITTA' METROPOLITANA DI FIRENZE

COMUNE DI REGGELLO

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA

AGI Associazione Geotecnica Italiana "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" (1977); Normative sul Vincolo Idrogeologico (R.D. n. 3267/1923/"Legge Forestale Regionale" n.39 del 21/03/2000 s.m.i. e Regolamento attuativo n. 48/R del 8 agosto del 2003); DM del 11/03/1988 "Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni ecc."; Circolare Ministero LL PP del 24/09/1988 n. 30483; DPR 554/1999; DPR 328/2001; OPCM n. 3274 del 20/03/2003; Legge regionale n. 65 del 10/11/2014 "Norme per il governo del territorio"; Regolamento 5/R del 30/01/2020 con delibera di Grt n. 29 del 20/01/2020 DM 17/01/2018 Norme Tecniche per le Costruzioni; Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 - "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".

Progetto

MESSA IN SICUREZZA E SISTEMAZIONE DI UN TRATTO STRADALE DELLA SP 86 INTERESSATO DA INSTABILITÀ DEL VERSANTE.

Localita'

TOSI - SP 86

Committente

CITTA' METROPOLITANA DI FIRENZE

Tecnico incaricato

DOTT. GEOL. CLAUDIO PRECI



Data

APRILE 2024

Studio Preci

Geologia, Geotecnica, Geofisica, Idrogeologia, Ambiente

Via W. Tabacchi, 125 - 41123 Modena

tel. 059.823020 - mob. 3398264394

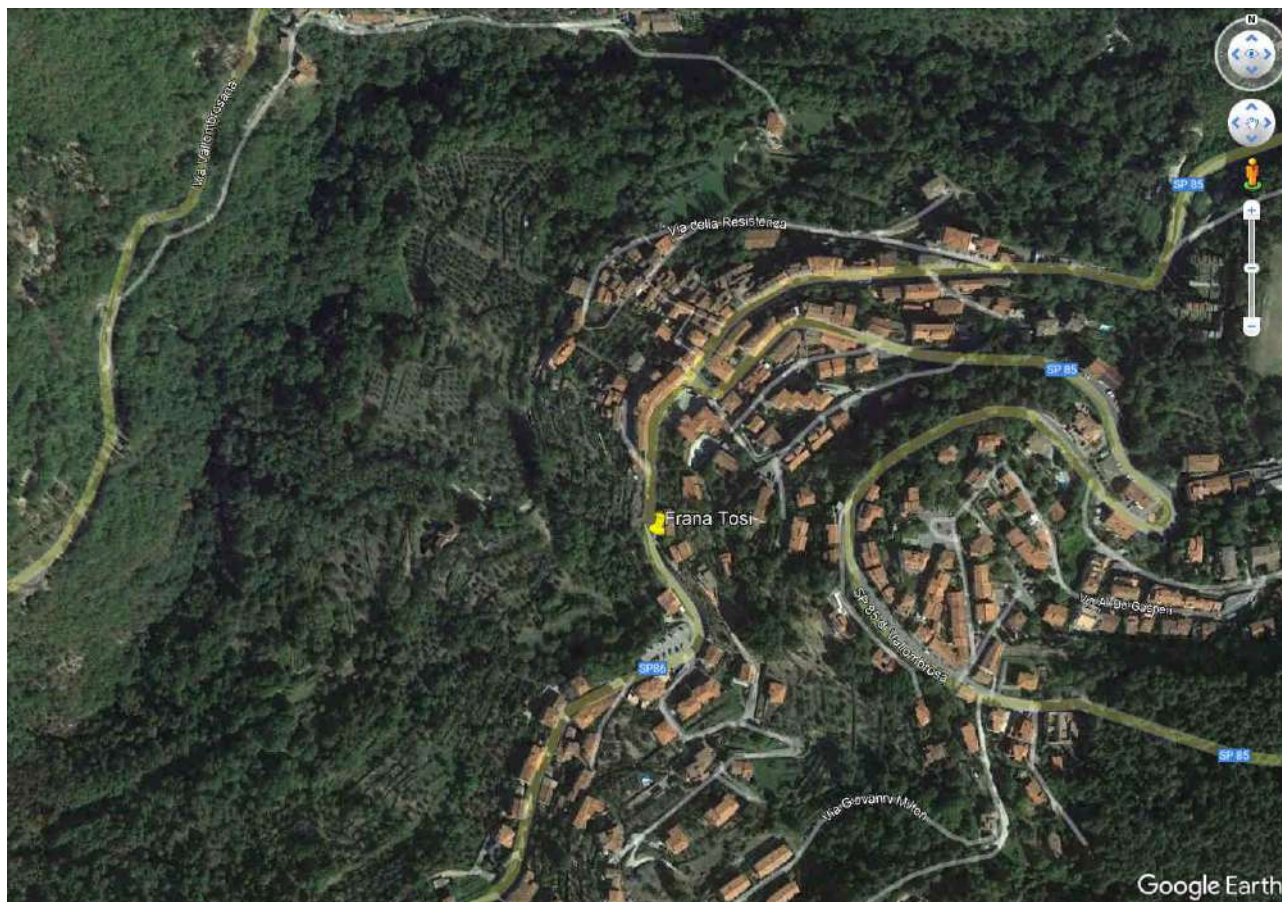
e-mail. precigeo55@gmail.com

INDICE

1. Premessa.....	2
2. Modellazione geologica generale.....	5
2.1 Modellazione geologica del sito.....	13
3. Metodologia d'indagine delle prove in sito.....	21
3.1 Prova SPT (Standard Penetration Test).....	24
3.2 Indagine geofisica - Misura del microtremore sismico.....	25
3.3 Indagine geofisica - MASW.....	34
3.4 Indagine geofisica - Prova sismica in foro“Down-Hole”.....	35
4. Modellazione geotecnica del volume significativo di terreno.....	37
5. Modellazione sismica e pericolosità sismica di base del sito.....	44
5.1 Azione Sismica.....	55
6. Considerazioni conclusive.....	68
Allegato A - Indagini geognostiche - Indagini geofisiche - Prove di laboratorio.....	70

1. Premessa

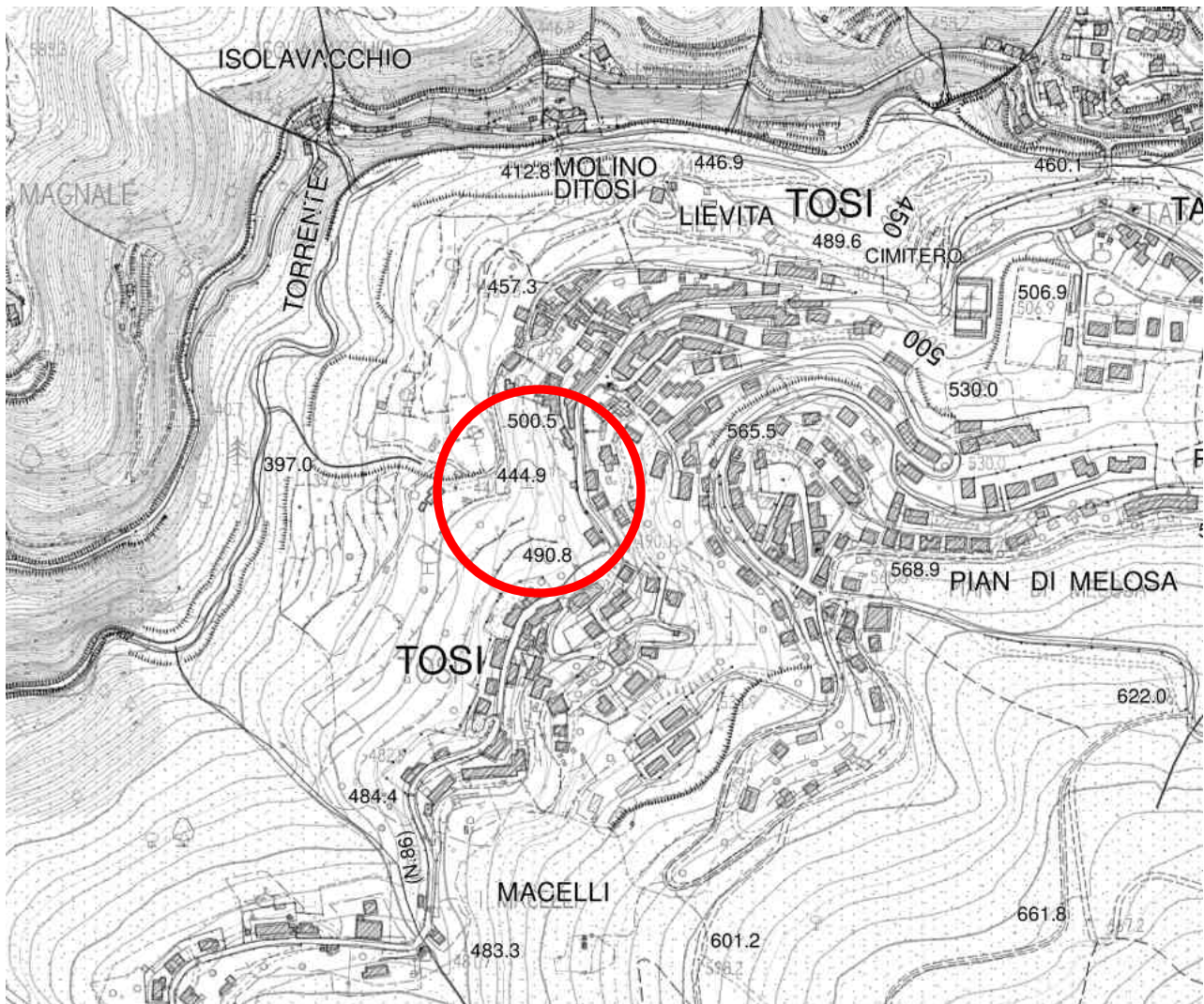
La presente relazione è stata eseguita in riferimento agli interventi in progetto per la messa in sicurezza e sistemazione di un tratto stradale della SP 86 in località Tosi, nel territorio comunale di Reggello, interessato da instabilità del versante.



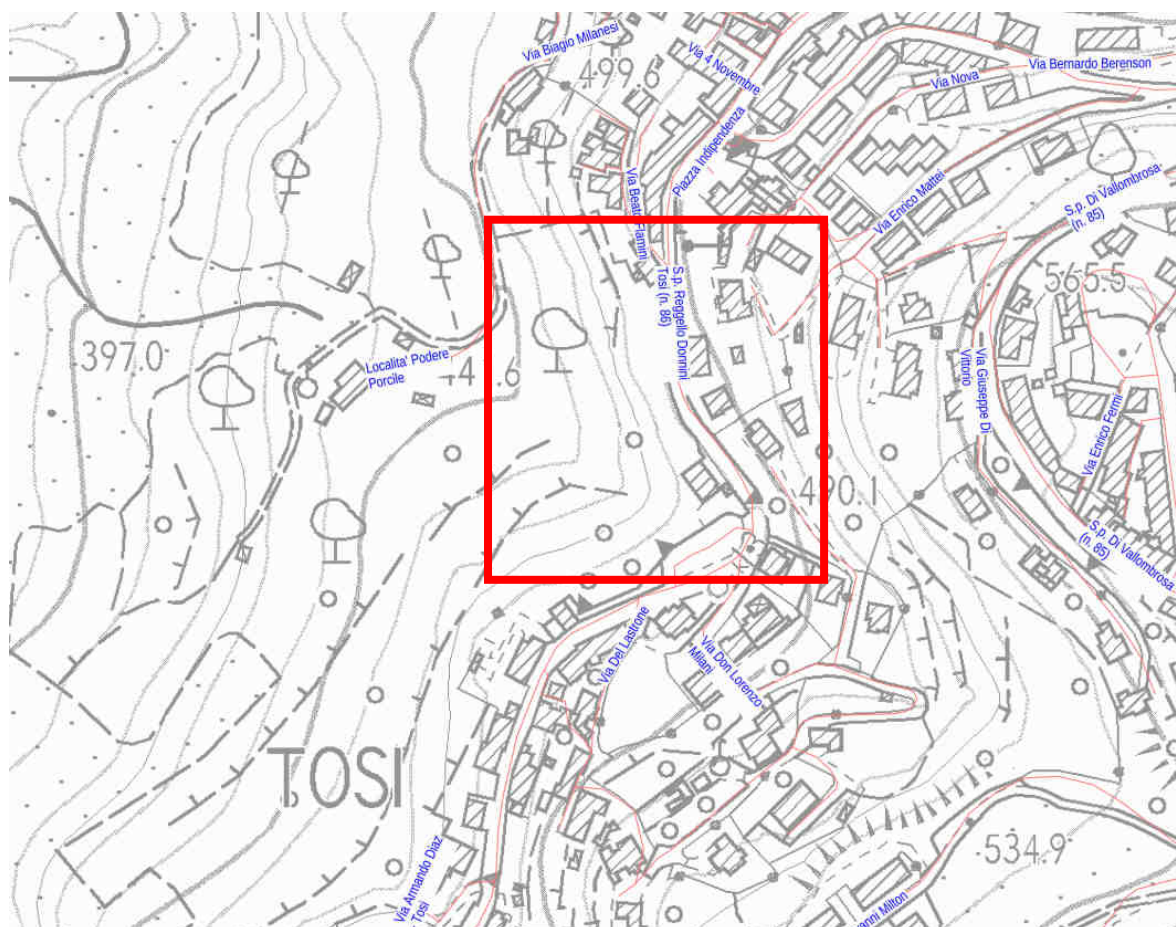
Secondo il DM 17/01/2018 Nuove Norme Tecniche per le costruzioni, le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali. Nella presente relazione vengono riportate la modellazione geologica e sismica dell'area in oggetto e la modellazione geotecnica sulle indagini geognostiche eseguite in sito, con particolare riferimento alla individuazione dei parametri geotecnici del terreno studiato. Le indagini e la presente relazione sono conformi a quanto disposto nelle normative seguenti:

- AGI Associazione Geotecnica Italiana "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" (1977);
- Normative sul Vincolo Idrogeologico (R.D. n. 3267/1923/"Legge Forestale Regionale" n.39 del 21/03/2000 s.m.i. e Regolamento attuativo n. 48/R del 8 agosto del 2003);
- DM del 11/03/1988 "Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni ecc.";
- Circolare Ministero LL PP del 24/09/1988 n. 30483;

- DPR 554/1999;
- DPR 328/2001;
- OPCM n. 3274 del 20/03/2003;
- Legge regionale n. 65 del 10/11/2014 “Norme per il governo del territorio”;
- Regolamento 5/R del 30/01/2020 con delibera di Grt n. 29 del 20/01/2020
- DM 17/01/2018 Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 - “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.



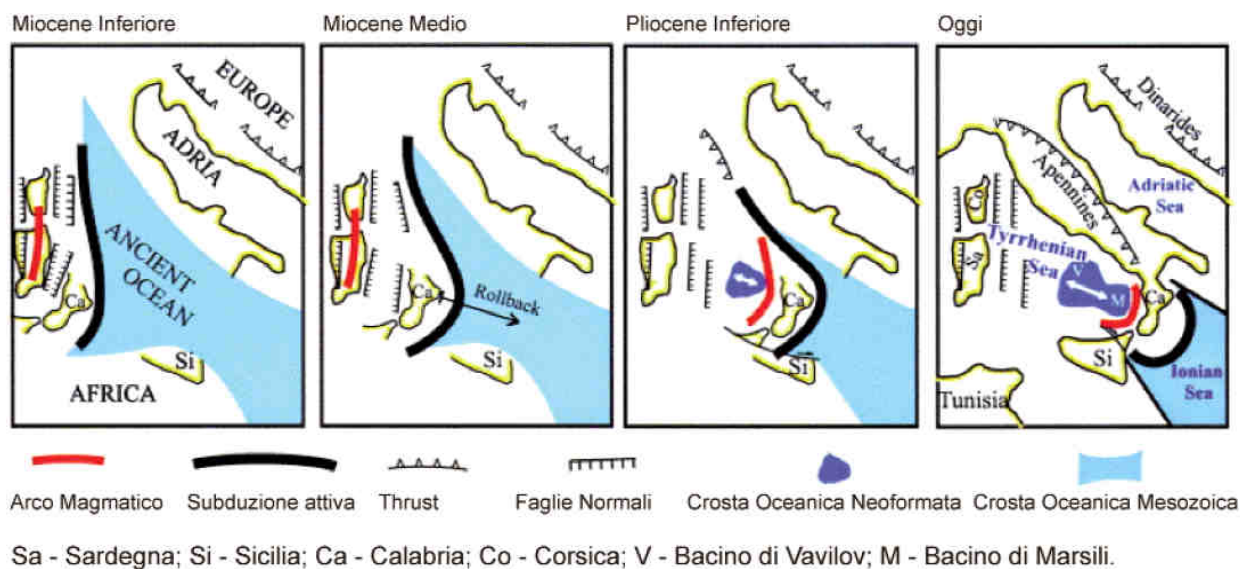
Il territorio oggetto della presente relazione è ubicato al margine sud-ovest della frazione di Tosi, lungo il tratto stradale della SP 86 compreso tra via Beato Flaminio e via Del Lastrone, alla quota media di 490 m s.l.m. circa.



2. Modellazione geologica generale

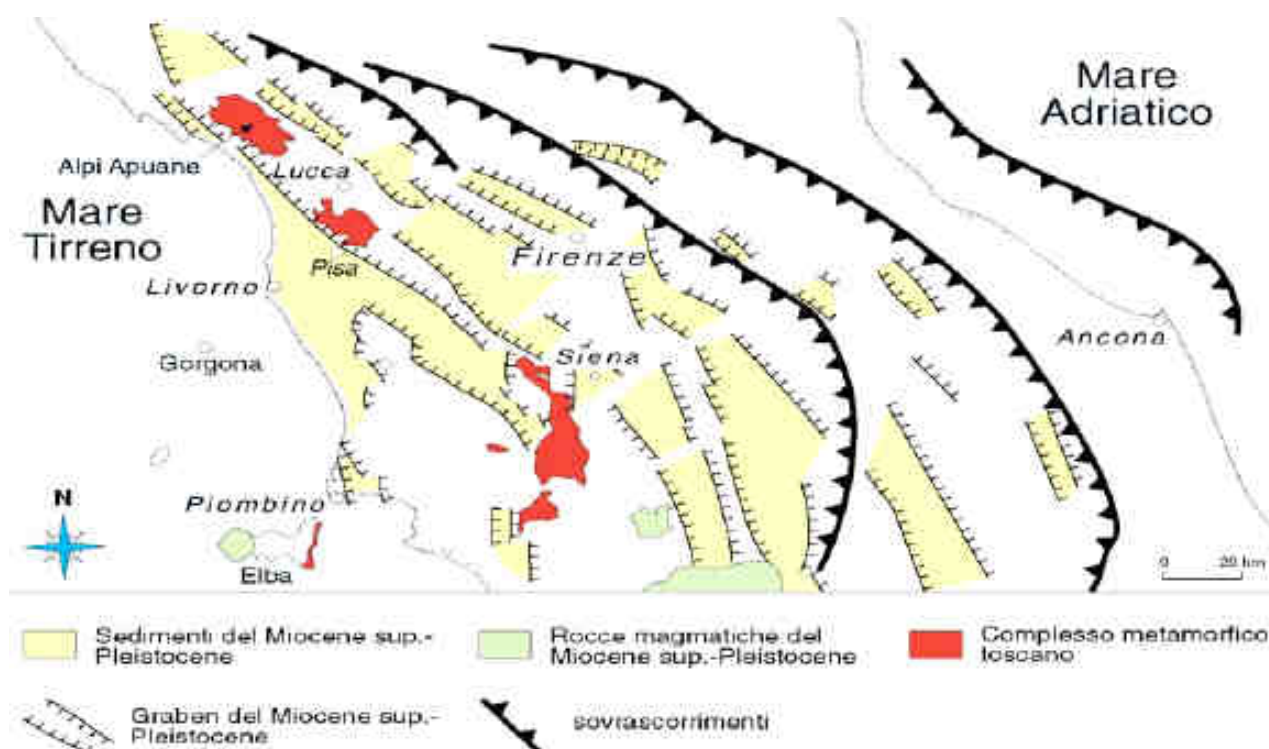
Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento.

L'Appennino Centro-Settentrionale è una catena orogenica strutturalmente complessa, costituita da un arco a virgazione semplice con vergenza verso nord-est e delimitato a nord dalla linea Sestri-Voltaggio, un grande lineamento tettonico a forte componente trascorrente, che lo separa dalle Alpi Liguri aventi vergenza opposta. Il limite meridionale è costituito dalla linea Ancona-Anzio, sempre a componente trascorrente. Come le altre catene montuose formatesi nel corso dell'orogenesi alpina, esso è formato da strutture rocciose di estensione areale e spessori notevoli, definite come Falde o Unità tettoniche. Le diverse fasi dell'orogenesi hanno portato alla migrazione di queste unità dagli originari bacini di sedimentazione, con spostamenti nell'ordine anche delle centinaia di chilometri, e al loro impilamento come falde tettoniche separate da superfici di sovrascorrimento.



Lo sviluppo dell'Appennino ebbe inizio nel cretaceo superiore con la cosiddetta fase eoalpina: l'avvicinamento della placca adriatica (zona dinarica) alla placca europea (zona iberica), portò prima alla tettonizzazione dell'Oceano Ligure-piemontese e poi alla sua subduzione sotto al margine europeo, costituito dal blocco Sardo-corso. Nell'eocene medio termina la fase oceanica dell'orogenesi appenninica con la completa chiusura dell'oceano; a partire dall'oligocene superiore comincia invece la fase intracontinentale, dovuta all'apertura del bacino del

Mediterraneo Occidentale e alla conseguente rotazione in senso antiorario del blocco Sardo-Corso, che staccatosi dal margine della placca europea si portò nella sua posizione attuale nel miocene medio, provocando la completa chiusura dell'Oceano Ligure-piemontese. La rotazione del blocco che subduce la crosta oceanica portò a un fenomeno di migrazione dell'avanfossa verso est: fra le falde tettoniche che costituiscono i rilievi appenninici si trovano infatti le Unità Epiliguri sedimentatesi nelle diverse avanfosse, principalmente flysch torbiditici ed emipelagiti di chiusura. Lo spostamento del fronte compressivo verso est fu seguito dalla formazione di una zona di distensione crostale legata all'apertura del Bacino Tirrenico. Si distinguono due domini di sedimentazione su crosta oceanica, Liguridi interne e Liguridi esterne, e due domini su crosta continentale, Dominio Toscano e Dominio Umbro-romagnolo.



Dominio Ligure Interno, costituito essenzialmente dalle ofioliti, resti dell'antico fondale oceanico, dalla loro copertura sedimentaria di età giurassico-cretacica e da flysch torbiditici provenienti dallo smantellamento dei rilievi del Massiccio Sardo-Corso.

Dominio Ligure Esterno, più orientale del Ligure Interno ma ancora di ambiente di piana abissale. I movimenti traslativi che portarono all'impilamento in falde di questi domini oceanici, avvennero sempre in ambiente subacqueo e mentre prosegue la loro tettonizzazione, su questi terreni si formarono dei bacini di sedimentazione minori, nei quali si depongono sequenze di detriti silicoclastici che vanno a costituire i termini della cosiddetta Successione Epiligure. Queste formazioni sono contemporanee ad altre analoghe sequenze silicoclastiche che si depositarono sulle successioni di ambiente continentale.

Dominio Toscano, con sedimentazione che cominciò nel trias medio con depositi detritici continentali e di mare poco profondo sulla crosta continentale costituita dal basamento ercinico, per passare poi ad una sedimentazione evaporitica. Nel giurassico si instaurò un ambiente di piattaforma carbonatica con fondale marino in approfondimento, che continuò fino al cretaceo inferiore con la deposizione di sedimenti fini silicei e calcarei di mare profondo (diaspri e maiolica). Il cretaceo superiore fu caratterizzato da una sedimentazione che ricorda i complessi basali delle Unità Liguri, che evolvettero poi in una deposizione detritica in coincidenza con la fase tettonica che ha portato alla chiusura dell'Oceano Ligure. Nell'oligocene la sedimentazione si chiuse con sequenze di torbiditi silicoclastiche derivate dallo smantellamento della catena appenninica in emersione.

Dominio Umbro-romagnolo, si differenzia da quello Toscano a partire dal giurassico, per l'approfondimento ritardato del fondale marino e perché permangono comunque degli alti strutturali dove la sedimentazione di piattaforma carbonatica continua fino al cretaceo. Segue fino al miocene la potente sedimentazione pelagica calcarea-argillosa della Scaglia. La fascia adriatica più esterna di questo dominio si differenziò dalla parte più interna per lo sviluppo tardivo dell'avanfossa, riempita dalla sedimentazione torbiditica della Marnoso-Arenacea.

Dominio Sub-ligure è un dominio di transizione tra quelli impostati su crosta oceanica e quelli di crosta certamente continentale costituito dal Complesso di Canetolo, che mostra una sedimentazione basale analoga a quella dei bacini oceanici e una sedimentazione nella parte sommitale simile a quella dei domini continentali più esterni.

La storia geologica della Toscana centro-settentrionale è stata condizionata in misura preponderante dai movimenti distensivi susseguenti l'orogenesi appenninica che dal tardo Miocene interessarono in tempi successivi la Toscana, a partire dall'area tirrenica.

Le dislocazioni si sono prodotte lungo sistemi di faglie dirette con direzione principale NW-SE, che hanno portato alla formazione di una serie di depressioni tettoniche longitudinali delimitate da alti strutturali. In tali depressioni si sono instaurati bacini lacustri, marino-lacustri e marini, i cui depositi neoautoctoni risultano appartenere ai tre cicli sedimentari principali del Miocene Superiore, del Pliocene e del Quaternario.

All'interno di questi bacini tettonici si sono sviluppati spessi accumuli di depositi sedimentari a partire dal Villafranchiano, chiusi da sedimentazione lacustre e fluviale recente olocenica.

Durante il Miocene, nel bacino in questione si ha una sedimentazione esclusivamente lacustre, caratterizzata in prevalenza da conglomerati e sabbie e subordinatamente da argille sabbiose. All'inizio del Pliocene una trasgressione interessa l'intera zona, dando inizio a una fase di sedimentazione francamente marina: deposizione di ciottolami e sabbie nelle aree emerse durante il Miocene superiore, di depositi più argillosi nelle parti più depresse. Verso la fine del

Pliocene un sollevamento generalizzato dà luogo a una rapida regressione, con conseguente ripristino di un ambiente di deposizione continentale fluvio-lacustre (Quaternario).

Terminata la fase di colmamento, i corsi d'acqua hanno continuato il processo deposizionale divagando attraverso la pianura e coprendo estesamente i sedimenti fluvio-lacustri e marini sottostanti con materiali alluvionali prevalentemente fini. Le ultime sedimentazioni di colmata sono iniziate circa 1000 - 2000 anni fa, ed hanno ricoperto i depositi Villafranchiani lacustri rilevati a profondità intorno ai -30 m.

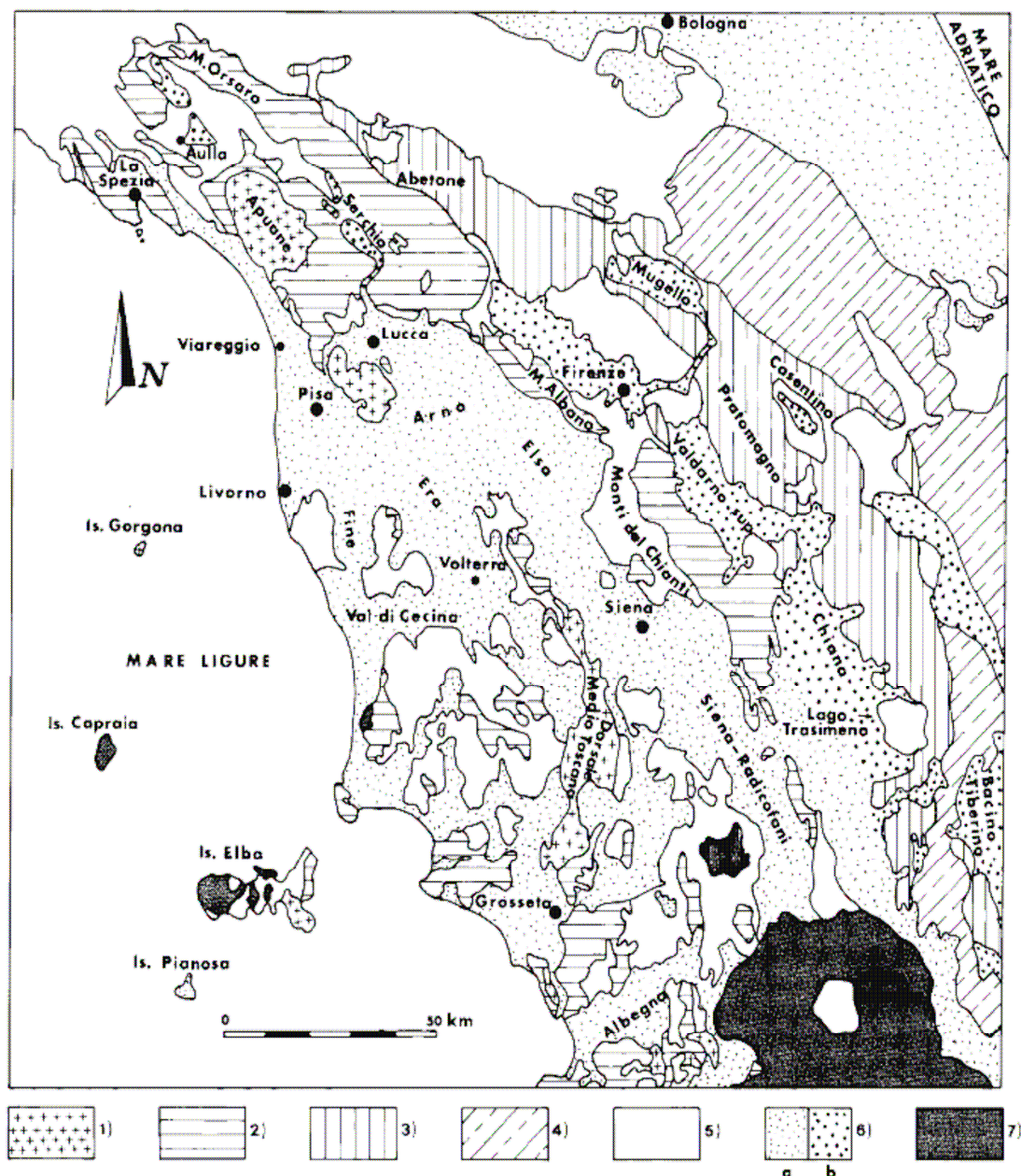


Figura 8: I depositi neogenici e quaternari e i bacini intermontani nel quadro della geologia dell'Appennino settentrionale (da Boccaletti, 1995 ridis.) 1) Unità Metamorfiche; 2) Unità Toscana; 3) Unità Cervarola-Falterona e di Castel Guerrino; 4) Unità Umbro-marchigiane; 5) Unità Liguri, Subliguri ed Epiliguri; 6) a: Depositi neogenico-quaternari; b: bacini intermontani villafranchiani; 7) Rocce magmatiche e depositi piroclastici.

Partendo da est verso ovest e poi proseguendo verso sud, Il bacino intramontano di Firenze-Prato-Pistoia è orientato NO-SE e si estende in lunghezza per circa 45 km, per una larghezza di circa 10 km. Dal punto di vista geologico è delimitato da due alti strutturali, la dorsale Pistoia-Montale-Calvana-M.Morello-Fiesole a nord con affioramenti delle unità liguri e la dorsale M. Albano-Pian dei Cerri-Impruneta a sud, con affioramenti della Formazione del Macigno della Falda Toscana. Risulta inoltre che il bordo settentrionale del bacino è legato ad una importante faglia diretta, la Faglia di Prato-S. Domenico di Fiesole), che ribassa verso SO le rocce toscane e liguri con un rigetto totale di oltre 1000 m, determinando una profondità del substrato di oltre 600 m nella parte NE del bacino sedimentario.

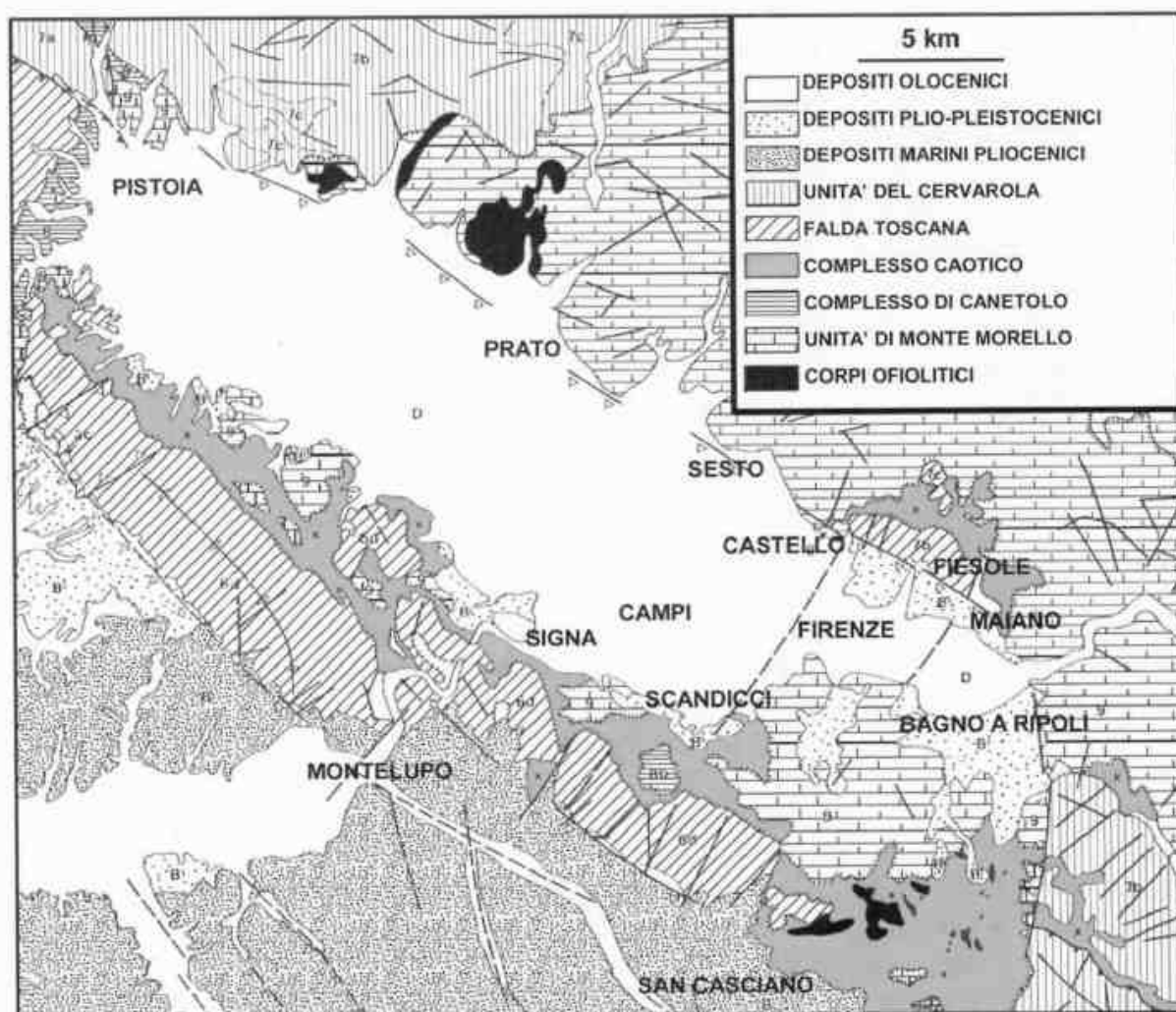
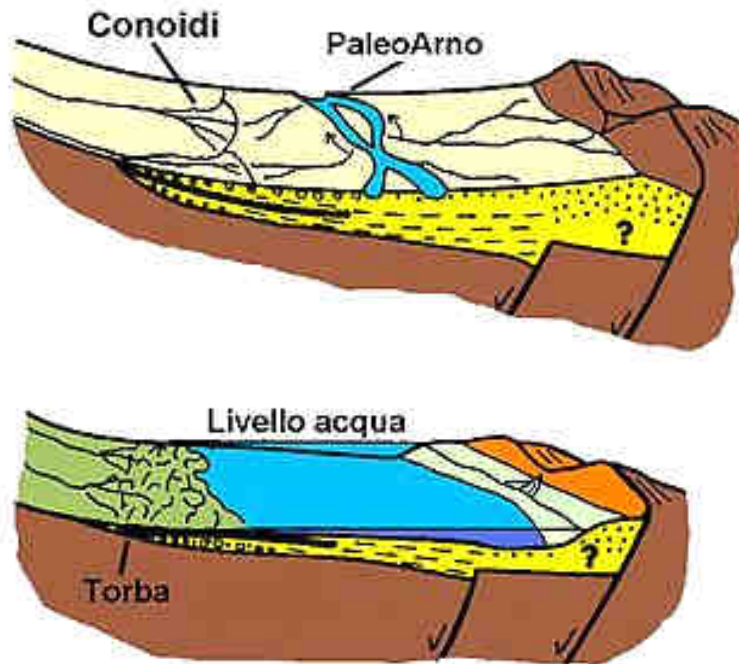


Fig. 9 – Carta geologica schematica del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia e delle aree limitrofe (da Coli & Rubellini, 2007).

L'area in esame appartiene in particolare alla zona del Valdarno, la cui differenziazione si è sviluppata soprattutto a partire dal miocene e dalla successiva trasgressione marina pliocenica.

Il Valdarno Superiore ha la forma di una conca ovale, con l'asse maggiore di direzione SW-NE, lungo circa 45 km e largo circa 10-12 km. È limitato a NE dalla Catena del Pratomagno e a SW dai

Monti del Chianti. La formazione del Valdarno inizia già circa 7 milioni di anni fa (miocene) con una fase pre-lacustre, quando, dopo l'orogenesi appenninica (oligocene sup. - miocene inf.) si instaura nella zona una fase tettonica distensiva che con un sistema di horst e graben dà origine a tutte le depressioni tettoniche della Toscana: il Casentino, il Valdarno Superiore, la Val di Chiana, il bacino di Firenze, la Garfagnana e la Lunigiana.



Circa 5 milioni di anni fa (pliocene inf.) inizia una lenta subsidenza di queste aree che permette al mare di arrivare fino al versante occidentale dei Monti del Chianti. A causa di questo sprofondamento il deflusso delle acque diviene difficoltoso e nella conca valdarnese si formano due piccoli bacini poco profondi nella zona di Palazzolo e di Castelnuovo dei Sabbioni.

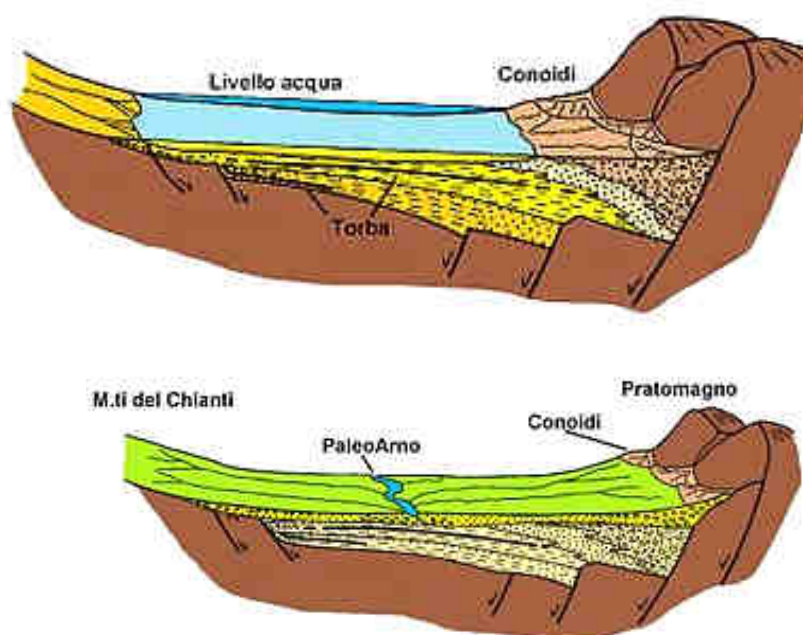
L'area, con clima tropicale molto umido, era caratterizzata da una rigogliosa vegetazione di foresta, abitata da una fauna molto diversificata, i cui resti fossili sono conservati presso il Museo Paleontologico di Montevarchi.

Queste condizioni favoriscono la formazione di una torbiera che dà origine ai livelli di lignite presenti nei sedimenti di questa fase, sfruttata per la produzione di energia elettrica fin dall'inizio del '900. Attualmente la riserva di lignite si sta esaurendo.

Successivamente l'abbassamento del fondo del bacino diviene rapido e nell'area della torbiera, che non sempre era stata attiva, si forma un lago che non fu mai in comunicazione con il vicino mare pliocenico. Nel lago lungo circa 20 km, che era il più grande degli specchi d'acqua del pliocene, si sedimentano ampi spessori di fanghi argillosi che ricoprono i resti organici accumulatisi precedentemente e danno inizio ai processi di carbonizzazione che portarono alla formazione della lignite. I sedimenti di questa prima fase sono stati raggruppati nella

Successione di Castelnuovo che costituisce una monoclinale immersa verso NE di sedimenti lacustri. Nel Pleistocene inferiore (circa 2 Ma) la conca lacustre pliocenica si era completamente riempita di sedimenti e fu interessata da un risollevarsi generalizzato dell'area che fece arretrare la linea di costa fino alla posizione attuale. Nel Valdarno i sedimenti lacustri furono dislocati e il bacino si ampliò e invase tutta la valle; si formò un lago lungo circa 40 km e profondo al massimo qualche centinaio di metri. In questa condizione si sedimenta la Successione di Montevarchi, con sedimenti che hanno giacitura tabulare, suborizzontale e presentano una netta discordanza angolare con i sedimenti della prima fase.

A ridosso del versante del Pratomagno si trovano estesi apparati di delta-conoide con sedimentazione sabbioso-ghiaiosa e un'evoluzione che si verifica in tutte le vicine conche lacustri: Val Tiberina, M. Oliveto, Val di Chiana, Casentino, Mugello e Firenze. La Sieve, proveniente dal Mugello, si immetteva nel lago del Valdarno e da questo usciva un corso d'acqua che si univa all'Arno Casentino per alimentare il bacino lacustre della Val di Chiana e successivamente il Tevere.



Il lago, che non era molto profondo, si andava gradualmente riempiendo di sedimenti argillosi e quando l'acqua divenne meno profonda si formò uno stagno e nella nuova pianura scorreva, da O verso E, un fiume (Arno Valdarnese). In questa fase si depositano i sedimenti della Successione di Monticelli, che giacciono in lieve discordanza angolare sopra i depositi della seconda fase. Nell'area in esame affiorano le seguenti formazioni:

L'Arno Fiorentino arretrò per erosione e catturò la Sieve che portò con sé le acque valdarnesi causando così l'inversione del reticolo idrografico. Da circa 10000 anni i corsi d'acqua si sono stabilizzati e incidono facilmente i depositi fluvio-lacustri poco coerenti modellando così il

Unità del Biacco
 Unità del Flysch ad Elmadadi
 Gruppo dell'Alberese/Pertinazione-Unità di M. Morello
 Serie Urbino-Romagnola
 Unità di M. Madonna - M. Cervarda
 Serie Toscana
 Gruppo Metanorosso della Montagna Senese
 Formazioni Metacalcinee del M. Pisano

Studio: via W. Tabacchi, 125 - 41123 Modena - tel. 059/823020 - mob. 339/8264394 - e-mail. precigeo55@gmail.com

Pratomagno e a sinistra dai modesti rilievi del Chianti in provincia di Siena, dai quali ha origine il torrente Ambra, unico affluente di una certa importanza in tutto il sottobacino.

La piana dell'Arno è caratterizzata principalmente da dissesti dovuti ad attività antropiche, per l'intensa urbanizzazione e la presenza di cave di inerti inattive, successivamente ricolmate o lasciate aperte con affioramento della falda freatica. Nelle zone di escavazione l'attività estrattiva ha provocato in più punti lo scalzamento degli argini dell'Arno, predisponendoli a fenomeni di sifonamento. La lavorazione degli inerti, continuata dopo la chiusura dell'attività estrattiva, ha determinato ulteriori dissesti, mentre il riempimento incontrollato delle cave con materiali di risulta limo-argillosi, ha favorito la formazione di barriere impermeabili che costituiscono un ostacolo al deflusso libero delle acque sotterranee della falda.

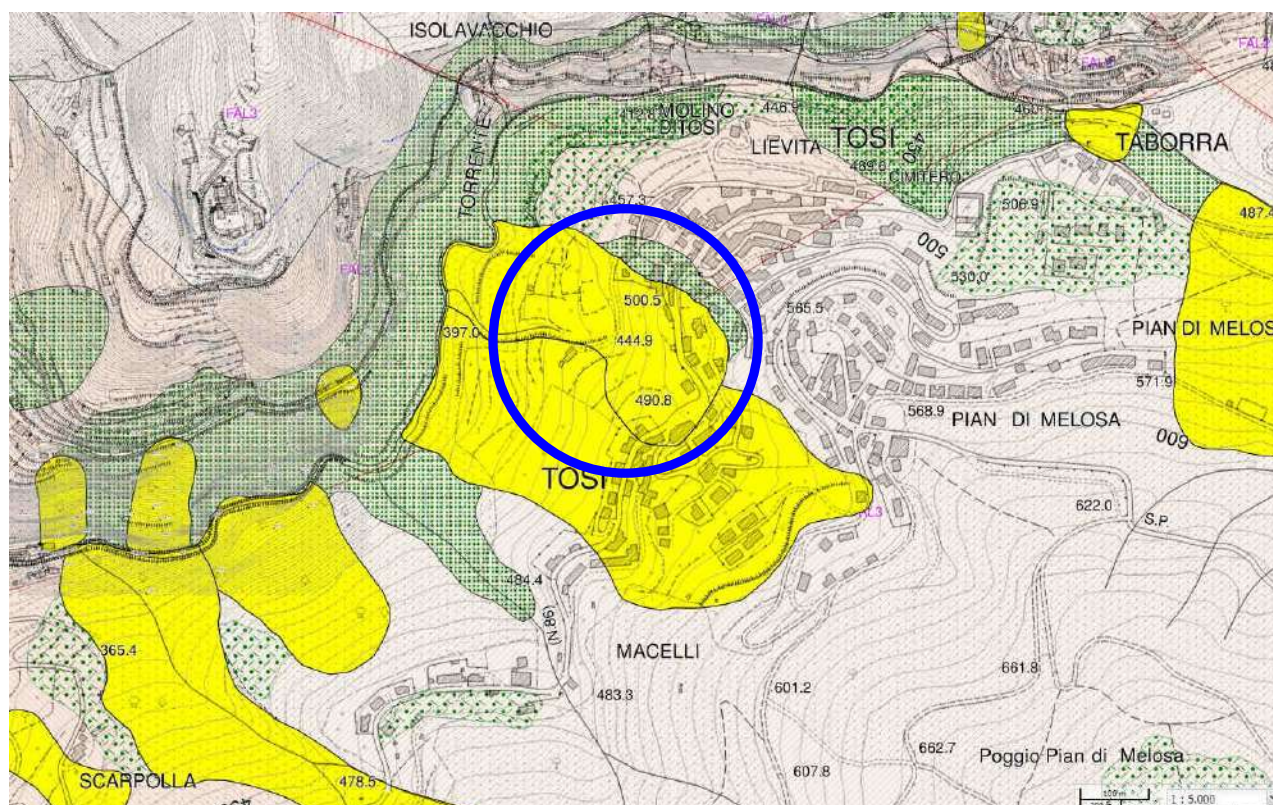
Parallelamente si è verificato un cambiamento del drenaggio superficiale per l'ostruzione della rete di scolo realizzata con le Bonifiche Leopoldine, determinando in tal modo con fenomeni di ristagno in vaste aree. Le valli degli affluenti, a differenza della pianura alluvionale dell'Arno, non sonostate interessate da attività estrattive, ma risultano comunque invase da orti e manufatti di vario genere, ponti e tombini a luci insufficienti, che hanno provocato un forte degrado della regimazione delle acque superficiali. Le frequenti esondazioni verificatesi negli ultimi anni, con abbattimento di opere idrauliche, sono la conseguenza di queste problematiche idrauliche.

2.1 Modellazione geologica del sito

Il territorio in esame si inserisce nel contesto geologico più generale del margine di catena dell'Appennino Settentrionale Toscano compreso nel bacino del Fiume Arno, caratterizzato da affioramenti di formazioni appartenenti ai Complessi di Base delle Unità Liguri e alla Successione Epiligure e Subligure appartenente al Dominio Toscano.

In particolare l'area di intervento presenta un substrato prevalentemente arenaceo riferibile alla formazione del Monte Falterona.

Dominio Toscano, unità tettonica Cervarola-Falterona - FORMAZIONE DELLE ARENARIE DEL MONTE FALTERONA - FAL (Oligocene Superiore-Miocene Inferiore): arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatiche-micacee, grigie al taglio fresco, giallastre all'alterazione, con granulometria da media a grossolana, alternate a siltiti, argilliti e marne grigio scure, giallastre se alterate. Localmente sono intercalati livelli da metrici a decametrici di marne grigio-giallastre, talora associati ad olistostromi ad affinità ligure e subligure.



Frane IFFI (da db geomorfologico)

-  Scivolamento rotazionale/traslattivo
-  Aree soggette a frane superficiali diffuse

Depositi Superficiali (da db geomorfologico)

-  Deposito eluvio-colluviale

Limite geologico

-  faglia - incerto
-  faglia diretta - certo
-  faglia diretta - sepolto



FAL

ARENARIE DI M. FALTERONA

Arenarie torbiditiche silicoclastiche in strati spessi. (*Arenarie di Pratomagno*)
 Membro di Fosso delle Valli (FAL5).

Marne di Galiga, siltiti e arenarie (FAL4a).

Membro di Lonnano, siltiti e arenarie (FAL4).

Litofacies siltoso-arenacea (FAL3c).

Litofacies marnosa (FAL3b).

Litofacies argillitica (FAL3a).

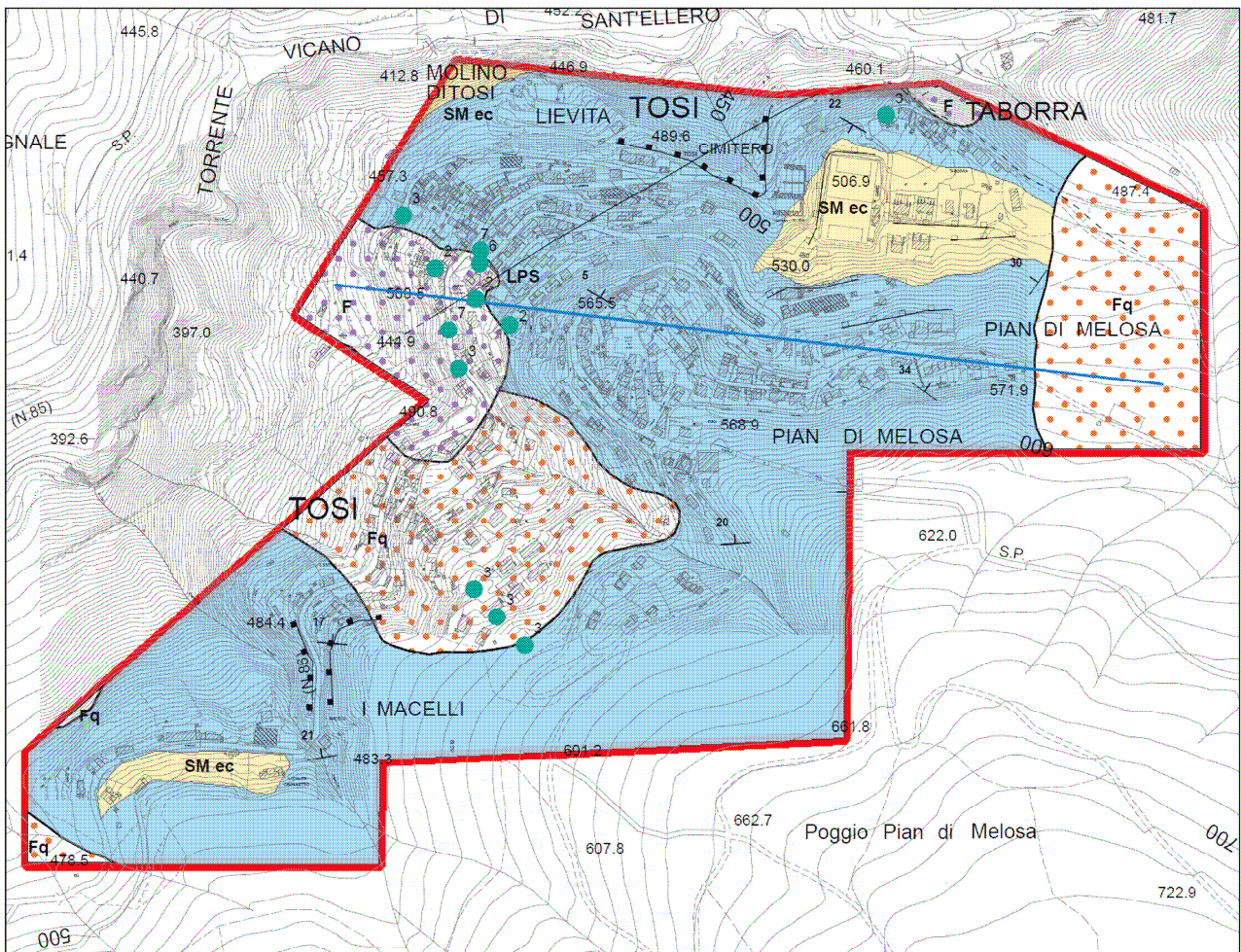
Membro di Montalto: membro arenaceo pelitico (FAL3).

Membro di Camaldoli (FAL2).

Membro di Montefalco: arenarie grigie in strati spessi in banchi amalgamati talora a base microconglomeratica (FAL1).

Olistostromi di materiale proveniente dalle unità liguri (FALA).

Aquitano-Burdigaliano.



Legenda

Terreni di copertura

GMes	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di ambiente fluvio lacustre (argine/barre/canali)
GMtf	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo ambiente fluvio lacustre (terrazzo fluviale)
GMfd	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di ambiente di versante (falda detritica)
SMec	Sabbie limose, miscela di sabbie e limo di ambiente di versante (eluvio/colluvio)
SMes	Sabbie limose, miscela di sabbie e limo di ambiente fluvio lacustre (argine/barre/canali)
SMtf	Sabbie limose, miscela di sabbie e limo di ambiente fluvio lacustre (terrazzo fluviale)
SWtf	Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose di ambiente fluvio lacustre (terrazzo fluviale)
CLtf	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di ambiente fluvio lacustre (terrazzo fluviale)
MLtf	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di ambiente fluvio lacustre (terrazzo fluviale)

LPS Lapideo, stratificato

ALS Alternanza di litotipi stratificato

Instabilità di versante

F Frana di scorrimento - attiva

Fd Frana non definita

Fq Frana di scorrimento - quiescente

Fs Frana di scorrimento - inattiva

Forme di superficie e sepolte

Orlo di scarpata morfologica di altezza (10-20 m).

Orlo di scarpata morfologica di altezza sopra 20 m.

Orlo di terrazzo fluviale (10-20 m)

Orlo di terrazzo fluviale di altezza sopra 20 m.

Cresta

Questi sono costituiti da argilliti, talvolta marnose, con struttura caotica, di colore grigio chiaro rossastre, inglobanti calcari e calcari marnosi grigio chiari, calcari silicizzati verdi in strati sottili, areniti da microconglomeratiche a fini Le Arenarie del Monte Falterona, in base al rapporto arenaria/pelite, vengono suddivise nei seguenti membri: FAL/FAL2/FAL3/FAL4.

Membro di Camaldoli (FAL2) - arenarie grigio chiare e grigio verdi in strati dello spessore di 0.5-2 metri e peliti subordinate con $2 < A/P$.

Membro di Montalto (FAL3) - arenarie, marne, argilliti e siltiti con $1/4 < A/P < 2$. Stratificazione da molto sottile a molto spessa, talora in banchi. Si alternano pacchi decametrici di strati sottili con peliti prevalenti a banchi o strati molto spessi ravvicinati. Sono presenti, specialmente verso la base, numerosi livelli calcarenitici, in strati da medi a molto spessi. Nella parte alta del membro prevalenti peliti con rari banchi. La potenza massima è di almeno 800 metri. Contatto inferiore su FAL2. All'interno è stato riconosciuto un livello guida calcarenitico di spessore metrico (Livello Arno).

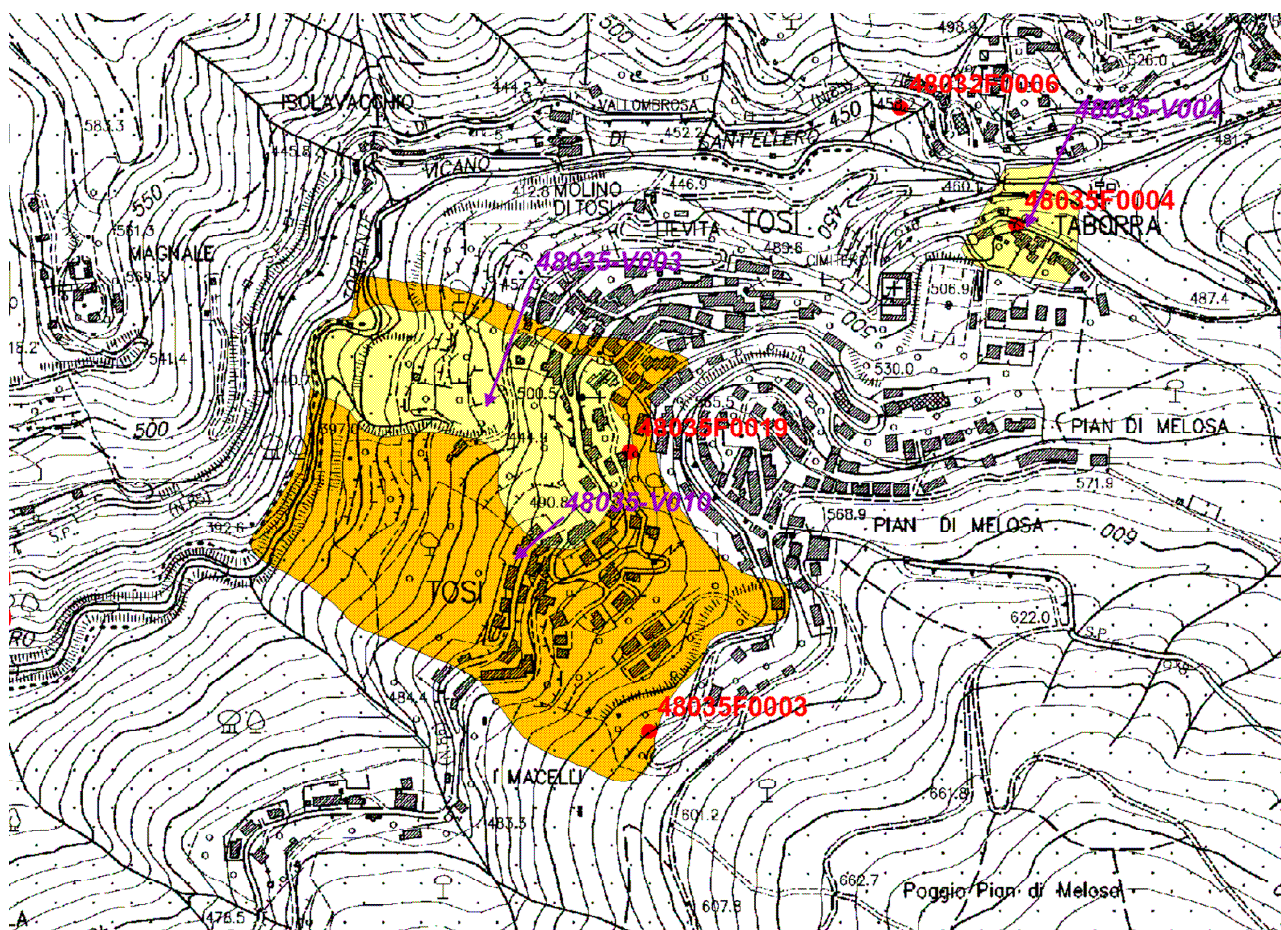
Membro di Lonnano (FAL4) - siltiti, argilliti e marne prevalenti, $A/P < 1/4$, con presenza di sottili livelli di arenarie finì il cui spessore non supera mai i 20 cm. Le marne sono generalmente di colore grigio chiare, molto fratturate, mentre le altre peliti sono generalmente più scure. I livelli arenacei sono invece di colore grigio-marrone. Contatto su FAL3.

In generale il dissesto idrogeologico che caratterizza l'Appennino Settentrionale, si manifesta sia con la presenza di vari movimenti franosi attivi o quiescenti, sia con movimenti del terreno più superficiali, che interessano aree anche piuttosto vaste ma per spessori nell'ordine di pochi metri al massimo. Tali movimenti possono innescarsi soprattutto nei terreni argilloso pelitici, per la presenza di fattori predisponenti al dissesto e a causa di condizioni meteo climatiche eccezionali. Qualora insorgano condizioni di innesco, anche indotte dall'attività antropica, è possibile che alcune porzioni di antichi corpi di frana quiescenti subiscano delle riattivazioni del loro movimento, portando alla formazioni di nuovi fenomeni di scivolamenti attivi. L'intensità di certi movimenti franosi può variare solitamente anche a seconda dei tempi con cui avviene la ricarica della circolazione idrica ad opera delle precipitazioni. La presenza di grandi spessori di flysch fratturati o arenarie calcaree, permette l'infiltrazione di grandi volumi di acqua meteorica che arriva velocemente ai terreni sottostanti aumentandone l'instabilità, e in questo caso l'attività delle frane può aumentare nei mesi con precipitazioni maggiori. I corpi rocciosi arenacei, per loro natura, costituiscono dei rilevanti serbatoi acquiferi, che al contatto con depositi argilloso-pelitici e/o detritici danno origine a infiltrazione e/o venute d'acqua.

Queste caratteristiche e l'elevata fessurazione dei materiali argilloso-marnosi per gli stress tettonici subiti durante l'orogenesi appenninica, possono determinare l'innesco di fenomeni di dissesto per frana. La presenza di una matrice e/o di interstrati argilloso-siltosi è sempre prevalente per il comportamento geotecnico complessivo.

Pertanto tali terreni presentano un comportamento tendenzialmente instabile, soggetto a rimobilizzazioni superficiali e a fenomeni gravitativi anche di grandi dimensioni e notevole profondità.

Tali movimenti franosi presentano in genere un movimento per scivolamento roto-traslativo nella parte della corona di frana, a monte, che può evolvere in scivolamento e/o colata nelle zone al piede, verso valle. Per definizione un movimento franoso è definito “quiescente” se al presente non mostra indizi di attività alcuna ma, avendo avuto origine in condizioni ambientali e climatiche simili alle attuali, potrebbe essere soggetto a future riattivazioni. I dissesti e le loro possibili evoluzioni coinvolgono sia il substrato che le relative coltri detritiche.



Perimetrazione delle aree con pericolosità da frana derivate dall'inventario fenomeni franosi - livello di dettaglio

P.F.4 P.F.3 P.F.2

In base alla cartografia del PAI - Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno, il sito in esame è classificato in zona di pericolosità da frana - P.F.4.

E' noto infatti che la porzione dell'abitato di Tosi, compresa tra l'area centrale della Chiesa e della Caserma dei Carabinieri fino al margine sud-ovest, è caratterizzata da alcuni corpi franosi quiescenti e/o attivi, rimobilizzatisi durante gli anni '90 e poi intetressati da movimenti periodici fino ai giorni nostri.

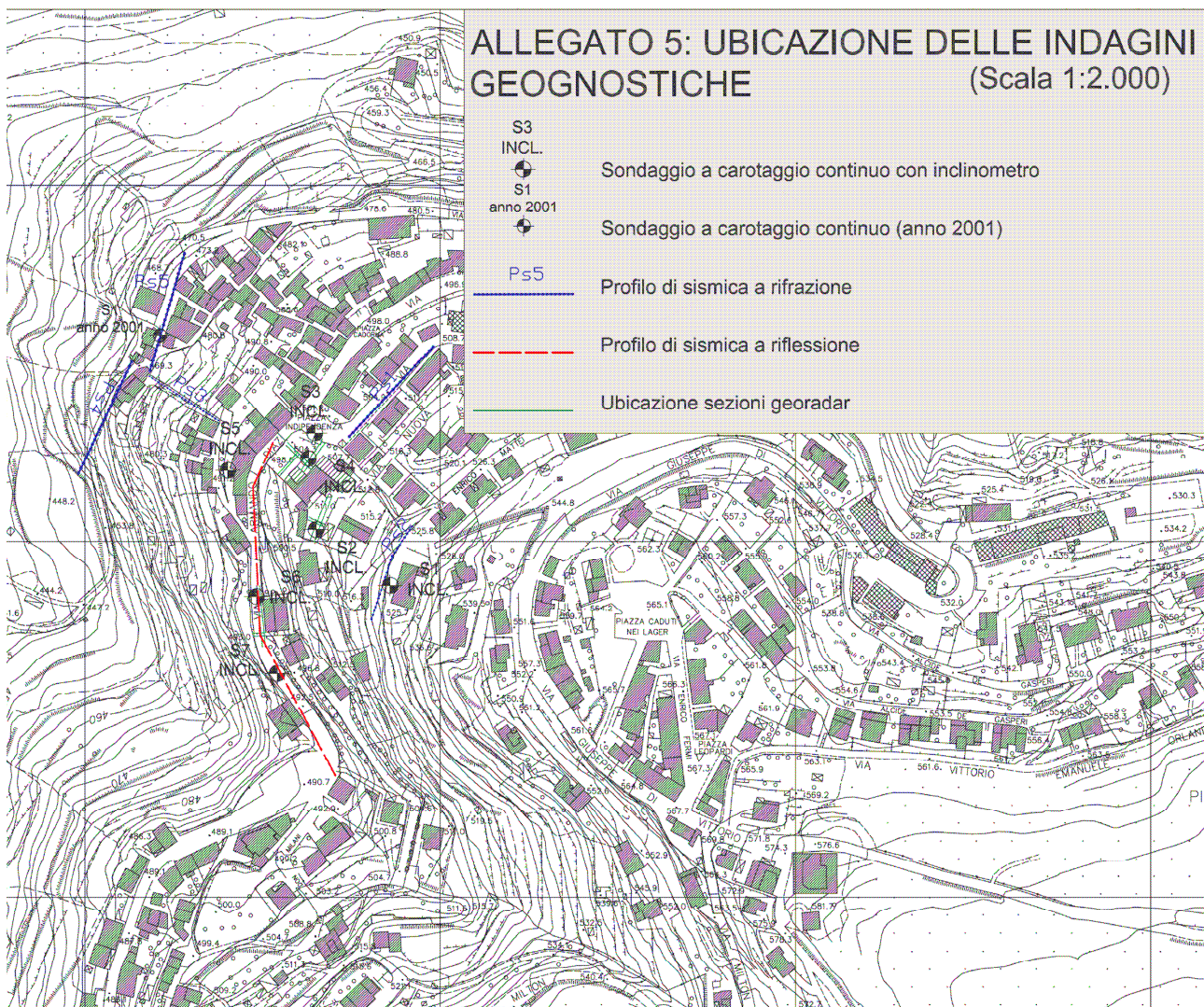
Tali dissesti interessano la fascia della SP 86 e quella immediatamente a monte e si sviluppano fino al fondovalle del Torrente Vicano.

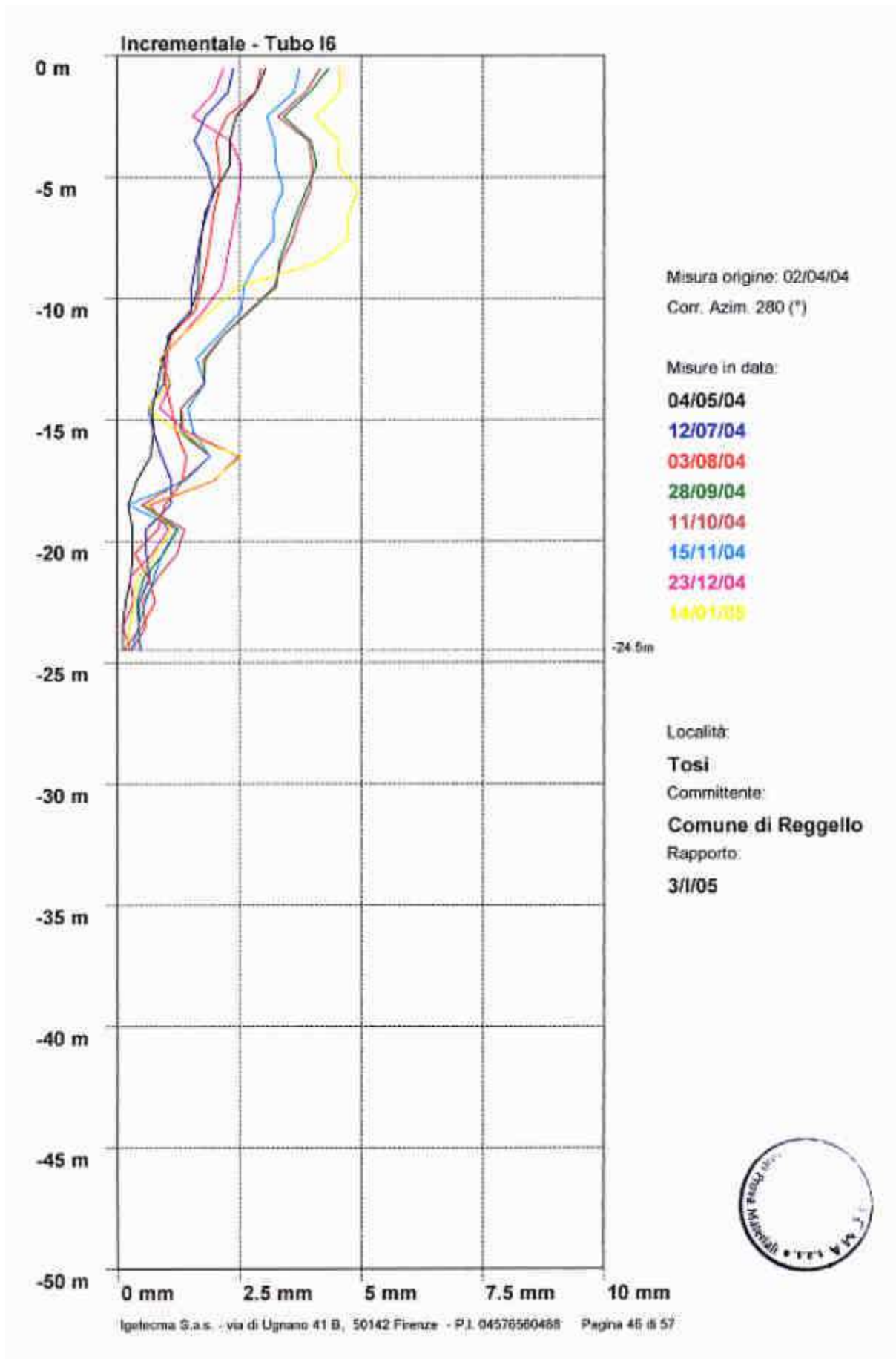
Dal punto di vista geologico, gran parte dell'area in esame risulta impostata su depositi detritici eterometrici, in matrice limo-argillosa o siltosa, passanti al substrato a profondità variabili che possono arrivare anche a oltre -25 m. Il substrato è costituito da flysch riconducibili alle Arenarie del Monte Falterona, che alternano bancate arenacee a livelli pelitici.

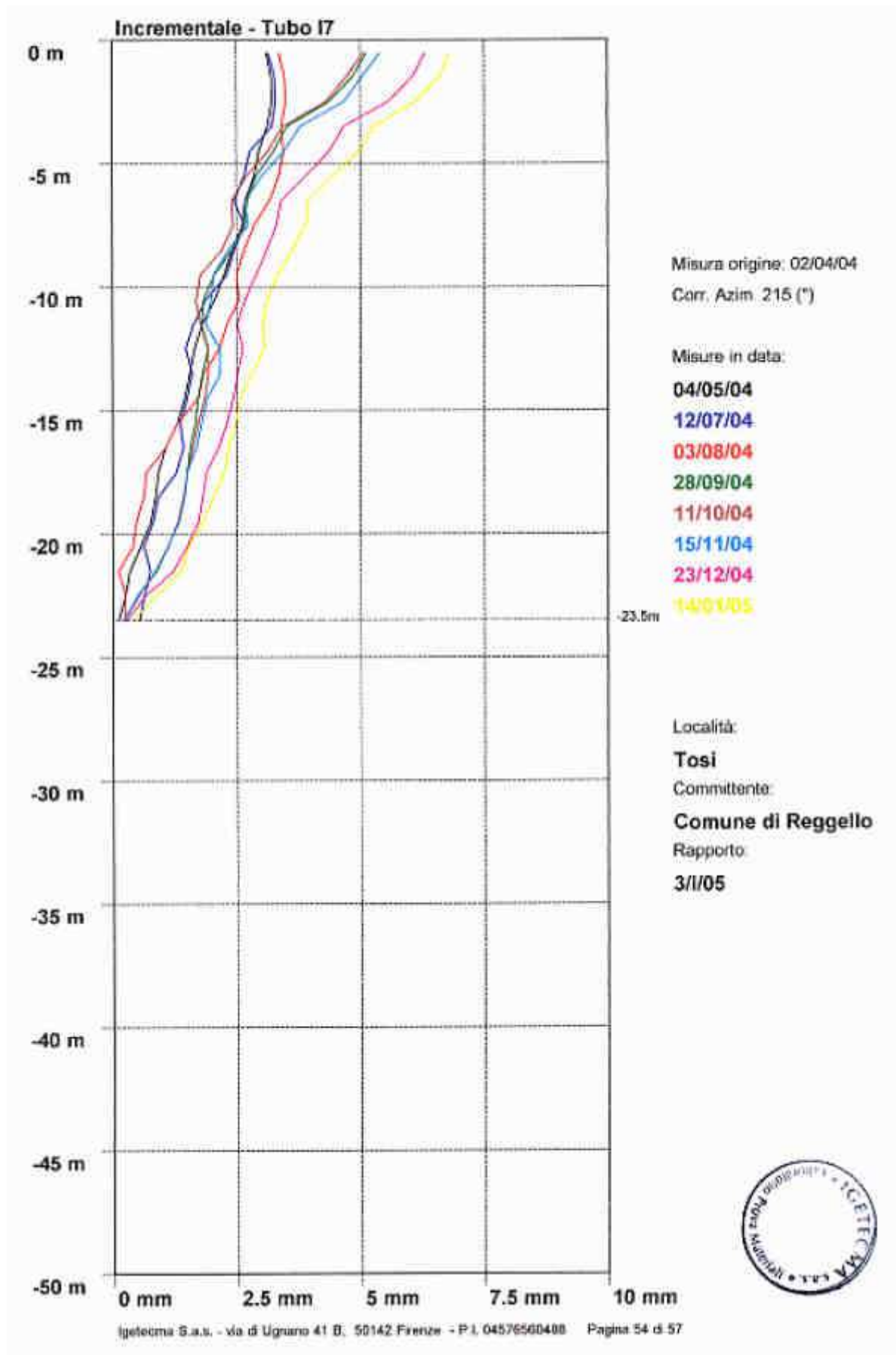
In generale i pendii risultano caratterizzati da un'acclività da media a elevata, che naturalmente favorisce la spinta gravitazionale e quindi l'instabilità del versante, che interessa non solo la copertura detritica, ma in certi punti anche una porzione del substrato arenaceo sottostante.

A partire dai primi anni 2000 sono state eseguite numerose indagini geognostiche, ubicate nell'abitato di Tosi, con sondaggi a carotaggio continuo poi muniti di inclinometri.

Spesso gli inclinometri hanno evidenziato la presenza di movimenti profondi, prossimi alle massime profondità raggiunte. In particolare per l'area in esame si considerando gli inclinometri n. 6 e n. 7:







3. Metodologia d'indagine delle prove in sito

La campagna di indagini in sito a supporto della Progettazione/Relazione Geologica, è stata effettuata su incarico della Città Metropolitana di Firenze dalla ditta BIERREGI srl, come da relazioni allegate (allegato A).

Nell'area oggetto di studio presso la strada provinciale SP 86 in Loc. Tosi, sono state eseguite le seguenti indagini mediante Sonda Comacchio GEO 405:

- n. 1 Sondaggio geognostico a carotaggio continuo attrezzato a down-hole;
- n. 1 Sondaggio geognostico a carotaggio continuo attrezzato a inclinometro.

Sondaggio n°	Data di esecuzione	Profondità (m)	Certificato	Attrezzatura foro	Coordinate Gauss-Boaga	
					X	Y
S1-IN	25-29/01/2024	40,00	BHc-020/24	Inclinometro	1703701,5966	4847148,1707
S2-DH	30/01-05/02/2024	40,00	BHc-019/24	Down-Hole	1703708,4320	4847127,5967

FIG.2 - UBICAZIONE INDAGINI
(C.T.R. Regione Toscana - Foglio 276070 - Scala 1:500)

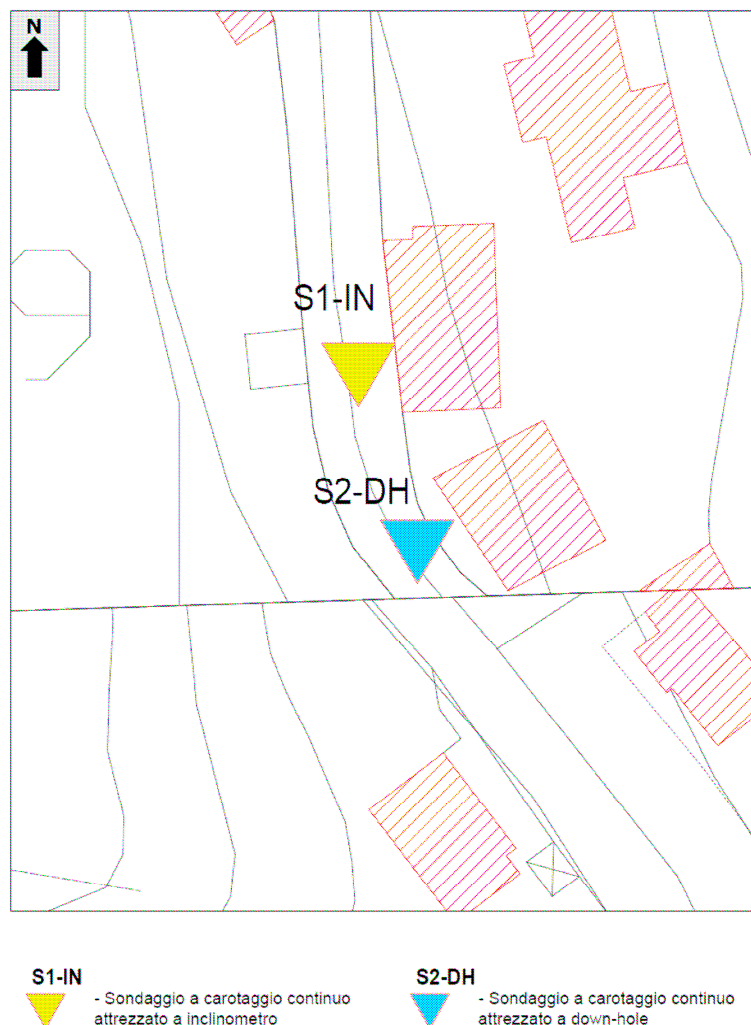




Figura 1: Postazione del sondaggio S1-IN



Figura 10: Postazione del sondaggio S2-DH

Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi, costantemente seguiti e diretti da un Geologo di cantiere, sono state effettuate le seguenti operazioni:

- Raccolta in apposite cassette catalogatrici del materiale estratto (totale n. 16);
- Esecuzione di prove S.P.T. standard (totale n. 24);
- Prelievo di campioni indisturbati - Shelby (totale n. 1);
- Prelievo di campioni semi-disturbati (totale n. 3);
- Prelievo di campioni litoidi (totale n. 4);
- Prelievo di campioni rimaneggiati (totale n. 9);
- Documentazione fotografica.

Al termine della perforazione il sondaggio S1-IN è stato attrezzato con tubo inclinometrico in alluminio fino a fondo foro ($\varnothing = 88,9$ mm) per consentire operazioni di monitoraggio in seguito alla messa in opera; il sondaggio S2-DH è stato attrezzato con tubo in pvc fino a fondo foro ($\varnothing=3'' - 88,9$ mm), per l'esecuzione della prova sismica in foro (down-hole). Le tubazioni installate sono state infine protette con appositi pozzetti carrabili.

In base ai risultati dei sondaggi a carotaggio continuo, sono emerse differenze stratigrafiche tra l'area di ubicazione di S1 e quella di S2.

In entrambi i punti di indagine è presente uno strato superficiale di circa 1.40 m di spessore, costituito da asfalto e sottostanti materiali di riporto eterogenei della sede stradale.

Nella zona di ubicazione di S1, fino a -5.50 m si riscontra una copertura di versante limo-argillosa con detriti di arenaria e/o siltite, seguita fino alla massima profondità di indagine di -40 m, da spesse alternanze di flysch con arenarie e siltiti; le siltiti in generale risultano fratturate. Tra queste alternanze di flysch si individuano intercalazioni di orizzonti limo-argillosi con inglobati detriti di arenaria a siltite, come tra -13.50/-14.50 m e tra -35.80/-37.40 m.

Tali orizzonti limo-argillosi possono costituire dei livelli di potenziale scivolamento, nell'ambito della colonna stratigrafica ottenuta.

Nella zona di ubicazione di S2, oltre la profondità di -1.40 m dei primi materiali di riporto della sede stradale e fino alla massima profondità di indagine di -40 m, si riscontra una stratigrafia più uniforme tipica dei flysch, con spesse alternanze di arenarie più o meno compatte/fratturate e siltiti; le siltiti in generale risultano fratturate.

E' possibile la presenza di un riempimento limo-argilloso delle fratture fino a -12 m di profondità ed è presente un livello limo-argilloso tra -38.20/-38.70 m.

Non è stata rilevata la presenza di una falda nei fori di sondaggio. Si possono comunque verificare periodiche escursioni del livello piezometrico in senso positivo e/o venute di acqua, legate alla normale variabilità stagionale o ad eventi meteorici eccezionali.

3.1 Prova SPT (Standard Penetration Test)

Le prove SPT in foro consistono nel registrare il numero di colpi necessari per far penetrare di 45 cm nel terreno a fondo foro un dispositivo di percussione di dimensioni standard, collegato alla superficie mediante batteria di aste, in testa alle quali agisce un maglio del peso di 63.5 kg che cade liberamente da un'altezza di 0.76 m.

Nello specifico, per l'esecuzione delle n. 24 prove SPT è stato utilizzato un tubo campionatore Raymond (allegato A).

Durante la prova si misura si registrano i seguenti dati:

- N₁ = numero di colpi di maglio necessari a provocare l'avanzamento del campionatore per i primi 15 cm, assunti come tratto di "avviamento";
- N₂ = numero di colpi che provoca la penetrazione del campionatore nei successivi 15 cm;
- N₃ = numero di colpi necessari per gli ultimi 15 cm di avanzamento.

Si assume come resistenza alla penetrazione il valore $NSPT = N_2 + N_3$.

SONDAGGIO S1-IN

N° SPT	Profondità d'indagine				N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}
1	2.10	÷	2.55	m	9	5	9	14
2	4.50	÷	4.95	m	17	3	5	8
3	6.00	÷	6.22	m	31	>50	-	>50
4	10.50	÷	10.91	m	18	27	>50	>50
5	15.00	÷	15.03	m	>50	-	-	>50
6	18.00	÷	18.03	m	>50	-	-	>50
7	20.65	÷	21.10	m	15	25	33	58
8	22.70	÷	22.98	m	18	>50	-	>50
9	26.00	÷	26.34	m	28	42	>50	>50
10	28.00	28	28.45	m	21	15	>50	>50
11	32.00	28	32.45	m	31	37	41	78
12	36.00	28	36.28	m	38	>50	-	>50

SONDAGGIO S2-DH

N° SPT	Profondità d'indagine				N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}
1	1.50	÷	1.95	m	27	33	37	70
2	3.00	÷	3.22	m	41	>50	-	>50
3	5.00	÷	5.45	m	4	7	15	22
4	7.50	÷	7.54	m	>50	-	-	>50
5	10.50	÷	10.55	m	>50	-	-	>50
6	15.00	÷	15.03	m	>50	-	-	>50
7	18.00	÷	18.02	m	>50	-	-	>50
8	22.50	÷	22.54	m	>50	-	-	>50
9	24.00	÷	24.03	m	>50	-	-	>50
10	27.00	÷	27.02	m	>50	-	-	>50
11	31.50	÷	31.53	m	>50	-	-	>50
12	38.50	÷	38.76	m	38	>50	-	>50

3.2 Indagine geofisica - Misura del microtremore sismico

Un evento tellurico (terremoto) in una regione genera delle oscillazioni cicliche, indotte dalla propagazione di onde sismiche attraverso il terreno. Tali onde sismiche, propagandosi nello strato più superficiale della crosta terrestre, subiscono riflessioni e rifrazioni causate dalle eterogeneità della crosta stessa. In certe condizioni tali fenomeni generano effetti di sito capaci di modificare le caratteristiche del terreno interessato dall'evento sismico. Queste alterazioni possono limitarsi a semplici variazioni della capacità portante e della deformabilità, oppure dare luogo a incrementi di spinta sulle opere di sostegno. Tali oscillazioni possono inoltre causare veri e propri fenomeni di instabilità particolarmente pericolosi nei terreni potenzialmente liquefacibili o posti in pendio. Il moto vibratorio del terreno causato da un terremoto induce degli effetti diversi, a seconda che i terreni interessati abbiano un comportamento stabile o instabile sotto le sollecitazioni cicliche generate dal passaggio di onde sismiche.

Un terreno ha comportamento stabile quando l'ampiezza delle tensioni tangenziali cicliche generate dal sisma è una frazione della resistenza a rottura del terreno. In altri termini, le sollecitazioni indotte dal sisma sono inferiori alla resistenza a taglio del terreno, con possibile plasticizzazione limitata, ma con comportamento non degradante. La condizione di rottura del terreno in sito può essere definita come la condizione per la quale i livelli di deformazione eccedono uno stato limite di servizio. Questo non accade quando i terreni sono costituiti da ghiaie, sabbie addensate o argille consistenti, anche sotto l'azione di scosse sismiche violente.

In tal caso dovrà essere valutato, non tanto il grado di sicurezza rispetto a un'eventuale condizione di rottura, ma l'entità dell'amplificazione che le onde sismiche potranno subire propagandosi verso la superficie. Si tratterà quindi di caratterizzare la risposta dinamica del terreno in termini di ampiezza, frequenza e durata nelle varie situazioni geotecniche e morfologiche. Un terreno ha comportamento instabile quando la tensione ciclica di origine sismica mobilita la resistenza a rottura del terreno, e questo può avvenire anche con scosse non molto violente in depositi di argille poco consistenti o di sabbie sciolte sature d'acqua. In questa condizione insorgono notevoli deformazioni permanenti che modificano l'assetto originario del materiale. Durante un sisma può avvenire la mobilitazione, anche ripetuta della resistenza a taglio dei materiali, che potrebbe causare plasticizzazioni significative, con effetti di degradazione legati alla pressione interstiziale in terreni saturi. In queste condizioni possono insorgere cedimenti permanenti per addensamento di terreni granulari sciolti non saturi, con fratture nel suolo ed espulsioni d'acqua. La verifica sismica è in tal caso rivolta alla valutazione del grado di sicurezza nei riguardi della rottura per la previsione dei fenomeni di instabilità, in base alle condizioni geotecniche e geologiche in sito, attraverso la stima di cedimenti e deformazioni permanenti causati dal sisma.

Si consideri un materiale omogeneo, isotropo, elastico lineare indefinito. Si assuma l'ipotesi che il materiale non dissipi energia elastica nella sua deformazione, insieme all'ipotesi di piccoli spostamenti e forze di volume trascurabili. Partendo dalle equazioni indefinite di equilibrio e di congruenza, si dimostra che le equazioni del moto per un volume elementare di tale materiale assumono, in un riferimento cartesiano (x, y, z), la forma seguente:

(1)

$$\mu \nabla^2 \mathbf{s} + (\lambda + \mu) \nabla(\nabla \cdot \mathbf{s}) = \rho \frac{\partial^2 \mathbf{s}}{\partial t^2}$$

essendo:

$\mathbf{s} = (u, v, w)$ il vettore delle componenti cartesiane dello spostamento;

ρ la densità del materiale;

$$\nabla = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z} \right) \text{ l'operatore vettoriale gradiente;}$$

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \text{ l'operatore scalare di Laplace;}$$

λ e μ le costanti elastiche di Lamé, funzioni dei moduli elastico E e tangenziale G del materiale;
t è il tempo.

La (1) in componenti cartesiane assume le seguenti espressioni:

$$(2) \quad \mu \nabla^2 u + (\lambda + \mu) \frac{\partial \Delta}{\partial x} = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$$

$$(3) \quad \mu \nabla^2 v + (\lambda + \mu) \frac{\partial \Delta}{\partial y} = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2}$$

$$(4) \quad \mu \nabla^2 w + (\lambda + \mu) \frac{\partial \Delta}{\partial z} = \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}$$

dove si è indicato con:

$$(5) \quad \Delta = \nabla \mathbf{s} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}$$

la deformazione unitaria di volume (dilatazione cubica). Dalle relazioni (2), (3) e (4) si dimostra che è possibile ricavare le seguenti equazioni:

$$(6) \quad \nabla^2 \Delta = \frac{\rho}{\lambda + 2\mu} \frac{\partial^2 \Delta}{\partial t^2}$$

$$(7) \quad \nabla^2 \boldsymbol{\omega} = \frac{\rho}{\mu} \frac{\partial^2 \boldsymbol{\omega}}{\partial t^2}$$

essendo $\boldsymbol{\omega} = \frac{1}{2} \text{rot } \mathbf{s}$ il vettore rotazione, pari alla metà del rotore del campo vettoriale $\mathbf{s}$ degli spostamenti. Ora il modello matematico più generale descrivente la propagazione delle onde in un mezzo è dato dalla seguente equazione differenziale alle derivate parziali:

$$(8) \quad \nabla^2 A = \frac{1}{V^2} \frac{\partial^2 A}{\partial t^2}$$

nella quale A è l'effetto (scalare o vettoriale) che si propaga nel mezzo con velocità V . Confrontando la (6) con la (8) si vede che la (6) esprime la propagazione ondosa della dilatazione cubica Δ con velocità:

$$(9) \quad V_P = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}$$

Analogamente, il confronto della (7) con la (8) dimostra che la (7) esprime la propagazione ondosa della rotazione $\boldsymbol{\omega}$ con velocità:

$$(10) \quad V_S = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

Si conclude che la (1) rappresenta allora la propagazione di due tipi di onde. Essendo $V_P > V_S$, le onde governate dalla (6) sono dette ONDE PRIMARIE (o ONDE P), mentre le onde governate dalla (7) sono dette ONDE SECONDARIE (o ONDE S). Le onde P ed S sono definite ONDE DI VOLUME.

Il significato fisico delle onde P e delle onde S può essere facilmente dedotto analizzando la propagazione monodimensionale, ad esempio lungo x.

- Ponendo allora $\frac{\partial}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial z} = 0$ l'equazione (6) diventa:

$$(11) \quad \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right) = \frac{\rho}{\lambda + 2\mu} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)$$

La (11) mostra che le onde P comportano spostamenti nella direzione di propagazione. Per effetto di queste onde un elemento di volume subisce una serie di successive compressioni e rarefazioni, conservando inalterata la propria forma (Figura 1). Per questo motivo le onde P sono anche chiamate ONDE DI COMPRESSIONE.

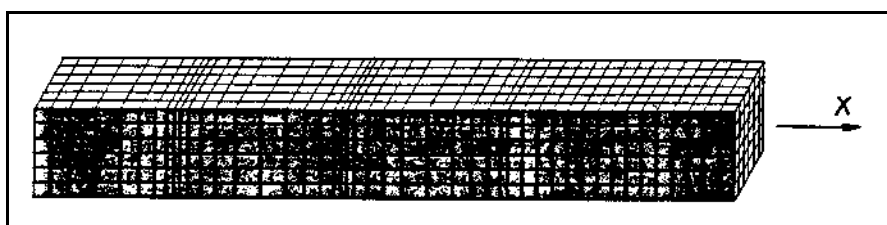


Figura 1

- Ponendo, invece, $\frac{\partial}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial z} = 0$ nell'equazione (7) otteniamo, in componenti cartesiane, le seguenti equazioni:

$$(12) \quad \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right) = \frac{\rho}{\mu} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right)$$

$$(13) \quad \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right) = \frac{\rho}{\mu} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)$$

La (12) e la (13) mostrano che le onde S inducono spostamenti puramente ortogonali alla direzione di propagazione. Un generico elemento di volume attraversato da queste onde subisce una serie di successive distorsioni, conservando inalterato il proprio volume (Figura 2). Per questo motivo le onde S sono anche chiamate ONDE DI TAGLIO.

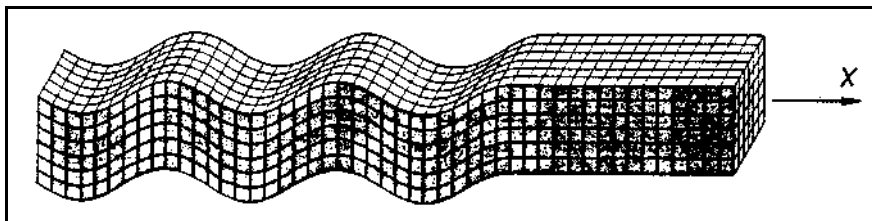


Figura 2

Si è quindi dimostrato che attraverso un mezzo continuo elastico, omogeneo, isotropo, indefinito possono propagarsi due e soltanto due tipi di onde, le onde primarie P e le onde secondarie S. La

presenza di una superficie libera determina la propagazione, in prossimità di questa, di una nuova classe di onde, le ONDE DI SUPERFICIE. Esse si formano quando l'energia di vibrazione delle onde sismiche si propaga dagli strati profondi verso la superficie terrestre. Queste onde possiedono caratteristiche simili alle onde gravitazionali che perturbano la superficie libera delle masse fluide, dando luogo a moti ondulatori la cui ampiezza tende rapidamente a decrescere verso l'interno. Si assuma che la superficie di discontinuità coincida con il piano xy, con l'asse z diretto verso l'interno del semi-spazio, e che la direzione della propagazione ondosa sia concorde all'asse x. Come per le onde di volume, anche le onde di superficie appartengono a due categorie distinte: ONDE DI RAYLEIGH, e ONDE DI LOVE. L'onda di Rayleigh, costituisce un particolare tipo d'onda sismica ed è facilmente individuabile in quanto ha una velocità differente dai treni d'onda delle onde P ed S risultando più lenta anche di queste ultime, con una velocità di propagazione $V_R \approx 0,9 \div 0,96 V_S$. L'onda di Rayleigh si trasmette infatti sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo ed è il risultato dell'interferenza e della combinazione d'onde sismiche di pressione (P-waves) e onde di taglio polarizzate verticalmente (Sv-waves). Si dimostra che una generica particella solida, investita da un'onda di Rayleigh (detta anche ONDA R), tende a oscillare sia in direzione x che in direzione z, seguendo di fatto un'orbita ellittica (Figura 3). Le ampiezze u degli spostamenti lungo x tendono rapidamente a decrescere verso l'interno del mezzo, mentre le ampiezze w lungo z decrescono con minore rapidità. La velocità di propagazione V_R risulta, approssimativamente:

$$(14) \quad V_R \approx 0,92 V_S$$

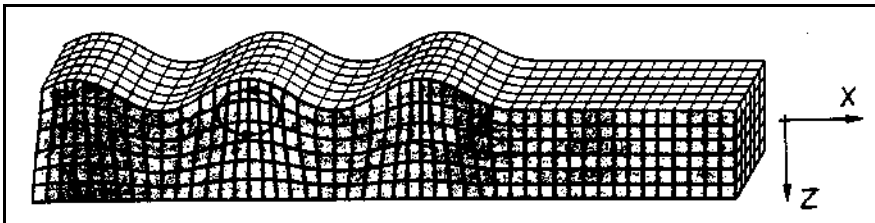
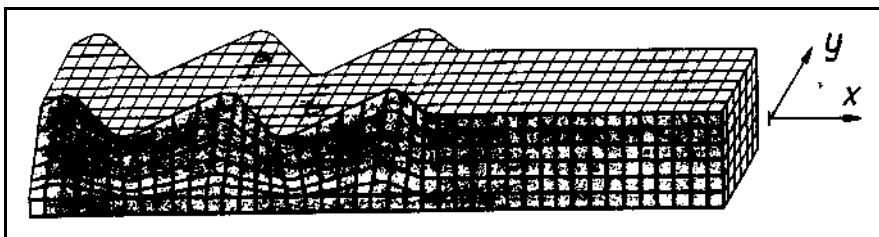


Figura 3

Un'onda di Love (detta anche ONDA L) può propagarsi unicamente attraverso uno strato omogeneo limitato, da un lato, da una superficie libera, dall'altro, da un semispazio le cui caratteristiche meccaniche differiscono da quelle dello strato. Si dimostra che essa produce spostamenti v in direzione y delle sole particelle (Figura 4). La velocità di propagazione V_L è intermedia fra la velocità delle onde di taglio dello strato e la velocità delle onde di taglio del semispazio.



Le tecniche di indagine geofisica da superficie, rispetto ai metodi in foro, oltre al vantaggio economico e ad un impatto nullo, consentono una valutazione volumetricamente rappresentativa del comportamento dei materiali in posto, in condizioni non perturbate (per esempio a causa dei lavori di perforazione). Per indagini a piccola scala si preferisce solitamente misurare le onde superficiali, generate dall'interferenza costruttiva fra onde di volume (P ed S) che impattano la superficie libera del terreno.

Alla superficie libera si riconoscono due tipi di onde superficiali: le onde di Love e le onde di Rayleigh. Dato che si tratta di onde vincolate a muoversi lungo la superficie del terreno, sono caratterizzate da una dispersione assai minore rispetto alle onde di volume: si tratta quindi di fasi sismiche molto energetiche e facilmente identificabili.

Una caratteristica importante di queste tecniche è il loro carattere indiretto, nel senso che il profilo di velocità delle onde nel sottosuolo viene dedotto da misure di velocità di propagazione di onde sismiche condotte in superficie mediante metodi attivi (SASW, MASW) o passivi (ReMi, SPAC, ESAC, HVSr). Successivamente si esegue l'inversione di queste misure, ovvero la messa in opera di una procedura (più o meno assistita e vincolata) per dedurre dalle misure effettuate il dato di interesse (profilo di V_s , il valore medio di V_s fino al basamento, la frequenza di risonanza delle coperture, la profondità del basamento). Una strategia efficace di difesa dai terremoti necessita di accurate valutazioni preventive della vulnerabilità sismica, determinata essenzialmente dall'instabilità dei suoli (frane, liquefazione dei terreni) e dagli effetti di sito.

Gli effetti di sito sono amplificazioni locali delle onde sismiche dovute a particolari condizioni geologiche e topografiche, che portano al fenomeno della risonanza del terreno.

Se la frequenza di risonanza del suolo coincide con quella propria degli edifici (fenomeno della doppia risonanza), si produce un'amplificazione delle onde sismiche molto grande e vengono indotte sollecitazioni con forte potere distruttivo: l'amplificazione sismica è infatti la prima causa di danno e distruzione durante un terremoto. Il rumore sismico generato dai fenomeni atmosferici (moti oceanici, del vento ecc.) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre; è detto anche microtremore, poichè riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. Il rumore di fondo agisce da funzione di eccitazione per le risonanze specifiche degli edifici e del sottosuolo, rendendole chiaramente visibili nello spettro di rumore, analogamente a quanto avviene durante un terremoto, che si può immaginare come un episodio di rumore fortissimo con ampiezze sino a 10^{10} volte maggiori del microtremore.

La metodologia di misura del microtremore sismico mediante strumentazione TROMINO®, permette la misura immediata della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo e degli edifici, oltre a stimare in maniera rapida la stratigrafia superficiale e la V_s , come richiesto dalle normative antisismiche vigenti. La tecnica maggiormente consolidata per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico generato in un sito, è quella dell'analisi dei rapporti

spettrali tra le componenti del moto sismico orizzontali e verticali (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V - Nogoshi e Igarashi, 1970).

Il codice utilizzato per la creazione di curve H/V sintetiche si basa sulla simulazione del campo di onde di superficie di Rayleigh e Love in sistemi multistrato a strati piani e paralleli (Aki, 1964 - Ben-Menahem e Singh, 1981), considerando che l'onda sismica viene parzialmente riflessa dall'interfaccia che separa due mezzi (litotipi) a rigidità differente, con la determinazione di un contrasto di impedenza. L'onda riflessa interferisce con quelle incidenti sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza), quando la lunghezza dell'onda incidente è 4 volte (o multipli dispari) lo spessore H del primo strato: la frequenza fondamentale di risonanza F relativa alle onde S risulta pari a $F = V_s / 4H$.

Su richiesta della Committenza, la ditta So.Ge.T. s.r.l. è stata eseguita un'indagine geofisica avente come scopo la caratterizzazione sismica dei terreni lungo la SP86 di Donnini nel Comune di Tosi (FI). Nello specifico, sono state effettuate n°2 prove, HVSR il giorno 06 Marzo 2024.

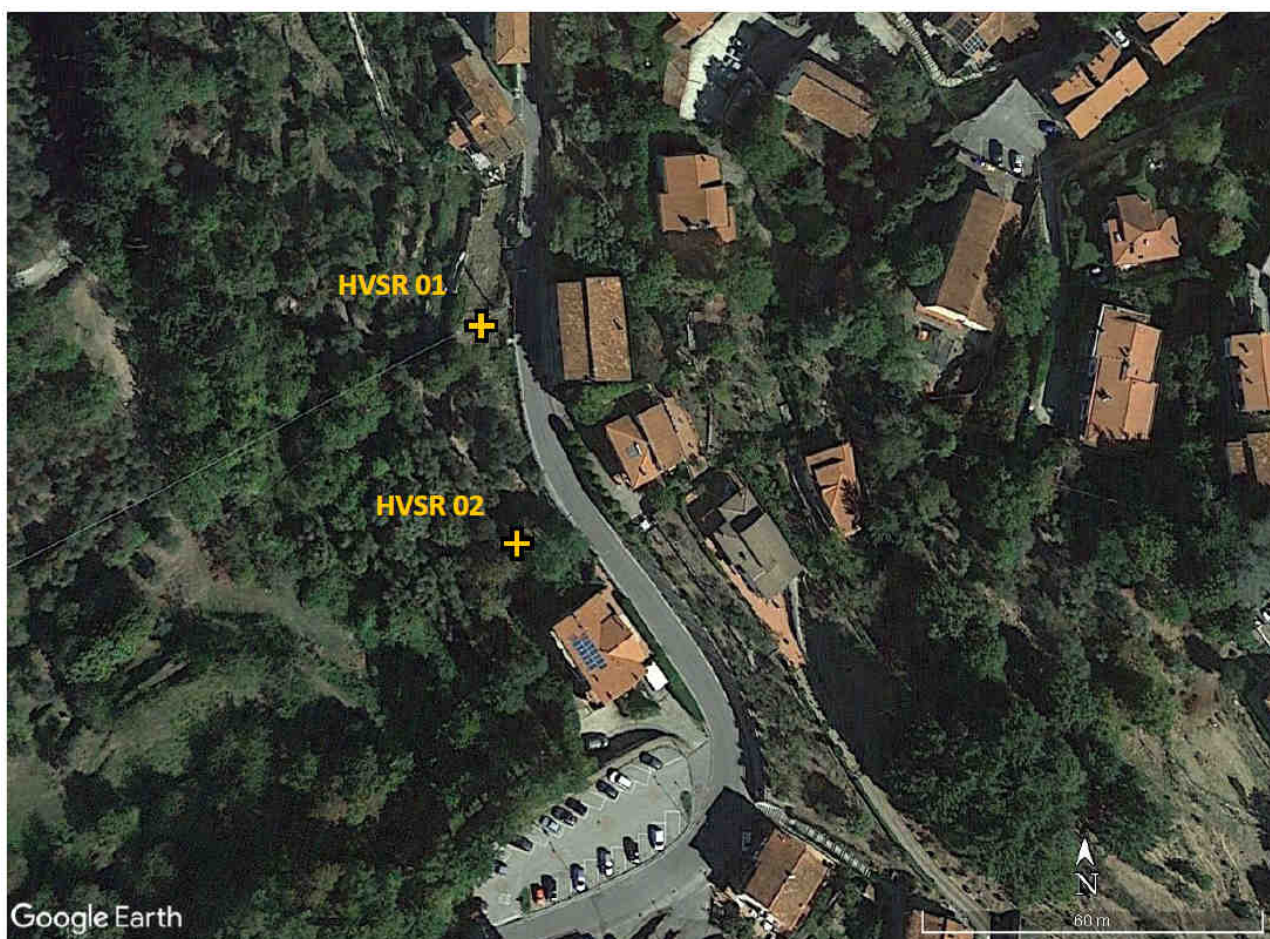
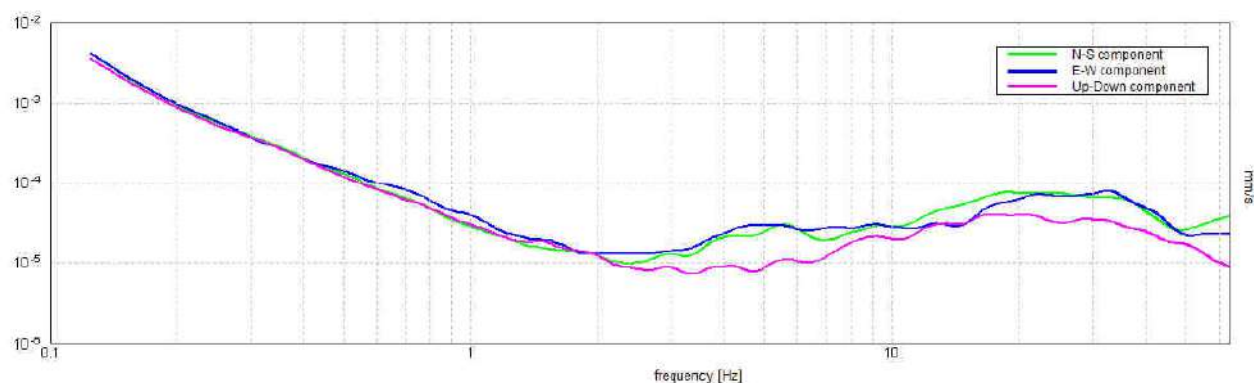
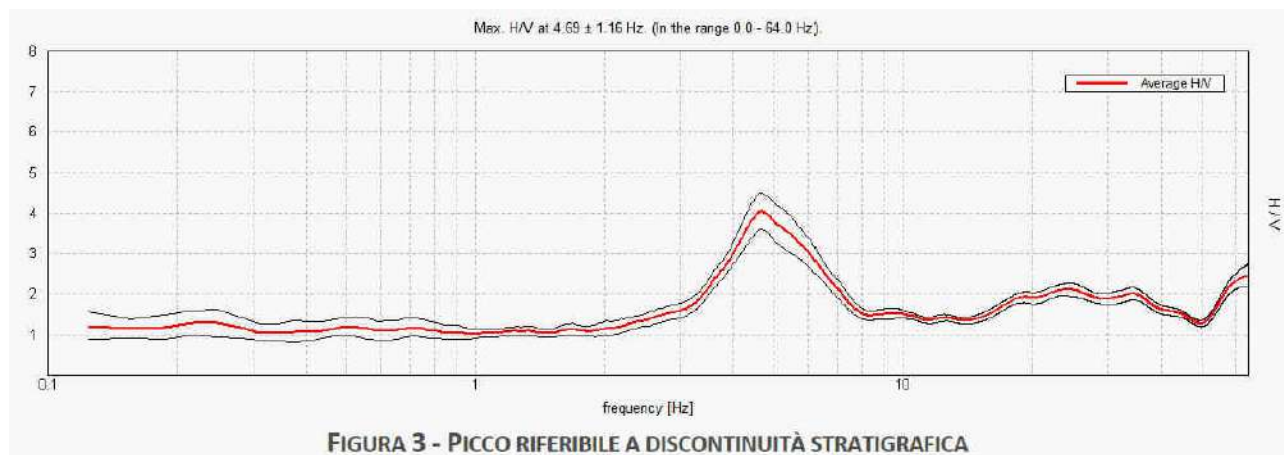


FIGURA 1 - UBICAZIONE PROVE HVSR

Analizzando i risultati della prova HVSR n. 1, si osserva un picco a 4.69 Hz con ampiezza di circa 4.06. In virtù delle caratteristiche dello spettro delle singole componenti (vedi allegato 1) e delle caratteristiche spaziali e temporali, tale picco è riconducibile ad una discontinuità stratigrafica.

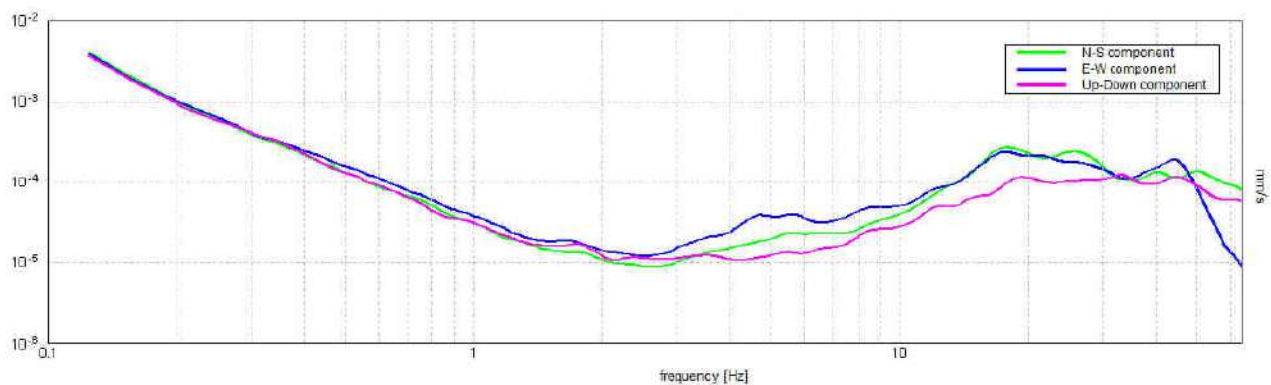
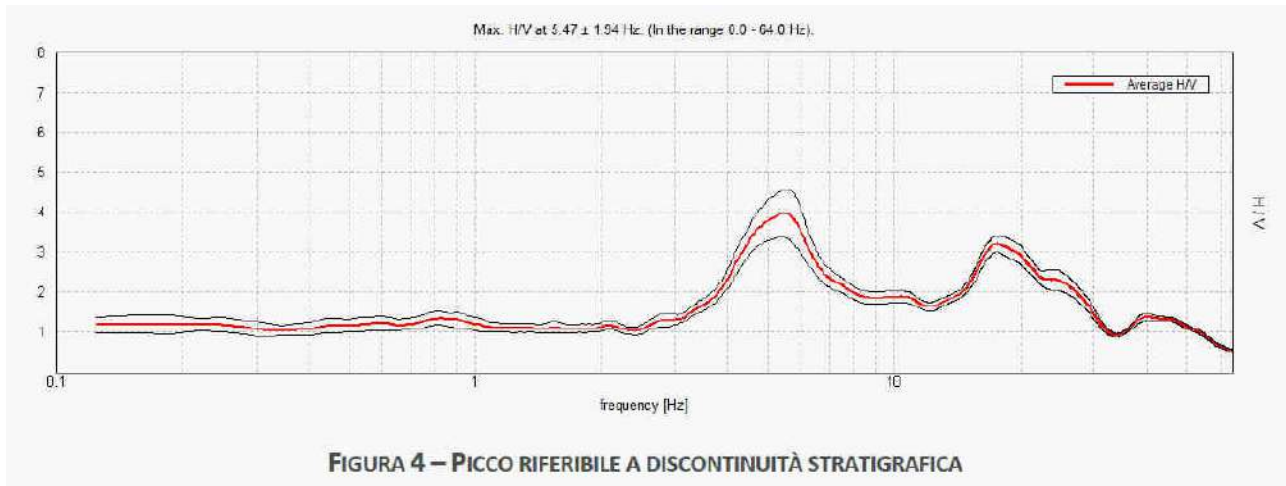


Dalla tabella 1, è possibile stimare una profondità di tale discontinuità stratigrafica compresa tra i 20 ed i 30 m.

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

TABELLA 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 (ALBARELLO D. E CASTELLARO S., 2011).

Analizzando i risultati della prova HVSr n. 2, si osserva un picco a 5.47 Hz con ampiezza di circa 3.97. In virtù delle caratteristiche dello spettro delle singole componenti e delle caratteristiche spaziali e temporali, tale picco è riconducibile ad una discontinuità stratigrafica.



Dalla tabella 1, è possibile stimare una profondità di tale discontinuità stratigrafica compresa tra i 10 ed i 20 m (allegato A).

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

TABELLA 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 (ALBARELLO D. E CASTELLARO S., 2011).

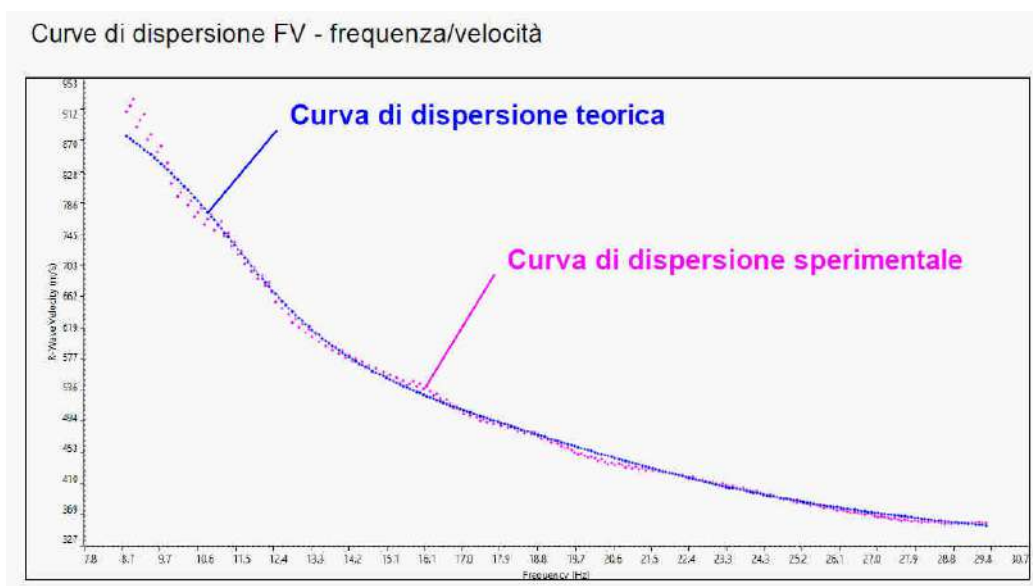
3.3 Indagine geofisica - MASW

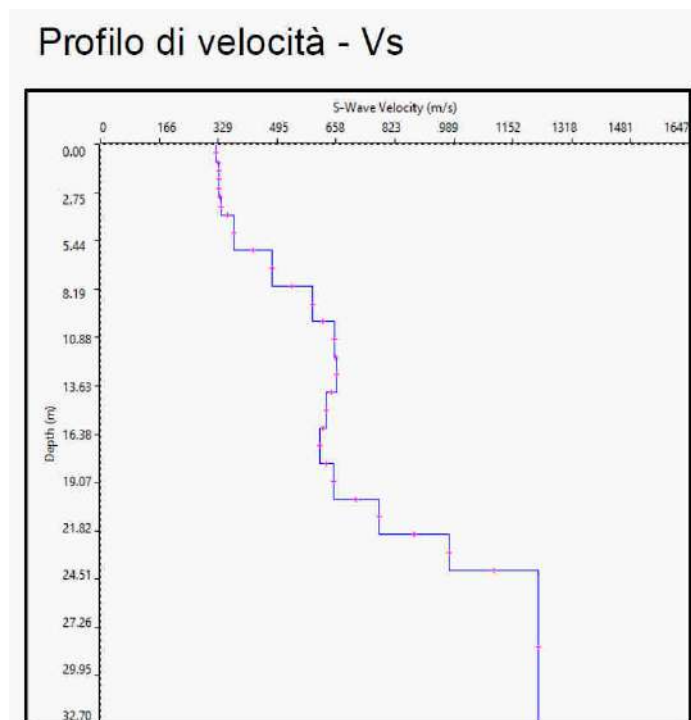
Tramite questa prova vengono misurate le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze (dispersione), per la stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica. Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (velocità di fase), che corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga: questa proprietà dispersiva delle onde superficiali può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni. La costruzione di un profilo verticale delle onde di taglio "S" ottenuto dall'analisi delle onde piane nella modalità fondamentale delle onde di Rayleigh, è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale dei terreni mediante indagini sismiche.

La procedura MASW (allegato A) può essere sintetizzata in tre momenti distinti:

- acquisizione in sito (ground roll) delle onde superficiali;
- costruzione di una curva di dispersione, ovvero il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza;
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs che descrive la variazione di velocità di propagazione con la profondità.

Per ottenere il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione sono necessari i valori approssimati del rapporto di Poisson e della densità, che vengono stimati utilizzando dati di indagini geognostiche o valutando le tipologie dei materiali.

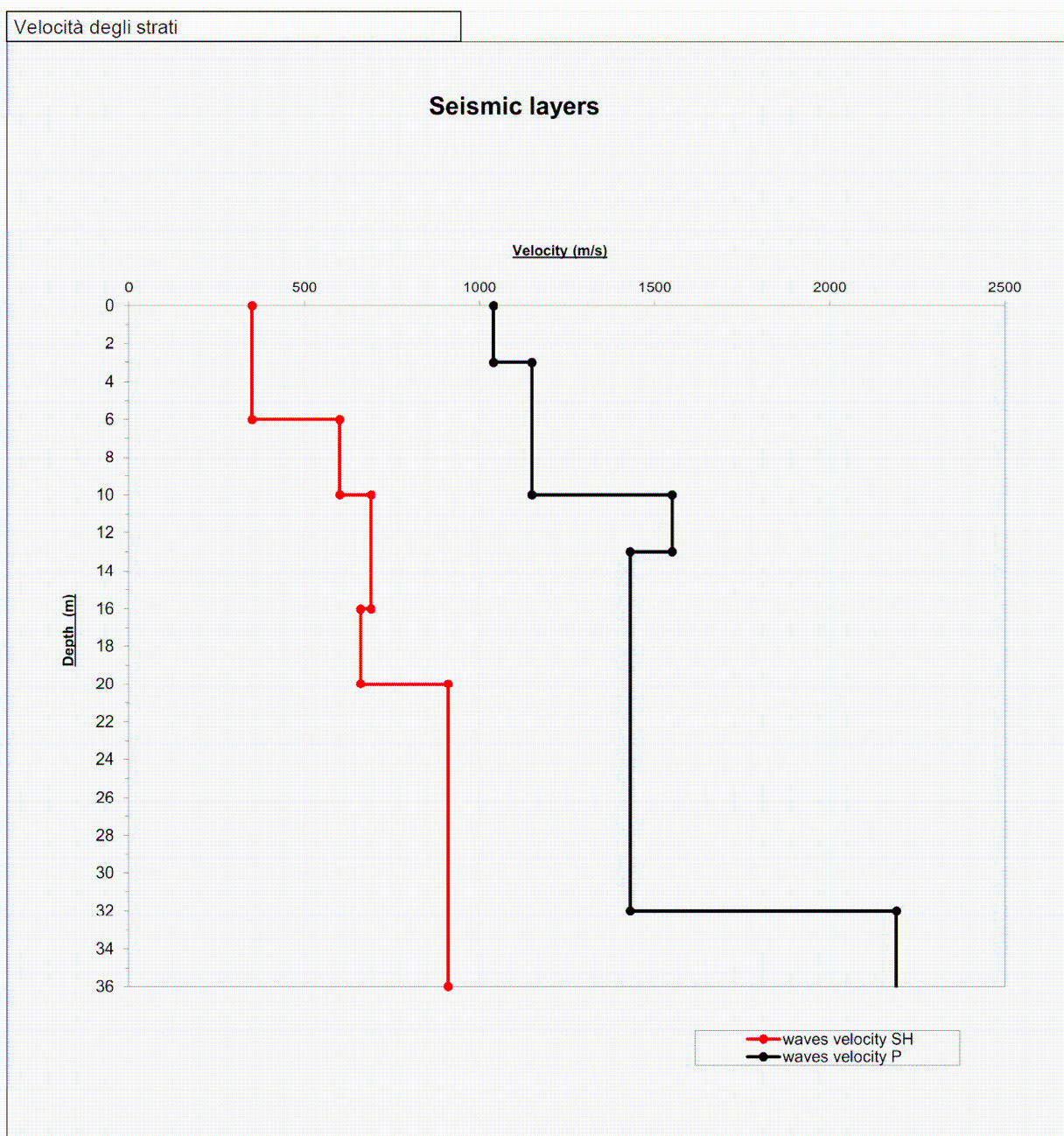




3.4 Indagine geofisica - Prova sismica in foro "Down-Hole"

L'indagine geofisica di tipo Down-Hole è una tecnica di indagine in foro, che viene utilizzata per la determinazione delle proprietà fisico-meccaniche dei materiali. Mediante la tecnica d'indagine di tipo Down-Hole è possibile determinare la velocità di propagazione in senso verticale (media e di intervallo), delle onde sismiche di compressione (P) e di quelle trasversali o di taglio (S). La metodologia Down-Hole presenta, tra gli altri, il vantaggio di non aver come condizione il necessario aumento di velocità con la profondità in quanto si valutano i tempi di arrivo delle onde elastiche via via che esse penetrano negli strati più profondi senza subire fenomeni di rifrazione. Questo rende possibile la valutazione di eventuali inversioni di velocità nell'ambito del pacco di litotipi incontrati nella perforazione. La tecnica si basa sulla misura dei tempi di tragitto delle onde elastiche tra la sorgente sismica posta in superficie ed i geofoni posizionati all'interno del foro di sondaggio, opportunamente condizionato con tubo in PVC o tubo geotecnico. La sismica in foro del tipo Down-Hole si realizza ponendo all'interno di un foro di sondaggio una o più triplette di sensori (orizzontali e verticali) atte a ricevere i segnali sismici generati in superficie. L'energizzazione verrà eseguita per mezzo di una perturbazione mediante una sorgente meccanica, in inversione di fase al fine di polarizzare le fasi S su un piano orizzontale H secondo una orientazione pari a 180°. Tramite le velocità sismiche V_p e V_s è possibile ricavare informazioni, quali i moduli elastici e i parametri geosismici.

L'analisi dei risultati consente di valutare la funzione velocità sismica-profondità, sia per le onde compressive P che per le onde trasversali S. Su fori di sondaggio estesi almeno fino a 30 metri di profondità è possibile dimensionare il parametro di V_{s30} (allegato A).



Depth (m of gl)	Waves velocity P (m/s)	Waves velocity SH (m/s)
0.00-6.00	1040	350
6.00-10.00	1150	600
10.00-16.00	1550	690
16.00-20.00	1430	660
20.00-36.00	2190	910

TABELLA 1 TABELLA PROFONDITÀ-VELOCITÀ

4. Modellazione geotecnica del volume significativo di terreno

In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico. Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito devono essere esaurientemente esposte e commentate in una relazione geologica, che comprende l'identificazione delle formazioni presenti nel sito, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche. Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento e devono riguardare il volume significativo, ovvero la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso. Le indagini devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione.

Nel modello geotecnico di sottosuolo devono essere definiti i valori dei parametri geotecnici, ovvero una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro per ogni stato limite considerato dedotto dall'interpretazione dei risultati di specifiche prove di laboratorio su campioni rappresentativi di terreno e di prove e misure in sito.

Di seguito si riporta l'elaborazione parametrica delle prove SPT eseguite nei fori di sondaggio (allegato A).

PARAMETRI GEOTECNICI PROVE SPT S1

	Prof. Strato (m)	Nspt	Gamma (t/m ³) Meyerhof ed altri	Gamma Saturo (t/m ³) Meyerhof ed altri	Cu (Kg/cm ²) Terzaghi-Peck	φ° Meyerhof (1956)	Dr % Skempton (1986)	Ed (Kg/cm ²) Buisman- Sanglerat	E Young (Kg/cm ²) Schultze	G (Kg/cm ²) Robertson e Campanella (1983) Imai & Tonouchi (1982)	K0 Navfac (1971-1982)
SPT 1	2,40	14	1,85	1,94	0,95	24	41	140,00	140,60	626,89	2,93
SPT 2	4,80	8	1,66	1,91	0,54	22	28	100,00	71,60	445,35	1,67
SPT 3	6,30	50	2,24	2,50	3,38	34	80	500,00	554,60	1364,52	8,18
SPT 4	10,80	50	2,24	2,50	3,38	34	80	500,00	554,60	1364,52	8,18
SPT 5	15,00	50	2,24	2,50	3,38	34	80	500,00	554,60	1364,52	8,18
SPT 6	18,00	50	2,24	2,50	3,38	34	80	500,00	554,60	1364,52	8,18
SPT 7	21,00	58	2,27	2,50	3,92	36	88	580,00	646,60	1494,05	9,50
SPT 8	22,80	50	2,24	2,50	3,38	34	80	500,00	554,60	1364,52	8,18
SPT 9	26,10	50	2,24	2,50	3,38	34	80	500,00	554,60	1364,52	8,18
SPT 10	28,20	50	2,24	2,50	3,38	34	80	500,00	554,60	1364,52	8,18
SPT 11	32,40	78	2,50	2,50	5,27	42	100	780,00	876,60	1790,52	11,93
SPT 12	36,30	50	2,24	2,50	3,38	34	80	500,00	554,60	1364,52	8,18

PARAMETRI GEOTECNICI PROVE SPT S2

	Prof. Strato (m)	Nspt	Gamma (t/m ³) Meyerhof ed altri	Gamma Saturo (t/m ³) Meyerhof ed altri	Cu (Kg/cm ²) Terzaghi-Peck	φ° Meyerhof (1956)	Dr % Skempton (1986)	Ed (Kg/cm ²) Buisman- Sanglerat	E Young (Kg/cm ²) Schultze	G (Kg/cm ²) Robertson e Campanella (1983) Imai & Tonouchi (1982)	K0 Navfac (1971-1982)
SPT 1	1,80	70	2,40	2,50	4,73	40	100	700,00	784,60	1675,96	11,93
SPT 2	3,30	50	2,24	2,50	3,38	34	80	500,00	554,60	1364,52	8,18
SPT 3	5,40	22	2,03	2,44	1,49	26	54	220,00	232,60	826,29	4,39
SPT 4	7,50	50	2,24	2,50	3,38	34	80	500,00	554,60	1364,52	8,18
SPT 5	10,50	50	2,24	2,50	3,38	34	80	500,00	554,60	1364,52	8,18
SPT 6	15,00	50	2,24	2,50	3,38	34	80	500,00	554,60	1364,52	8,18
SPT 7	18,00	50	2,24	2,50	3,38	34	80	500,00	554,60	1364,52	8,18
SPT 8	22,50	50	2,24	2,50	3,38	34	80	500,00	554,60	1364,52	8,18
SPT 9	24,00	50	2,24	2,50	3,38	34	80	500,00	554,60	1364,52	8,18
SPT 10	27,00	50	2,24	2,50	3,38	34	80	500,00	554,60	1364,52	8,18
SPT 11	31,50	50	2,24	2,50	3,38	34	80	500,00	554,60	1364,52	8,18
SPT 12	38,40	50	2,24	2,50	3,38	34	80	500,00	554,60	1364,52	8,18

Allo scopo di definire un modello geotecnico per il sito in esame in base alle elaborazioni delle indagini effettuate, nella tabella seguente sono riportati i principali parametri geotecnici caratteristici delle unità litologiche individuate.

Il substrato arenaceo non alterato presenta una compattezza molto elevata, con valori di SPT massimi a rifiuto strumentale. Pertanto per tali livelli è possibile adottare i parametri geotecnici massimi, tra quelli riportati nelle precedenti tabelle.

SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI - PROVE SPT

Unità	Profondità -m da p.c.	γt_k (kg/m ³)	$\gamma' t_k$ (kg/m ³)	Cu_k (kg/cm ²)	φ°_k	Dr%	Ed_k (kg/cm ²)
1	0 - 1.40	asfalto e massicciata stradale/materiali di riporto					
2	1.40 - 5.50	1910	1660	0.55	23	30	120
3	5.50 - 40	2500	2240	3.38	34	80	500

Sui campioni indisturbati (CI) e su quelli ricostruiti (CR) è stata eseguita preliminarmente una descrizione geotecnica del campione, seguita dalla determinazione dei limiti di Atterberg e dalle prove di laboratorio previste (allegato A).

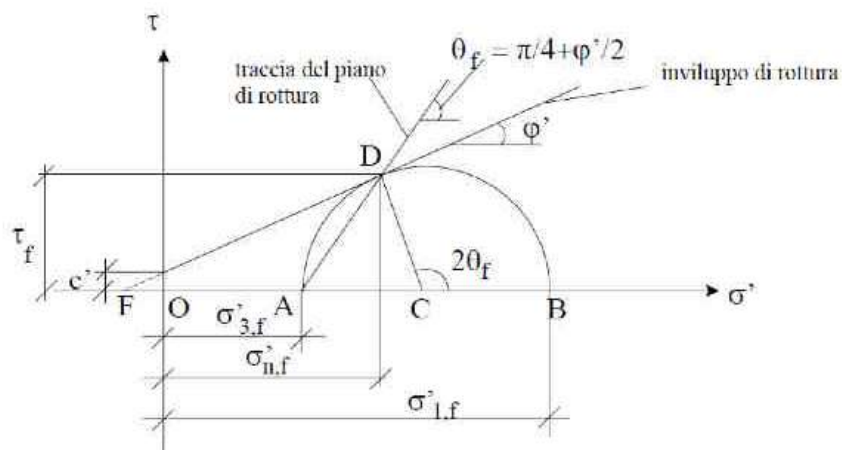
La resistenza al taglio di un terreno in una direzione è la massima tensione tangenziale τ che può essere applicata alla struttura del terreno in quella direzione, prima che si verifichi la rottura, ovvero quella condizione in cui le deformazioni sono inaccettabilmente elevate. La rottura può essere improvvisa e definitiva con perdita totale di resistenza, come avviene

generalmente per gli ammassi rocciosi, oppure può avere luogo dopo grandi deformazioni plastiche senza completa perdita di resistenza, come si verifica spesso nei terreni. Nella meccanica dei terreni si parla di resistenza al taglio, perché in tali materiali, a causa della loro natura particellare, le deformazioni e la rottura avvengono principalmente per scorrimento relativo fra i grani. Per la soluzione dei problemi di meccanica del terreno è possibile, in base al principio delle tensioni efficaci, riferirsi al terreno saturo come alla sovrapposizione nello stesso spazio di due mezzi continui, uno solido corrispondente alle particelle di terreno ed uno fluido, corrispondente all'acqua che occupa i vuoti interparticellari. In tal modo è possibile applicare ai terreni i concetti della meccanica dei mezzi continui solidi e dei mezzi continui fluidi, identificando le tensioni efficaci, a cui è legata la resistenza al taglio dei terreni, definite dalla differenza tra le tensioni totali e le pressioni interstiziali ($\sigma' = \sigma - u$).

Il criterio di Mohr-Coulomb ($\tau = c' + \sigma' \tan \phi'$) è il più semplice ed utilizzato criterio di rottura per i terreni, in base al quale la tensione tangenziale limite di rottura in un generico punto P di una superficie di scorrimento potenziale interna al terreno è dato dalla somma di due termini:

- il primo, detto coesione c' , è indipendente dalla tensione efficace normale alla superficie agente in quel punto;
- il secondo è proporzionale alla tensione efficace σ' attraverso un coefficiente di attrito $\tan \phi'$ dove ϕ' è detto angolo di resistenza al taglio.

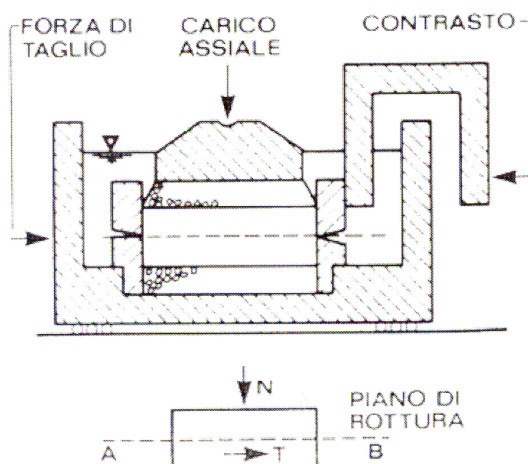
Nel piano di Mohr l'equazione ($\tau = c' + \sigma' \tan \phi'$) rappresenta una retta detta retta involucro di rottura. Nel piano $\tau - \sigma'$ lo stato di tensione nel punto P, corrispondente alla rottura, sarà rappresentato da un cerchio di Mohr tangente all'involucro di rottura.



La prova di taglio diretto è la più antica, la più intuitiva e la più semplice fra le prove di laboratorio per la determinazione della resistenza al taglio dei terreni.

Essa può essere eseguita su campioni ricostituiti di materiali sabbiosi e su campioni indisturbati o ricostituiti di terreni a grana fine.

La prova si esegue su almeno tre provini, che in genere hanno sezione quadrata di lato $60 \div 100$ mm e altezza $20 \div 40$ mm. La dimensione massima dei grani di terreno deve essere almeno 6 volte inferiore all'altezza del provino, per cui sono escluse le ghiaie e i ciottoli, salvo che non si disponga di apparecchiature speciali, molto grandi. Il provino è inserito in un telaio metallico a sezione quadrata diviso in due parti da un piano orizzontale in corrispondenza della semialtezza, ed è verticalmente compreso tra due piastre metalliche nervate e forate, oltre ciascuna delle quali vi è una carta filtro ed una piastra di pietra porosa molto permeabile. Attraverso una piastra di carico è possibile distribuire uniformemente sulla testa del provino una forza verticale di compressione. Il tutto è posto in una scatola piena d'acqua che può essere fatta scorrere a velocità prefissata su un'apposita rotaia. La metà superiore del telaio metallico è impedita di traslare da un contrasto collegato ad un anello dinamometrico (per la misura delle forze orizzontali T applicate), cosicché il movimento della scatola produce la rottura per taglio del provino nel piano orizzontale medio. La prova si esegue in due fasi. Nella prima fase viene applicata in modo istantaneo e mantenuta costante nel tempo una forza verticale N che dà inizio ad un processo di consolidazione edometrica. Durante la prima fase si misurano gli abbassamenti nel tempo del provino, controllando in tal modo il processo di consolidazione e quindi il raggiungimento della pressione verticale efficace media $\sigma'_n = N/A$ essendo A la sezione orizzontale del provino. La durata della prima fase dipende dalla permeabilità del terreno e dall'altezza del provino. Nella seconda fase si fa avvenire lo scorrimento orizzontale relativo δ a velocità costante fra le due parti del telaio, producendo il taglio del provino nel piano orizzontale medio. Durante la fase di taglio si controlla lo spostamento orizzontale relativo e si misurano la forza orizzontale $T(\delta)$, che si sviluppa per reazione allo scorrimento, e le variazioni di altezza del provino. La velocità di scorrimento deve essere sufficientemente bassa da non indurre sovrapressioni interstiziali. A tal fine la velocità può essere scelta in modo inversamente proporzionale al tempo di consolidazione della prima fase.



La prova va continuata fino alla chiara individuazione della forza resistente di picco T_f oppure fino ad uno spostamento pari al 20% del lato del provino, quando non si possa individuare chiaramente un valore di picco della resistenza.

La tensione efficace normale a rottura $\sigma'_{n,f} = \sigma'_n$ e la tensione tangenziale media a rottura sul piano orizzontale $\tau_f = T_f/A$ sono le coordinate di un punto del piano di Mohr appartenente alla linea involuppo degli stati di tensione a rottura.

Ripetendo la prova con differenti valori di N (almeno tre) si ottengono i punti sperimentali che permettono di tracciare la retta di equazione $\tau_f = c' + \sigma' \tan \phi'$ e quindi di determinare i parametri di resistenza al taglio c' e ϕ' .

I valori di N , e quindi di pressione verticale, devono essere scelti tenendo conto della tensione verticale efficace geostatica. I principali limiti della prova di taglio diretto sono:

- l'area A del provino varia (diminuisce) durante la fase di taglio;
- la pressione interstiziale non può essere controllata;
- non sono determinabili i parametri di deformabilità;
- la superficie di taglio è predeterminata e se il provino non è omogeneo può non essere la superficie di resistenza minima.

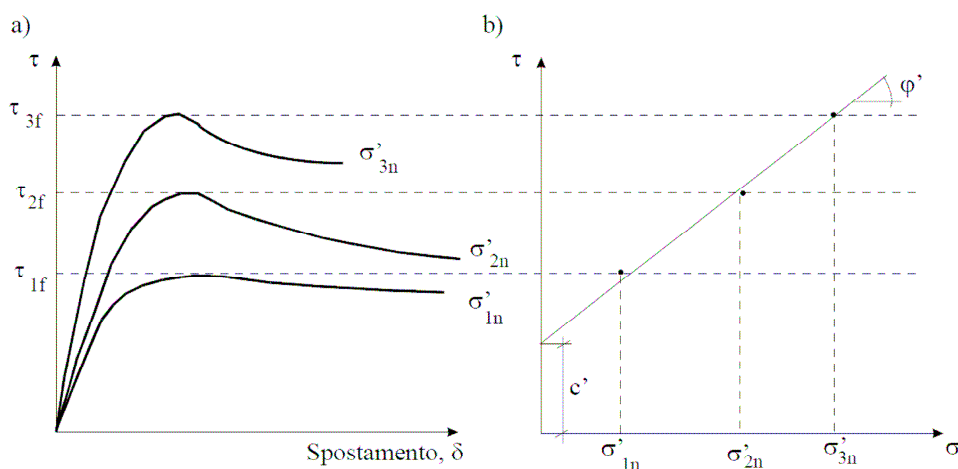


Figura 9.10 - Determinazione della resistenza a rottura, τ_f (a) e dei parametri di resistenza al taglio (b) da prova di taglio diretto.

Se la prova è condotta a velocità troppo elevate per consentire il drenaggio si ottiene una sovrastima di c' e una sottostima di ϕ' . L'esecuzione di prove di taglio diretto "rapide non drenate" è fortemente sconsigliata, poiché la rapidità della prova non è comunque sufficiente a garantire l'assenza di drenaggio ed i risultati non sono interpretabili né in termini di tensioni efficaci né in termini di tensioni totali.

(da: "Dipartimento di Ingegneria Civile - Sezione Geotecnica, Università degli Studi di Firenze - J. Facciorusso, C. Madiati, G. Vannucchi - Dispense di Geotecnica - Rev. Settembre 2006")

SINTESI PRINCIPALI PARAMETRI GEOTECNICI NOMINALI DA PROVE DI LABORATORIO

campione	prof. m	W_L %	W_P %	I_p	I_c	γ (kN/m ³)	γ'_t (kN/m ³)	γ_t (kN/m ³)	c' (kPa)	φ'
CI1 S1	1.65-2.10	48.2	28.2	20.0	1.2	17.7	14.2	18.8	13.4	26.0
CI2 S1	3.4-3.75	32.9	18.3	14.6	1.63	16.9	15.5	19.6	14.1	29.04
CR2 S1	8.1-8.40	28.4	19.7	8.7	2.06	20.0	18.1	21.2	14.4	26.5
CR4 S1	13.5-14.0	28.7	19.2	9.5	1.86	/	/	/	/	/
CI1 S2	5.45-5.80	26.3	19.1	7.2	2.13	20.4	18.4	21.4	10.2	26.1
CI2 S2	38.2-38.50	32.3	18.7	13.6	1.38	/	/	/	/	/
CR4 S2	4.0-4.50	28.0	20.6	7.4	2.59	/	/	/	/	/
CR5 S2	5.0-5.45	34.5	20.6	13.9	1.62	21.9	19.5	22.1	10.7	26.5

CI = campione indisturbato

CR = campione ricostruito

W_L = limite liquido

W_P = limite plastico

I_p = indice di plasticità

I_c = indice di consistenza

γ = peso di volume

γ'_t = peso di volume secco

γ_t = peso di volume saturo

c' = coesione cond. non drenate

φ' = angolo di attrito cond. non drenate

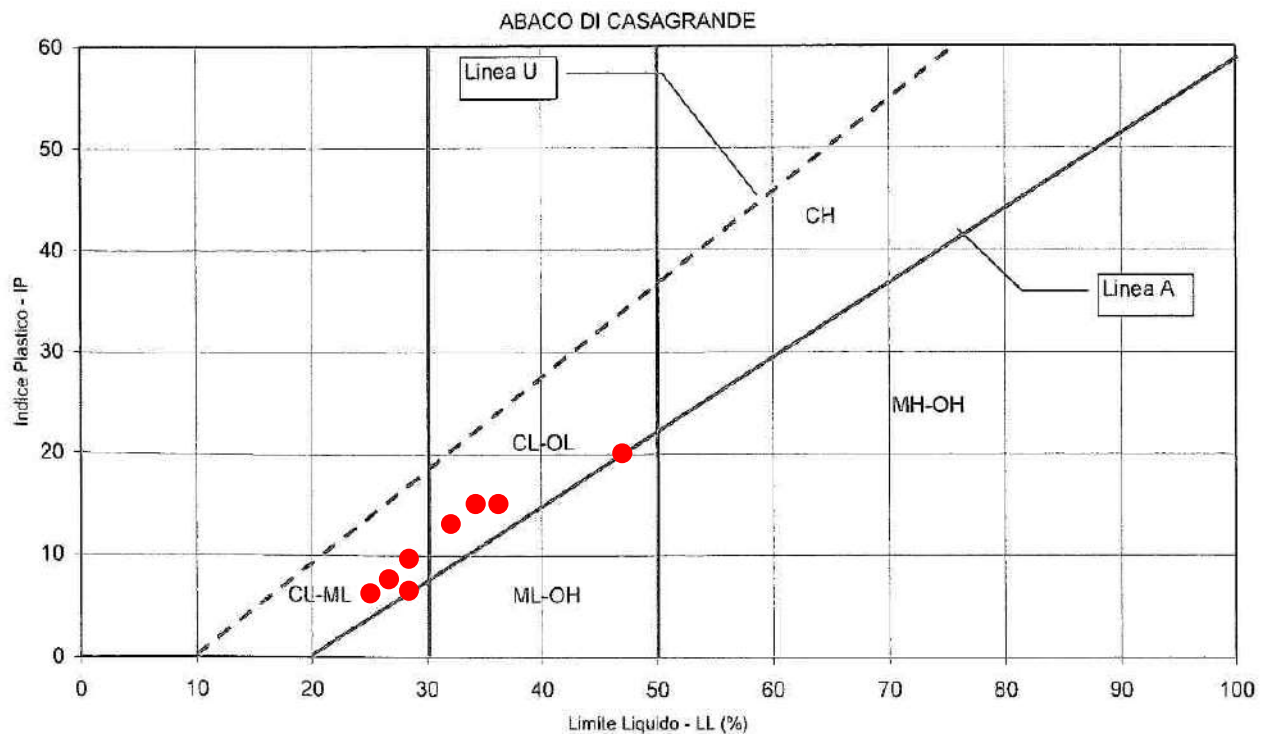
Per la descrizione dettagliata e i parametri geotecnici non evidenziati direttamente nelle tabelle riassuntive, si rimanda ai certificati del laboratorio geotecnico (allegato A).

I limiti di Atterberg permettono di valutare, in modo preliminare, alcune caratteristiche geotecniche dei terreni come la plasticità intrinseca del terreno, la sua consistenza, la potenzialità al rigonfiamento e/o ritiro.

I limiti di Atterberg sono direttamente influenzati dal tipo di minerali argillosi (caolinite, illite, montmorillonite ecc.) che compongono la frazione argillosa dei terreni. La struttura lamellare di questi minerali permette l'assorbimento di acqua in quantità variabile a seconda della composizione chimica, ovvero del catione scambiabile all'interno del reticolo cristallino di questi minerali (Na, K, Ca, Mg).

Questo determina una variazione del grado di attività delle argille, cioè la capacità di assorbire acqua e quindi la tendenza a rigonfiare, che risulta massima per le argille-montmorilloniti e via via minore per illiti (maggiormente diffuse) e caoliniti.

In generale i campioni oggetto di prove di laboratorio risultano avere una componente limo-argillosa classificabile come “argille inorganiche/limi inorganici a bassa compressibilità/bassa plasticità”.



I_p	TERRENO
0-5	non plastico
5-15	poco plastico
15-40	plastico
>40	molto plastico

- ML: limi inorganici a bassa compressibilità;
- MH: limi inorganici ad alta compressibilità;
- CL: argille inorganiche a bassa plasticità;
- CH: argille inorganiche ad alta plasticità;
- OH: argille inorganiche.

5. Modellazione sismica e pericolosità sismica di base del sito

La valutazione del rischio sismico in aree ad estensione regionale, viene effettuata mediante la macrozonazione sismica, definita come l'individuazione di aree che possono essere soggette, in un dato intervallo di tempo, ad un terremoto di una certa intensità. All'interno di queste aree si possono valutare, con maggiore dettaglio, le differenze di intensità massima dovute a differenti situazioni geologiche locali attraverso procedimenti di microzonazione sismica. Tale procedimento è volto a prevedere e mitigare gli effetti di un evento sismico in una zona di dimensioni urbane, considerando la morfologia superficiale e del substrato, la sua costituzione, la presenza e la profondità della falda freatica e l'eventuale presenza di faglie.

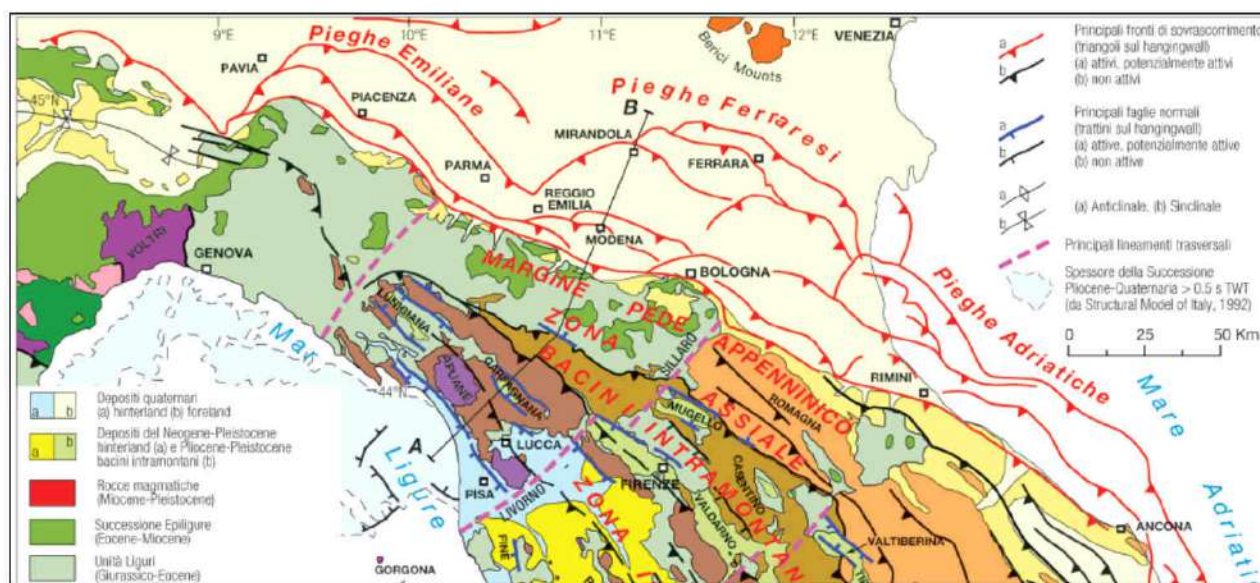
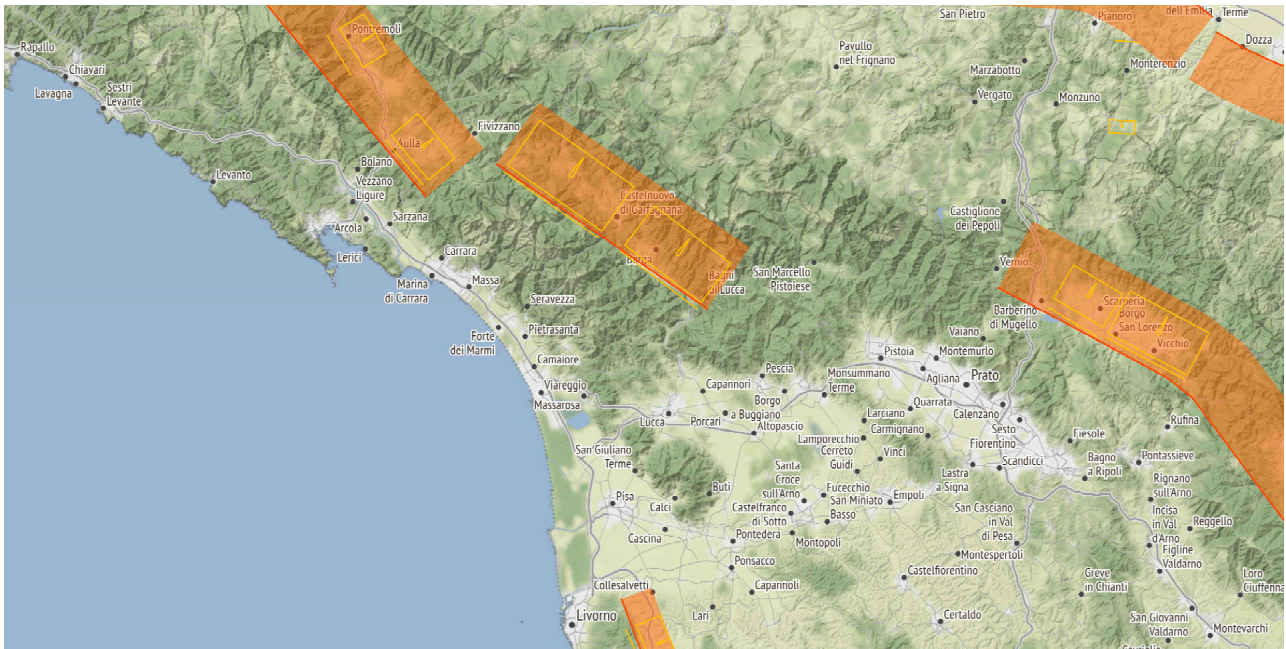


Figura 2 - Estratto dello schema tettonico dell'Appennino settentrionale e della Pianura Padana

La sismicità di un territorio è strettamente connessa al proprio assetto tettonico-strutturale, dunque alla presenza di quelle che vengono definite strutture geologicamente attive. Alla base di ogni stima della pericolosità sismica, oltre alle conoscenze legate all'evoluzione delle principali strutture deformative esistenti, risultano fondamentali anche quelle relative alla storia sismica del territorio, vale a dire tutte le informazioni riguardanti i terremoti avvenuti in epoca storica e gli effetti ad essi associati. Di tale attività esiste significativa documentazione storica (Guidoboni et al., 2007), per sua natura ovviamente incompleta, in particolare prima del XVI secolo. Dal 1999 il DISS Working Group (DISSWG) dell'INGV utilizza congiuntamente dati geomorfologici e dati geologico-geofisici del sottosuolo per individuare le sorgenti sismogenetiche. A seguito del terremoto del Molise del 31 ottobre 2002, l'INGV stesso ha ricevuto dal Governo l'incarico di elaborare una nuova Mappa di Pericolosità Sismica di riferimento per il territorio nazionale. Il punto di partenza della Mappa è stata la zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004; Meletti et al., 2008), un modello sintetico che

descrive la localizzazione delle sorgenti di futuri terremoti, la magnitudo massima che questi potranno raggiungere i ratei di sismicità attesa zona per zona.

In particolare l'area in esame è soggetta alle sorgenti sismogenetiche ITIS051 "Garfagnana Sud" e ITIS087 "Mugello Ovest"



ITIS051 "Garfagnana Sud"

PARAMETRIC INFORMATION

Parameter		Quality	Evidence
Location [Lat/Lon]	44.07 / 10.52	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Length [km]	15.0	OD	Based on geological and geomorphological data.
Width [km]	10.0	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	1.0	OD	Based on geological and geomorphological data.
Max depth [km]	7.4	AR	Derived from dip, width and min depth.
Strike [deg]	307	OD	Based on geological and geomorphological data.
Dip [deg]	40	OD	Based on geological and geomorphological data.
Rake [deg]	270	EJ	Inferred from geological data.
Slip Per Event [m]	0.38	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min...max	0.1000... 1.0000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	380... 3800	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.1	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: via W. Tabacchi, 125 - 41123 Modena - tel. 059/823020 - mob. 339/8264394 - e-mail. precigeo55@gmail.com



Principal faults of the mid-upper Serchio Valley from published literature combined with original fieldwork, analysis of aerial photos and analysis of DEMs (from Vannucci [1999]).

ITIS087 “Mugello Ovest”

PARAMETRIC INFORMATION

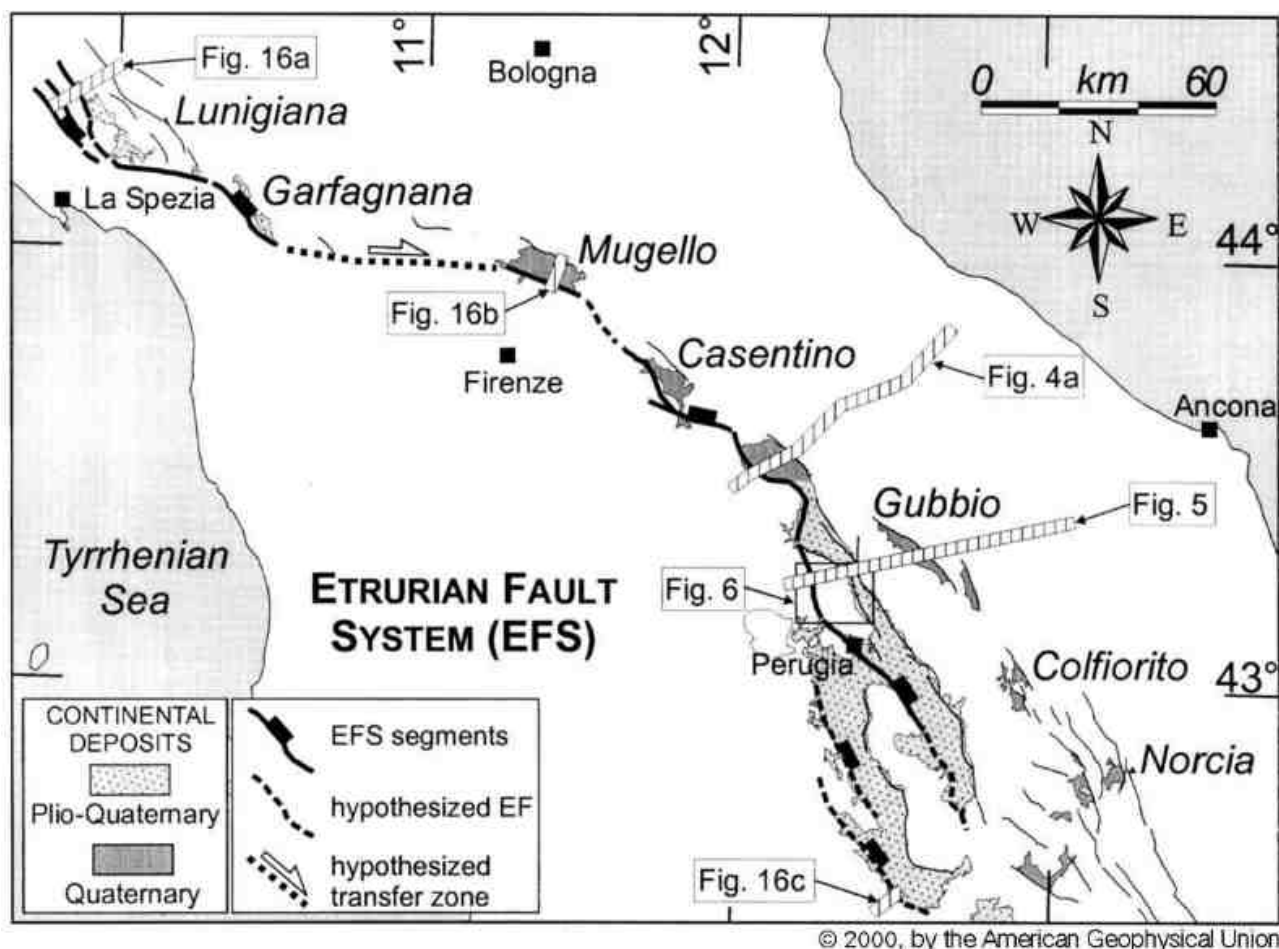
Parameter		Quality	Evidence
Location [Lat/Lon]	44.01 / 11.33	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Length [km]	9.0	OD	Based on geological and geomorphological data.
Width [km]	7.0	OD	Based on seismic profile from Barchi (2007).
Min depth [km]	1.0	OD	Based on seismic profile from Barchi (2007).
Max depth [km]	4.5	OD	Based on seismic profile from Barchi (2007).
Strike [deg]	301	OD	Based on geomorphological and geological observations.
Dip [deg]	30	OD	Based on seismic profile from Barchi (2007).
Rake [deg]	270	OD	Based on geological data, constrained by orientation of T axes.
Slip Per Event [m]	0.30	ER	Calculated from M_0 using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min...max	0.1000... 1.0000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	300... 3000	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	5.9	LD	Value adopted from the historical earthquake catalogue CPTI04.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: via W. Tabacchi, 125 - 41123 Modena - tel. 059/823020 - mob. 339/8264394 - e-mail. precigeo55@gmail.com



VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO A SCALA TERRITORIALE – LIVELLO 0

RISCHIO SISMICO IN TOSCANA**LIVELLO 0****La valutazione del rischio sismico in Toscana. Metodo speditivo a scala regionale.**

Per la valutazione del rischio sismico a scala regionale, è stato sviluppato un metodo speditivo semplificato che, sulla scorta di quanto richiesto dalla L.R. 65/2014, è stato elaborato quale base per la definizione delle aree esposte a rischio per la pianificazione territoriale e quale criterio di priorità di azioni di prevenzione.

La valutazione del rischio sismico a scala regionale, finalizzato alla definizione della probabilità di accadimento di danni a seguito di un evento sismico in una determinata area, è un'operazione complessa. A scala regionale è stato elaborato un modello semplificato che tenga conto dei fattori di rischio per ciascun comune: per la **pericolosità** sismica si fa riferimento alla pericolosità di base (Ag), per l'**esposizione** e la **vulnerabilità** si fa riferimento ai dati disponibili del censimento Istat sulla popolazione e abitazioni, alla storia della classificazione sismica toscana, alle norme tecniche sulle costruzioni.

Uno degli obiettivi del modello semplificato è l'attribuzione di una **classe di rischio** per ciascun comune, ottenuta dalla combinazione dei suddetti fattori di rischio.

Nella prima fase, per ciascun fattore di rischio, sono stati individuati gli indicatori qualitativi e numerici, mediante i quali determinare 4 classi, ciascuna associata ad un indice, da utilizzare per la valutazione del Rischio. Successivamente è stata predisposta una matrice di riferimento per definire il livello di rischio risultante dalla combinazione tra i diversi fattori di rischio.

Tale combinazione risulta dalla somma degli indici associati ad ogni classe di ciascun fattore di rischio.

Provincia di Firenze

PROV	COMUNI	ISTAT	classe di P	classe di E	classe di V	classe di R	Indice di R
FI	Bagno a Ripoli	48001	2	3	1	3	10
FI	Barberino di Mugello	48002	4	2	3	4	12
FI	Barberino Val d'Elsa	48003	2	2	1	2	9
FI	Borgo San Lorenzo	48004	4	3	3	4	13
FI	Calenzano	48005	3	3	1	4	11
FI	Campi Bisenzio	48006	2	3	1	3	10
FI	Capraia e Limite	48008	2	2	1	2	9
FI	Castelfiorentino	48010	2	3	1	3	10
FI	Cerreto Guidi	48011	2	2	1	2	9
FI	Certaldo	48012	2	3	1	3	10
FI	Dicomano	48013	4	2	3	4	12
FI	Empoli	48014	2	3	1	3	10
FI	Fiesole	48015	3	3	1	4	11
FI	Figline e Incisa Valdarno	48052	2	3	1	3	10
FI	Firenze	48017	2	4	1	4	11
FI	Firenzuola	48018	4	2	3	4	12
FI	Fucecchio	48019	2	3	1	3	10
FI	Gambassi Terme	48020	2	2	1	2	9
FI	Greve in Chianti	48021	2	3	1	3	10
FI	Impruneta	48022	2	3	1	3	10
FI	Lastra a Signa	48024	2	3	1	3	10
FI	Londa	48025	4	1	3	3	10
FI	Marradi	48026	4	2	3	4	12
FI	Montaione	48027	2	2	1	2	9
FI	Montelupo Fiorentino	48028	2	2	1	2	9
FI	Montespertoli	48030	2	2	1	2	9
FI	Palazzuolo sul Senio	48031	4	1	3	3	10
FI	Pelago	48032	3	2	4	4	12
FI	Pontassieve	48033	3	3	1	4	11
FI	Reggello	48035	3	3	1	4	11
FI	Rignano sull'Arno	48036	2	2	1	2	9
FI	Rufina	48037	3	2	3	4	11
FI	San Casciano in Val di Pesa	48038	1	3	1	1	8
FI	San Godenzo	48039	4	1	3	3	10
FI	Scandicci	48041	2	3	1	3	10
FI	Scarperia e San Piero	48053	4	2	3	4	12
FI	Sesto Fiorentino	48043	2	3	1	3	10
FI	Signa	48044	2	3	1	3	10
FI	Tavarnelle Val di Pesa	48045	1	2	1	1	7
FI	Vaglia	48046	3	2	4	4	12
FI	Vicchio	48049	4	2	3	4	12
FI	Vinci	48050	2	3	1	3	10

Pericolosità sismica

La Pericolosità sismica è la probabilità che in una data area ed in un certo intervallo di tempo si verifichi un terremoto che superi una soglia di intensità, magnitudo o accelerazione di picco (Pga).

La pericolosità sismica è determinata dalla Pericolosità di base del comune, cioè dall'accelerazione orizzontale massima del terreno del territorio comunale in condizioni di suolo rigido e pianeggiante (Ag), per tempo di ritorno pari a 475 anni, così come riportato al par. 3.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M.14.1.2008.

Sono state individuate 4 Classi di Pericolosità sismica in funzione di valori di Ag significativi che individuano, a partire dal valore 0,150 g, zone con pericolosità medio alta e medio bassa. In presenza di accelerazioni superiori (>0,200 g) o inferiori (< 0,125 g) sono state individuate zone a pericolosità alta o bassa. A tali classi sono stati associati 4 Indici di pericolosità (IP) da utilizzare per la valutazione del Rischio:

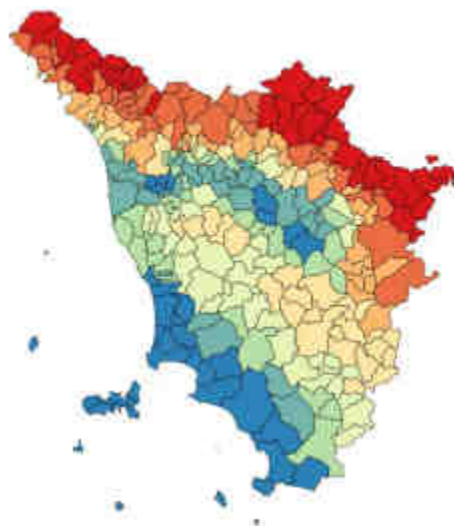


Fig. 1 – Valori di Pericolosità (VP)

Classe di pericolosità	Valori di Pericolosità (VP)	Indice di Pericolosità (IP)
4 Alta	Ag superiori a 0,200 g	5
3 Medio - alta	Ag superiori a 0,150 g e inferiori o uguali a 0,200 g	4
2 medio-bassa	Ag superiori a 0,125 g e inferiori o uguali a 0,150 g	3
1 bassa	Ag inferiori o uguali a 0,125 g	1

Tab. 1 – Classi, valori e indici di Pericolosità

Esposizione sismica

L'esposizione sismica è connessa con la natura, qualità e quantità dei beni esposti ed esprime la possibilità di subire un danno economico e sociale, sia in termini di vite umane che in termini di beni esposti.

L'esposizione sismica, per la valutazione speditiva del rischio sismico, è suddivisa in 4 classi e stimata, per ciascun comune, in forma qualitativa, a partire dai dati statistici disponibili forniti dall'Istat relativi a popolazione residente e numero totale di edifici.

Per ogni comune è possibile determinare un **Valore di Esposizione** sulla base della media ponderata tra la popolazione residente e il numero di edifici totali, tenuto conto delle indicazioni fornite con l'Ordinanza della P.C.M. 12/06/1998, secondo la seguente formula:

$$\text{Valore di Esposizione} = \frac{2}{3} \text{ Npop} + \frac{1}{3} \text{ Nedif}$$

Npop = popolazione totale residente per area omogenea (comune)

Nedif = numero totale degli edifici per area omogenea (comune)

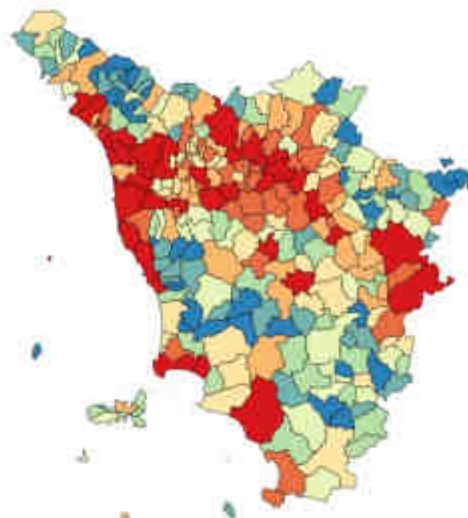


Fig. 2 – Valori di Esposizione (VE)

Sono state individuate 4 Classi in funzione del Valore di Esposizione (VE), correlate a 4 Indici (IE) da utilizzare per la valutazione del Rischio.

I Valori di Esposizione presi a riferimento per l'individuazione delle 4 Classi, sono stati determinati dopo opportune considerazioni sulla distribuzione non omogenea di tali valori nei comuni toscani, con pochi grandi comuni molto esposti e molti piccoli comuni con una minore esposizione in termini di IE.

Per quanto riguarda l'individuazione dei valori di soglia utilizzati per determinare le 4 classi di Esposizione si è fatto riferimento ai seguenti dati:

- numero di edifici medio in toscana pari a 1/4 della popolazione.
- popolazione pari a 50.000 quale limite minimo per l'individuazione di comuni medi (*si vedano anche precedenti studi ANCI - "Centro di documentazione e studi comuni italiani"*). Si ricava quindi un Valore di Esposizione pari a circa 37.500.
- popolazione pari a 13.000 quale media dei Comuni della Toscana; da cui si ricava un Valore di Esposizione pari a circa 10.000.
- popolazione pari a 3000 abitanti quale limite massimo per l'individuazione dei "piccolissimi" comuni. Si tenga conto che i "piccoli" comuni individuati da normativa fanno riferimento ad una popolazione di 5000 abitanti ma visto che in Toscana i Comuni sotto i 5000 abitanti rappresentano oltre il 50% del totale, si è ritenuto di abbassare tale soglia anche sulla base di altre esperienze (es: *"I piccoli comuni delle Marche"*). Si ricava quindi un Valore di Esposizione pari a 2.250.

A ciascuna classe di Esposizione è associato il corrispondente Indice di Esposizione (IE), utilizzato per il calcolo del rischio.

Classe di Esposizione	Valore di Esposizione (VE)	Indice di Esposizione (IE)
4 Alta	VE > 37.500	5
3 Medio - alta	10.000 ≤ VE < 37.500	4
2 medio-bassa	2.250 ≤ VE < 10.000	3
1 bassa	VE < 2.250	1

Tab. 2 – Classi, valori e indici di Esposizione

Vulnerabilità sismica

La vulnerabilità sismica consiste nella valutazione della possibilità che persone, edifici o attività subiscano modificazioni al verificarsi di un evento sismico o, in altri termini, la loro predisposizione a subire danni o perdere l'efficienza. Ad esempio per gli edifici dipende dai materiali, dalle caratteristiche costruttive, dallo stato di manutenzione, dall'epoca di costruzione.

Dopo opportune considerazioni generali sulla tipologia del patrimonio edilizio storico toscano, sullo sviluppo urbano e della cultura sismica dei Comuni, risulta una vulnerabilità generalmente omogenea e in via cautelativa in ogni caso elevata.

Per la determinazione della vulnerabilità da associare a ciascun comune, si è tenuto conto dei seguenti aspetti:

- gli edifici **"storici"**, costruiti fino alla fine della seconda guerra mondiale, sono generalmente tutti con vulnerabilità elevata e realizzati in assenza di norme sismiche e pertanto non sono significativi al fine di discriminare diversi livelli di vulnerabilità tra un comune e l'altro;
- gli edifici **"contemporanei"**, costruiti a partire dal 2003 (anno di classificazione sismica di tutto il territorio toscano), possono essere considerati con vulnerabilità bassa, a prescindere dalla pericolosità del Comune, anch'essi non sono significativi al fine di discriminare diversi livelli di vulnerabilità tra un comune e l'altro;
- gli edifici **"moderni"**, costruiti nel periodo compreso tra il 1945 ed il 2002, rappresentano invece il patrimonio edilizio con una significativa variabilità della vulnerabilità tra un comune e l'altro.

Tenuto conto dei suddetti aspetti, si è ritenuto di poter individuare 4 classi di vulnerabilità sismica, sulla base dei dati Istat relativi alle abitazioni e della storia della classificazione sismica di ciascun comune nel periodo compreso tra il 1945 e il 2002.

Per ogni comune è stato determinato un Valore di Vulnerabilità (VV) calcolato come rapporto tra il numero di edifici **"maggiormente vulnerabili"** (MV) rispetto al totale di quelli costruiti nel suddetto periodo, secondo la seguente formula:

$$\text{Valori di Vulnerabilità (VV)} = \frac{\text{N. edifici MV moderni}}{\text{N. edifici moderni totale}}$$

Per edifici "maggiormente vulnerabili" (MV) si intendono quelli con un più probabile gap prestazionale rispetto alla zona sismica, perché costruiti:

- in assenza di classificazione e norme tecniche sismiche;
- in ogni caso, prima del 1962 e quindi considerati più scadenti in termini di tecniche costruttive, qualità dei materiali, stato di conservazione.

Sono state individuate 4 Classi di Vulnerabilità in funzione di diversi Valori di Vulnerabilità (VV) e della zona sismica del comune, associando un Indice di Vulnerabilità (IV) da utilizzare per la valutazione del Rischio.

Si evidenzia che è stato dato particolare rilievo a valori dell'Indice di Vulnerabilità superiore ai 2/3 in zona sismica 2.

Classe di Vulnerabilità	Valore di Vulnerabilità (VV)	Indice di Vulnerabilità (IV)
4 Alta	$0,65 \leq VV \leq 1$ in zona sismica 2	5
3 Medio - alta	$VV < 0,65$ in zona sismica 2	4
2 Medio-bassa	$VV = 1$ in zona sismica 3	3
1 Bassa	$VV < 1$ in zona sismica 3 $VV \leq 1$ in zona sismica 4	3

Tab. 3 – Classi, valori e indici di Vulnerabilità

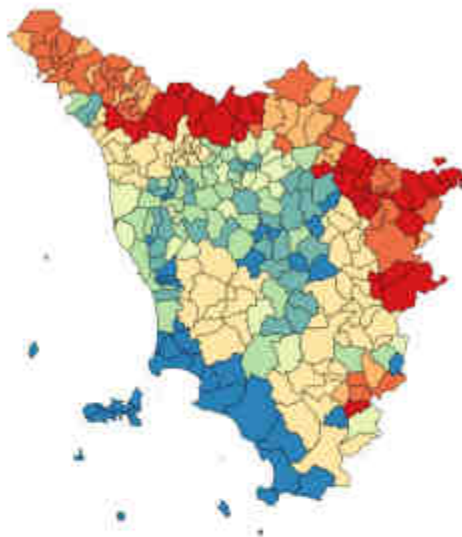


Fig. 3 – Valori di Vulnerabilità (VV)

Rischio sismico

Il rischio sismico, determinato dalla combinazione della pericolosità, della vulnerabilità e dell'esposizione, è la misura dei danni attesi in un dato intervallo di tempo, in base al tipo di sismicità, di resistenza delle costruzioni e di antropizzazione (natura, qualità e quantità dei beni esposti).

La Toscana ha una pericolosità sismica media (per frequenza e intensità dei fenomeni), una vulnerabilità elevata (per fragilità del patrimonio edilizio, infrastrutturale, industriale, produttivo e dei servizi) e un'esposizione elevata (per densità abitativa e presenza di un patrimonio storico, artistico e monumentale).

Tenendo conto delle classi di Pericolosità, Esposizione e Vulnerabilità, descritte in precedenza, è possibile determinare la **Classe di Rischio** di ciascun comune attraverso un **Indice di rischio (IR)** che risulta dalla somma dei relativi Indici, secondo la seguente espressione:

$$IR = IP + IE + IV$$

IP = indice di Pericolosità

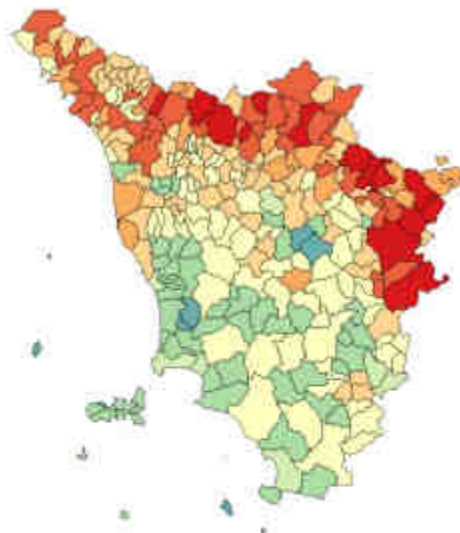
IE = indice di Esposizione

IV = indice di Vulnerabilità

Dopo opportune considerazioni, sono state individuate 4 Classi di Rischio sulla base dell'Indice IR, definendo i valori soglia per il passaggio da una classe a quella successiva sotto riportati:

Classe di Rischio	Indice di Rischio IR = IP + IE + IV
4 alta	IR > 10
3 medio-alta	IR = 10
2 medio-bassa	IR = 9
1 bassa	IR < 9

Fig. 3 – Indici di Rischio (IR)



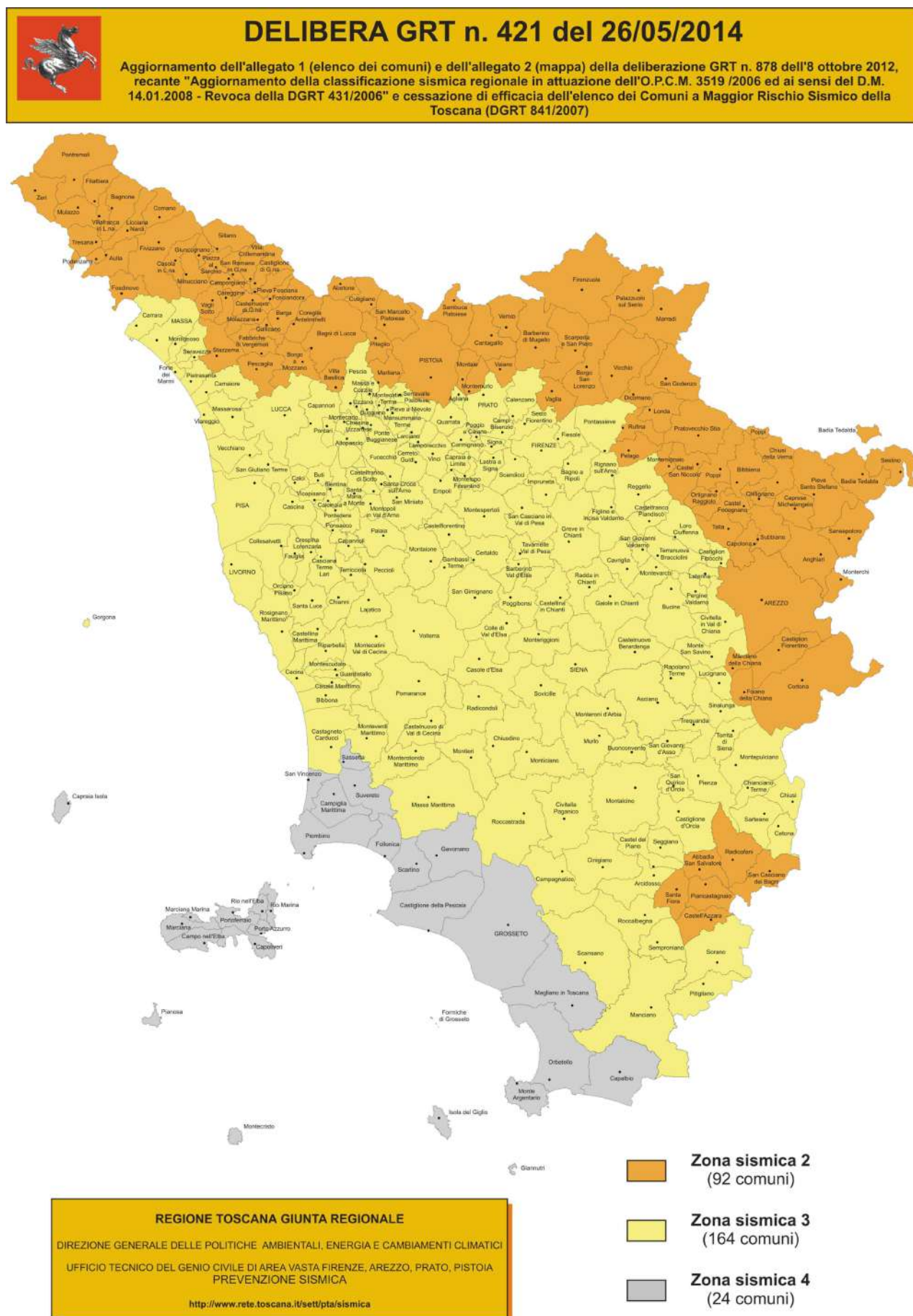
Tab. 4– Classi e indici di Rischio

Di seguito sono riportate le combinazioni di pericolosità, esposizione e vulnerabilità che determinano la classe di rischio, con associato il corrispondente valore IR:

		VULNERABILITÀ 4 IV = 5				VULNERABILITÀ 3 IV = 4				VULNERABILITÀ 2 e 1 IV = 3			
		ESPOSIZIONE				ESPOSIZIONE				ESPOSIZIONE			
		4 IE = 5	3 IE = 4	2 IE = 3	1 IE = 1	4 IE = 5	3 IE = 4	2 IE = 3	1 IE = 1	4 IE = 5	3 IE = 4	2 IE = 3	1 IE = 1
PERICOLOSITÀ	4 IP = 5	4 (IR = 14)	4 (IR = 14)	4 (IR = 13)	4 (IR = 11)	4 (IR = 14)	4 (IR = 13)	4 (IR = 12)	3 (IR = 10)	4 (IR = 13)	4 (IR = 12)	4 (IR = 11)	2 (IR = 9)
	3 IP = 4	4 (IR = 14)	4 (IR = 13)	4 (IR = 12)	3 (IR = 10)	4 (IR = 13)	4 (IR = 12)	4 (IR = 11)	2 (IR = 9)	4 (IR = 14)	4 (IR = 13)	3 (IR = 10)	1 (IR = 8)
	2 IP = 3	4 (IR = 13)	4 (IR = 12)	4 (IR = 11)	2 (IR = 9)	4 (IR = 12)	4 (IR = 11)	3 (IR = 10)	1 (IR = 8)	4 (IR = 13)	3 (IR = 12)	2 (IR = 9)	1 (IR = 7)
	1 IP = 1	4 (IR = 11)	3 (IR = 10)	2 (IR = 9)	1 (IR = 7)	3 (IR = 10)	2 (IR = 9)	1 (IR = 8)	1 (IR = 6)	2 (IR = 9)	1 (IR = 8)	1 (IR = 7)	1 (IR = 5)

Tab. 5 – Combinazione dei fattori di Rischio

Questa analisi recepisce le indicazioni della OPCM n. 3274 del 20/03/2003 attualmente in vigore. Si considera inoltre la classificazione sismica dei comuni della Regione Toscana riportata nella Deliberazione GRT n. 878 dell'8 ottobre 2012 aggiornata con la Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014, secondo cui il comune di Reggello rientra in zona 3.



Si riporta di seguito un elenco degli eventi più significativi per la storia sismica dell'area.

Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6	1630	05					Pistoiese	1	5-6	4.40
F	1746	07	23	18	15		Garfagnana	10	7	5.15
3	1846	08	14	12			Colline Pisane	121	9	6.04
3	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
NF	1887	11	14	05	48	0	Fiorentino	101	6	4.47
5-6	1891	04	24	06	45		Pescia	8	4-5	3.93
NF	1892	05	17	03	08	1	Carpinetti	28	5	4.28
3-4	1895	05	18	19	55	1	Fiorentino	401	8	5.50
5	1895	08	07	19	49	3	Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67
4-5	1897	09	06	03	10	4	Valdarno inferiore	104	5-6	4.59
4-5	1899	06	26	23	17	2	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
F	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.10
4	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
2-3	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34
NF	1911	02	19	07	18	3	Forlivese	181	7	5.26
7	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
5	1916	07	27	18	38		Garfagnana	22	5-6	4.56
6	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
4	1924	06	12	21	03	4	Frignano	25	5-6	4.46
3	1929	07	18	21	02		Mugello	56	6-7	4.96
4	1930	05	24	22	02		Appennino tosco-emiliano	43	5	4.91
3	1937	12	10	18	04		Frignano	28	6	5.30
NF	1948	06	13	06	33	3	Alta Valtiberina	142	7	5.04
4	1951	08	12	21	19		Garfagnana	21	5	4.59
3	1960	10	29	00	08	3	Mugello	69	7	4.91
NF	1967	10	01	22	45	4	Pistoiese	8	4	4.04
5	1969	01	06	22	03	2	Appennino pistoiese	74	6-7	4.67
F	1974	01	28	19	57	2	Appennino pistoiese	18	5	4.31
4	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
2	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86
2	1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	342	7	5.47
3-4	1988	02	08	11	24	4	Garfagnana	75	6	4.34
3	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
2	1997	12	24	17	53	1	Garfagnana	98	5	4.33
NF	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30
3	2016	10	30	06	40	1	Valnerina	379		6.61

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

- h_i - spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{S,i}$ - velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N - numero di strati;
- H - profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

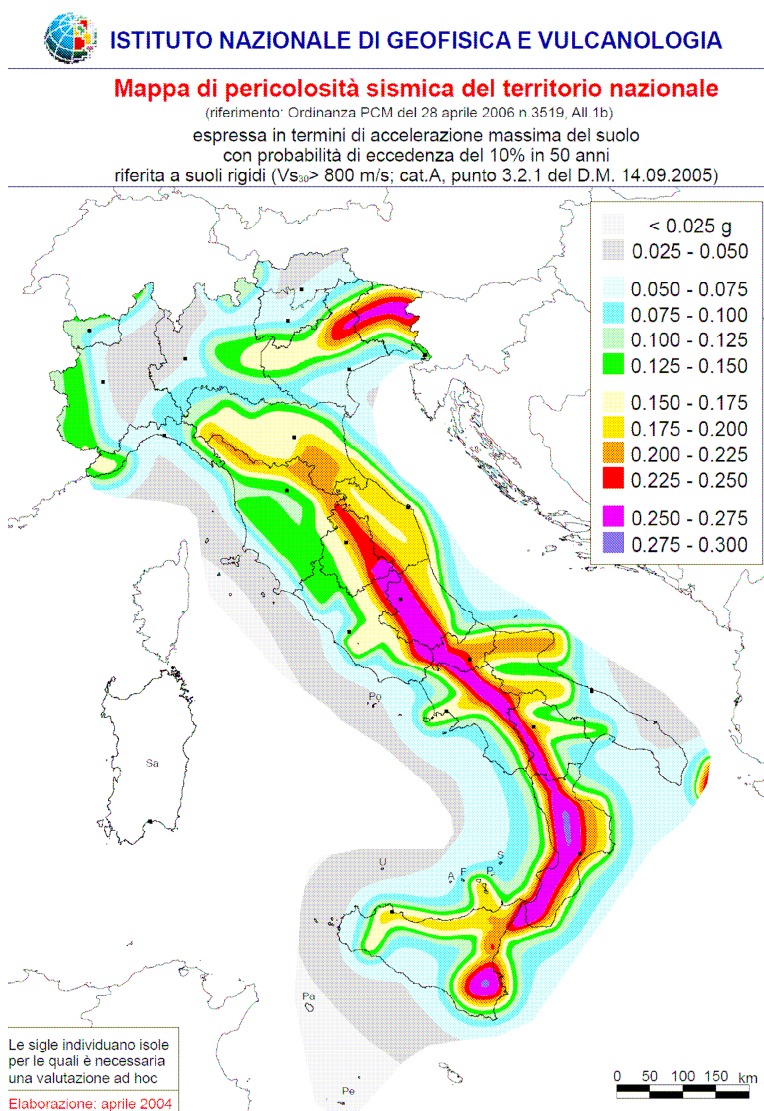
Le elaborazioni delle indagini geofisiche eseguite presentano un valore di V_{SEQ-30} pari a $V_{SEQ-30 MASW} = 510$ m/s e a $V_{SEQ-30 D-H} = 515$ m/s (allegato A).

Pertanto il substrato dell'area d'indagine è riconducibile alla categoria B che comprende "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

5.1 Azione Sismica

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) adottano un approccio prestazionale alla progettazione delle strutture nuove e alla verifica di quelle esistenti. Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione. La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.



dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: via W. Tabacchi, 125 - 41123 Modena - tel. 059/823020 - mob. 339/8264394 - e-mail. precigeo55@gmail.com

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali, che sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo ad a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica; a F_0 e T_c^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica. Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare la vita di riferimento VR della costruzione, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche. La vita nominale di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Vita nominale per diversi tipi di opere - TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale
Opere provvisorie - Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10 anni
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50 anni
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100 anni

In presenza di azioni sismiche le costruzioni sono suddivise in classi d'uso:

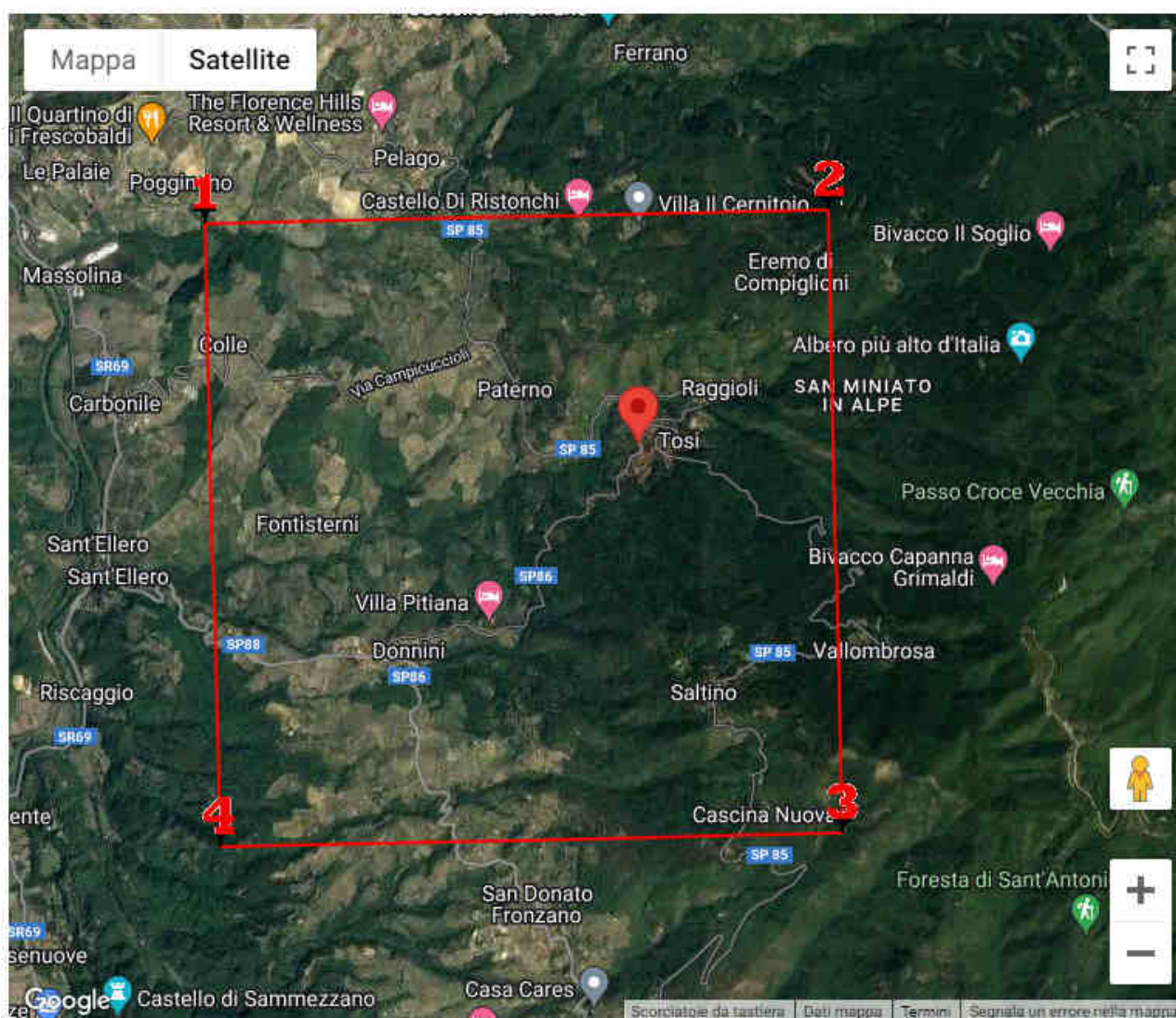
- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5 novembre 2001, n. 6792,

“Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

CLASSE D'USO			
I	II	III	IV
Coefficiente d'uso Cu			
0.7	1	1.5	2

Di seguito vengono riportati i dati sismici e i grafici degli spettri elastici SLU, ottenuti in relazione alle caratteristiche dell'opera in progetto per un terreno di tipo B.

Coordinate geografiche del punto - tipo di interpolazione: media ponderata



Sito in esame:

Coordinate ED50

latitudine: 43,750158
longitudine: 11,530660

Coordinate WGS84

latitudine: 43.749202
longitudine: 11.529684

Classe: 3
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 20062	Lat: 43,7677	Lon: 11,4825	Distanza: 4330,807
Sito 2	ID: 20063	Lat: 43,7689	Lon: 11,5517	Distanza: 2678,651
Sito 3	ID: 20285	Lat: 43,7189	Lon: 11,5533	Distanza: 3925,761
Sito 4	ID: 20284	Lat: 43,7177	Lon: 11,4842	Distanza: 5193,457

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T2
Periodo di riferimento: 75 anni
Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	45	[anni]
ag:	0,060	g
Fo:	2,540	
Tc*:	0,269	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	75	[anni]
ag:	0,073	g
Fo:	2,536	
Tc*:	0,280	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	712	[anni]
ag:	0,168	g
Fo:	2,414	
Tc*:	0,309	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	1462	[anni]
ag:	0,212	g
Fo:	2,411	
Tc*:	0,317	[s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii e fondazioni

SLO:

Ss: 1,200
Cc: 1,430
St: 1,200
Kh: 0,017
Kv: 0,009
Amax: 0,852
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200
Cc: 1,420
St: 1,200
Kh: 0,021
Kv: 0,011
Amax: 1,036
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,200
Cc: 1,390
St: 1,200
Kh: 0,058
Kv: 0,029
Amax: 2,377
Beta: 0,240

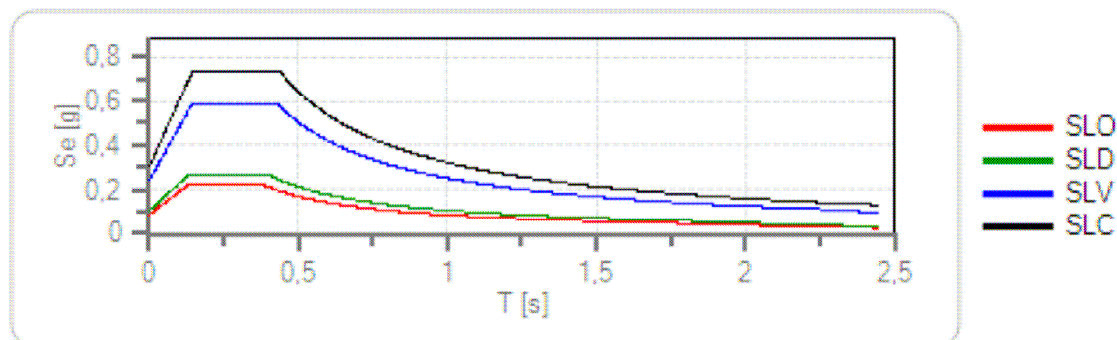
SLC:

Ss: 1,200
Cc: 1,380
St: 1,200
Kh: 0,085
Kv: 0,043
Amax: 2,988
Beta: 0,280

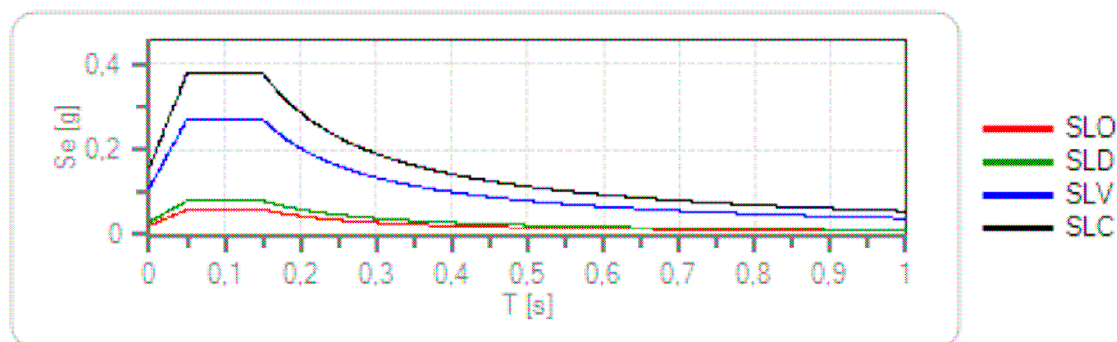
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1,5	0,060	2,540	0,269	1,200	1,430	1,200	1,440	1,000	0,128	0,385	1,841
SLD	1,5	0,073	2,536	0,280	1,200	1,420	1,200	1,440	1,000	0,132	0,397	1,893
SLV	1,5	0,168	2,414	0,309	1,200	1,390	1,200	1,440	1,000	0,143	0,430	2,273
SLC	1,5	0,212	2,411	0,317	1,200	1,380	1,200	1,440	1,000	0,146	0,437	2,446

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1,5	0,060	2,540	0,269	1,000	1,430	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1,5	0,073	2,536	0,280	1,000	1,420	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1,5	0,168	2,414	0,309	1,000	1,390	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1,5	0,212	2,411	0,317	1,000	1,380	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000

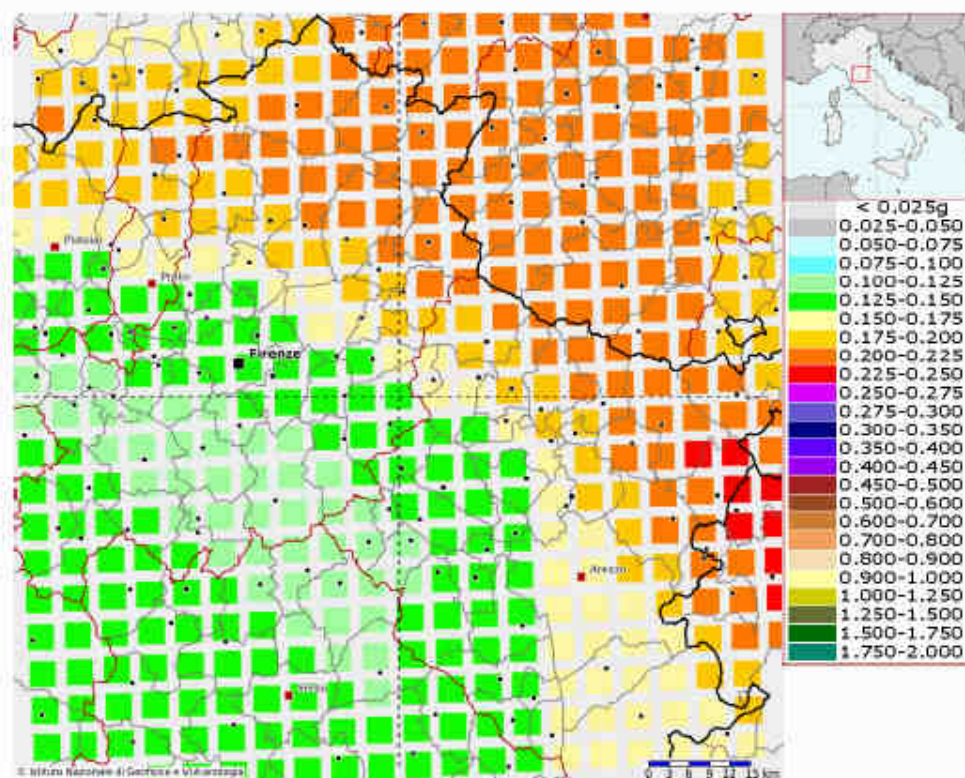
Tramite le Mappe interattive di pericolosità sismica (versione 1.1 - 31 luglio 2007) create in base alla Convenzione INGV-Dipartimento Protezione Civile 2004-2006, è possibile inoltre visualizzare e interrogare mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo 0.05° . Le mappe riportano due parametri dello scuotimento: $a(g)$ (accelerazione orizzontale massima del suolo, come definita dall'OPCM 3519/2006, corrispondente a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA) e $Se(T)$ (Spettro di risposta Elastico in funzione del periodo T , in accelerazione). L'unità di misura è g , vale a dire l'accelerazione di gravità, corrispondente a 9.8m/sec^2 . Per i soli valori di $a(g)$ è disponibile la relativa disaggregazione.



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)

Informazioni sul nodo con ID: 20285 - Latitudine: 43.719 - Longitudine: 11.553



La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g , l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, $V_{s30} > 800\text{ m/s}$) e pianeggiante.

Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID 20285 (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

Le mappe in a(g) sono state calcolate per differenti probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all'81%). Per ogni stima è disponibile la distribuzione del 50mo percentile (mappa mediana, che è la mappa di riferimento per ogni probabilità di superamento) e la distribuzione del 16mo e dell'84mo percentile che indicano la variabilità delle stime.

Le mappe in Se(T) sono state pure calcolate per le stesse probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all'81%) e per differenti periodi (in totale 10, da 0.1 a 2 secondi). Anche in questo caso per ogni stima è disponibile la distribuzione del 50mo percentile (mappa mediana, che è la mappa di riferimento per ogni probabilità di superamento) e la distribuzione del 16mo e dell'84mo percentile che indicano la variabilità delle stime.



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Disaggregazione di PGA con probabilità di accadenza del 10% in 50 anni											
Distanza in Km	Magnitudo										
	1.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	16.5000	21.5000	7.2500	0.4670	0.2110	0.0234	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	5.1700	13.1000	10.5000	5.8600	3.4000	0.4410	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0651	1.5000	3.1800	3.0100	2.4800	0.3910	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0349	0.8560	1.3400	0.9280	0.1710	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.1026	0.5780	0.4410	0.0399	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.1250	0.2270	0.0145	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0090	0.0963	0.0061	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0296	0.0025	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0045	0.0007	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 5.02 ; distanza = 12.3 ; epsilon = 1.2

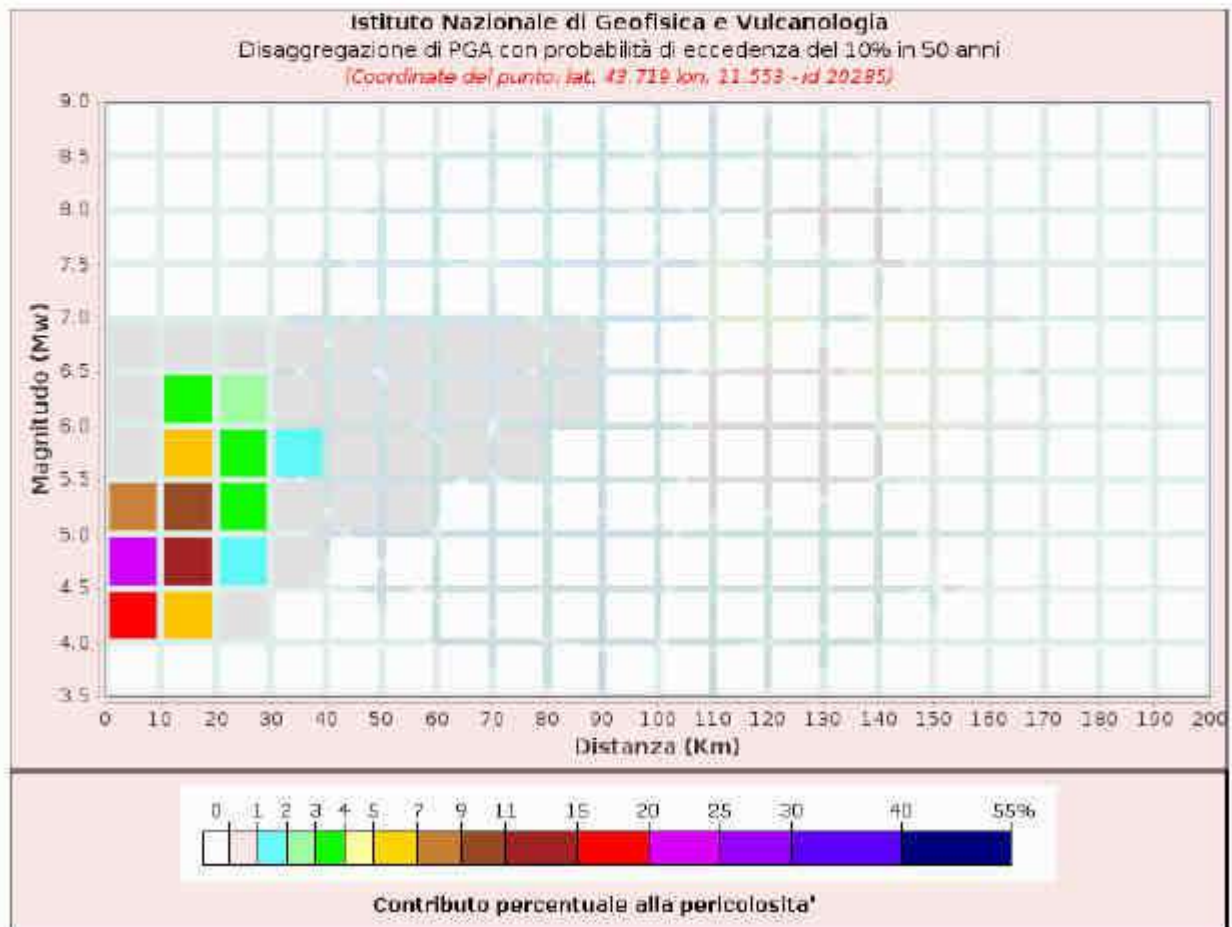


ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Grafico di disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.



Per ogni singolo nodo della griglia di riferimento è possibile richiedere il dettaglio in forma grafica e tabellare del parametro dello scuotimento visualizzato, attraverso lo strumento Grafico sul nodo griglia. Dalla mappa in a(g) si otterrà, per ogni nodo, la corrispondente curva di hazard (andamento di a(g) per le diverse probabilità annuali di superamento); dalla mappa in Se(T), si otterranno i cosiddetti UHS (Uniform Hazard Spectra = Spettri a Pericolosità Uniforme) per le diverse probabilità di eccedenza in 50 anni. Per ogni singolo nodo della griglia di riferimento è possibile richiedere il dettaglio in forma grafica e tabellare dell'analisi di disaggregazione (vale a dire il contributo delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza alla pericolosità del nodo)

della relativa $a(g)$, utilizzando lo strumento Grafico di disaggregazione. Per lo stesso nodo si otterranno anche i valori medi di $M-D-\varepsilon$ (magnitudo, distanza, epsilon).

L'analisi della disaggregazione dei valori di $a(g)$ riporta, per ogni nodo della griglia di calcolo, la valutazione del contributo percentuale alla stima di pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori di magnitudo e distanza. Per ogni nodo della griglia sono anche riportati, dopo la tabella, i valori medi di $M-D-\varepsilon$. Questo tipo di analisi è utile nell'individuazione della sorgente sismogenetica che contribuisce maggiormente a produrre il valore di scuotimento stimato in termini probabilistici ed è utile in analisi di microzonazione.



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Riferimenti

La descrizione della costruzione del modello di pericolosità sismica MPS04 è contenuta nel sito <http://zonesismiche.mi.ingv.it>

La descrizione della stima di tutti i parametri è contenuta nel sito <http://esse1.mi.ingv.it>, da cui si può accedere anche alle mappe interattive.

Per quanto riguarda le analisi di disaggregazione, i dettagli sono disponibili nella pagina del deliverable D14 del progetto S1 (<http://esse1.mi.ingv.it/d14.html>).

La pubblicazione scientifica di riferimento è:

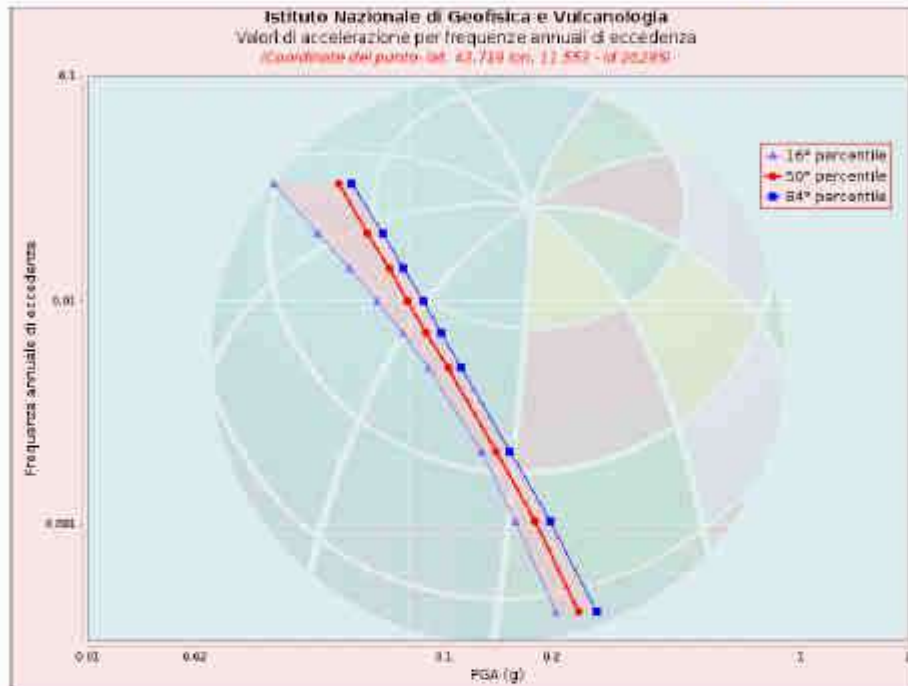
Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Crowley H., Calvi G.M., Boschi E., 2011. Seismic Hazard Assessment (2003-2009) for the Italian Building Code. Bull. Seismol. Soc. Am. 101(4), 1885-1911. DOI: 10.1785/0120100130.



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Curva di pericolosità

La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.



Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza			
Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.206	0.239	0.268
0.0010	0.159	0.181	0.200
0.0021	0.128	0.140	0.153
0.0050	0.091	0.103	0.112
0.0071	0.077	0.089	0.098
0.0099	0.065	0.079	0.088
0.0139	0.054	0.070	0.077
0.0199	0.044	0.061	0.068
0.0332	0.033	0.051	0.055

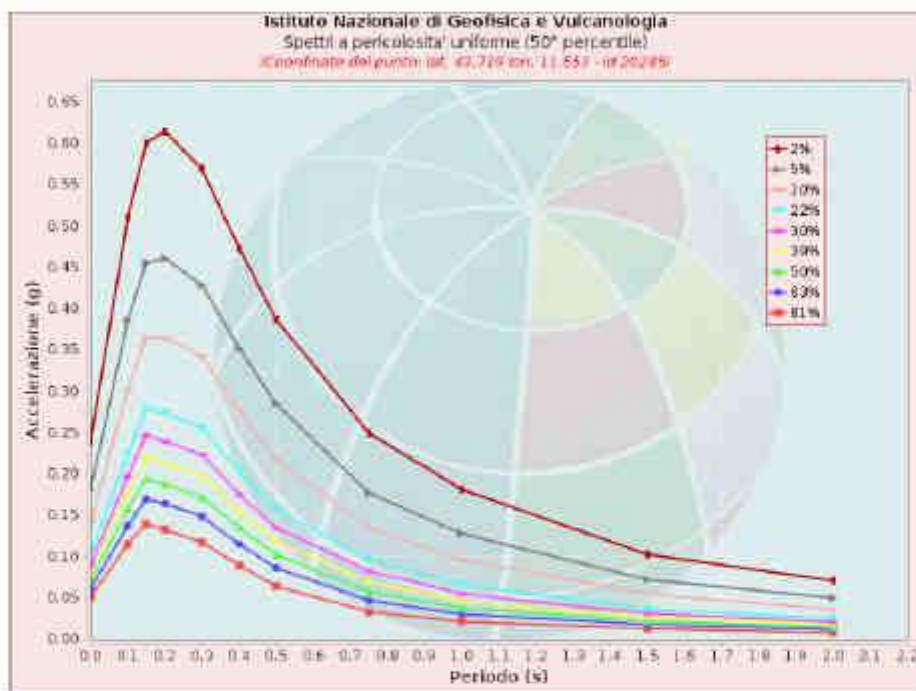


ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Spettri a pericolosità uniforme

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50° percentile) proposte dal modello di pericolosità.

I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.



Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)											
PoE in 50 anni	Accelerazione (g)										
	Periodo (s)										
	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.239	0.510	0.600	0.614	0.569	0.473	0.387	0.249	0.181	0.102	0.071
5%	0.181	0.386	0.455	0.460	0.428	0.352	0.284	0.177	0.127	0.072	0.049
10%	0.140	0.302	0.365	0.364	0.342	0.275	0.218	0.133	0.097	0.054	0.036
22%	0.103	0.223	0.279	0.272	0.256	0.202	0.157	0.096	0.066	0.036	0.025
30%	0.089	0.197	0.247	0.239	0.223	0.175	0.135	0.082	0.054	0.031	0.020
39%	0.079	0.176	0.220	0.214	0.196	0.153	0.118	0.069	0.045	0.026	0.017
50%	0.070	0.157	0.194	0.187	0.171	0.135	0.102	0.057	0.037	0.022	0.014
63%	0.061	0.137	0.169	0.164	0.148	0.115	0.086	0.046	0.030	0.018	0.011
81%	0.051	0.114	0.139	0.132	0.117	0.089	0.064	0.033	0.021	0.013	0.008

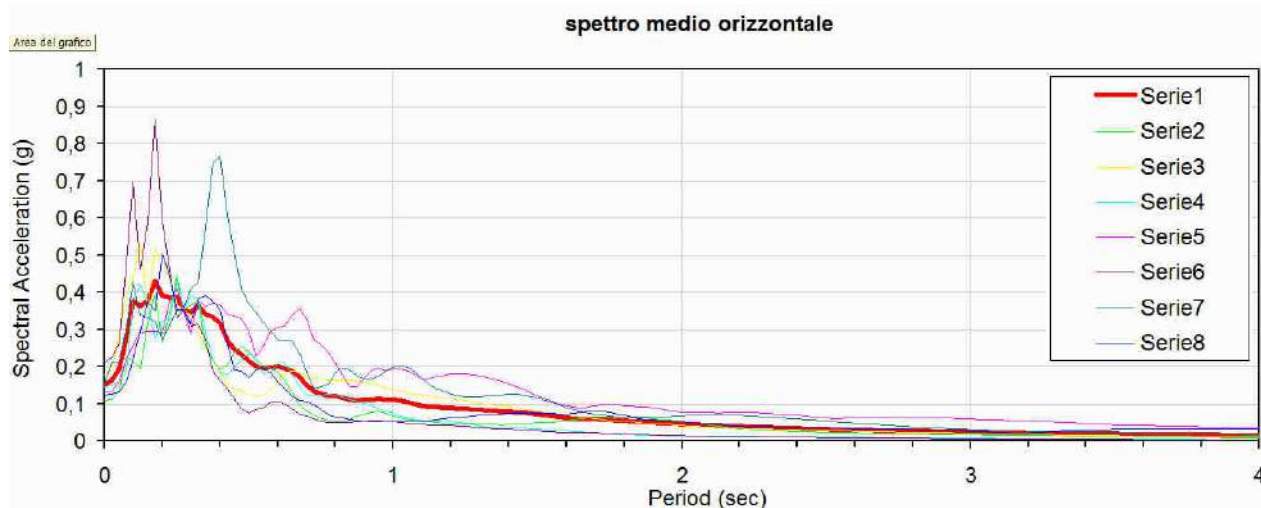
Per quanto riguarda l'analisi di RSL di III livello, si procede secondo la pubblicazione "DEFINIZIONE DI INPUT SISMICI SISMOCOMPATIBILI E SPETTROCOMPATIBILI PER I COMUNI DELLA REGIONE TOSCANA - Accordo di Collaborazione Scientifica tra la Regione Toscana ed il Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura dell'Università di Pavia" (2015).

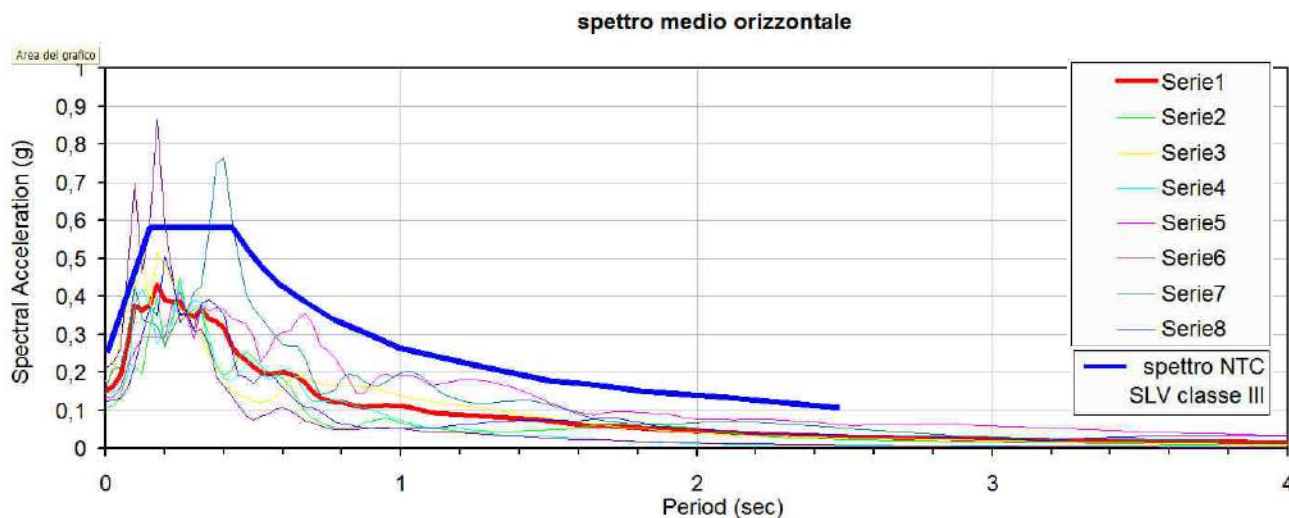
In particolare viene fornito, dalla regione Toscana, il software SCALCONA 3.0, che effettua automaticamente la scalatura lineare degli accelerogrammi selezionati in modo da ottenere l'input sismico per un sito qualsiasi ricadente all'interno del territorio toscano (incluse le isole) per i periodi di ritorno di 50, 75, 101, 201, 475, 712, 949, 1462, 1950 e 2475 anni. Tale software fornisce l'input sismico non solo in termini di accelerazione (sismogrammi e spetti di risposta), ma anche in termini di storie temporali in velocità e spostamento.

Gli accelerogrammi reali vengono ottenuti dalle seguenti banche dati:

- ESM - European Strong-Motion database - versione 0.1 (<http://esm.mi.ingv.it>). ESM working group (2015). European Strong-Motion database, version 0.1, Network Activity 3: Networking acceleration networks and SM data users. Project NERA (www.nera-eu.org)
- ITACA - Italian ACcelerometric Archive - versione 2.0 (<http://itaca.mi.ingv.it>, Luzi et al., 2008; Pacor et al., 2011)
- NGA-West2 (peer.berkeley.edu/ngawest2). PEER 2013/03 – PEER NGA-West2 Database, by: Timothy D. Ancheta, Robert B. Darragh, Jonathan P. Stewart, Emel Seyhan, Walter J. Silva, Brian S.J. Chiu, Katie E. Wooddell, Robert W. Graves, Albert R. Kottke, David M. Boore, Tadahiro Kishida, and Jennifer L. Donahue.
- KiK-net (Kiban-Kyoshin network, <http://www.kyoshin.bosai.go.jp>).

L'analisi di RSL di III livello è stata sviluppata considerando i 7 accelerogrammi spettrocompatibili forniti dal software SCALCONA 3.0 per il Comune di Reggello, ottenendo lo spettro medio di risposta in accelerazione riferito al sito in esame, per un periodo di ritorno di 475 anni con smorzamento $\zeta = 5\%$:





Risulta comunque che lo spettro di risposta sismica ricavato secondo le NTC (SLV orizzontale) per un terreno di tipo B, presenta valori mediamente superiori rispetto a quello ottenuto mediante l'analisi sismica di III livello, e può quindi essere adottato dal progettista in quanto ancora più cautelativo. Gli scostamenti tra i valori medi degli spettri, riportati in relazione, e i valori minimi o massimi ottenuti dal codice di calcolo utilizzato, sono comunque influenti per quanto riguarda l'analisi sismica del sito.

6. Considerazioni conclusive

La presente relazione è stata eseguita in riferimento agli interventi in progetto per la messa in sicurezza e sistemazione di un tratto stradale della SP 86 in località Tosi, nel territorio comunale di Reggello, interessato da instabilità del versante.

Le indagini geognostiche e geofisiche allegate alla presente relazione, hanno permesso di definire le caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni dell'area in oggetto e trarre le seguenti conclusioni:

- l'area in esame ricade nel bacino del Fiume Arno, caratterizzato da affioramenti di formazioni appartenenti ai Complessi di Base delle Unità Liguri e alla Successione Epiligure e Subligure appartenente al Dominio Toscano. In particolare l'area di intervento presenta un substrato prevalentemente arenaceo riferibile alla formazione del Monte Falterona.
- In base alla cartografia PAI - Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno, il sito in esame è classificato in zona di pericolosità da frana - P.F.4. E' noto infatti che l'abitato di Tosi è caratterizzato da alcuni corpi franosi quiescenti e/o attivi, rimobilizzatisi durante gli anni '90 e poi intetressati da movimenti periodici fino ai giorni nostri.
- Nel sito di intervento, tali dissesti interessano la fascia della SP 86 e quella immediatamente a monte e si sviluppano fino al fondovalle del Torrente Vicano.

- In generale i pendii risultano caratterizzati da un'acclività da media a elevata, che naturalmente favorisce la spinta gravitazionale e quindi l'instabilità del versante, che interessa non solo la copertura detritica, ma in certi punti anche una porzione del substrato arenaceo sottostante.
- A partire dai primi anni 2000 sono state eseguite numerose indagini geognostiche, ubicate nell'abitato di Tosi, con sondaggi a carotaggio continuo poi muniti di inclinometri, che hanno evidenziato la presenza di movimenti profondi, prossimi alle massime profondità raggiunte a circa - 25.0 m dal piano di riferimento.
- In base ai risultati dei sondaggi a carotaggio continuo, sono emerse differenze stratigrafiche tra l'area di ubicazione di S1 e quella di S2.
- In entrambi i punti di indagine è presente uno strato superficiale di circa 1.40 m di spessore, costituito da asfalto e sottostanti materiali di riporto eterogenei della sede stradale.
- Nell'ubicazione di S1, fino a -5.50 m si riscontra una copertura di versante limo-argillosa con detriti di arenaria e/o siltite, seguita fino alla massima profondità di indagine di -40 m, da spesse alternanze di flysch con arenarie e siltiti; le siltiti in generale risultano fratturate. Tra queste alternanze di flysch si individuano intercalazioni di orizzonti limo-argillosi con inglobati detriti di arenaria a siltite, come tra -13.50/-14.50 m e tra -35.80/-37.40 m.
- Tali orizzonti limo-argillosi possono costituire dei livelli di potenziale scivolamento, nell'ambito della colonna stratigrafica ottenuta.
- Nell'ubicazione di S2, oltre la profondità di -1.40 m dei primi materiali di riporto della sede stradale e fino alla massima profondità di indagine di -40 m, si riscontra una stratigrafia più uniforme tipica dei flysch, con spesse alternanze di arenarie più o meno compatte/fratturate e siltiti; le siltiti in generale risultano fratturate. E' possibile la presenza di un riempimento limo-argilloso delle fratture fino a -12 m di profondità ed è presente un livello limo-argilloso tra -38.20/-38.70 m.
- Non è stata rilevata la presenza di una falda nei fori di sondaggio. Si possono comunque verificare periodiche escursioni del livello piezometrico in senso positivo e/o venute d'acqua, legate alla normale variabilità stagionale o ad eventi meteorici eccezionali.
- In base alle elaborazioni delle prove SPT effettuate, il substrato arenaceo non alterato presenta una compattezza molto elevata, con valori di SPT massimi a rifiuto strumentale.
- In relazione alla classificazione sismica l'area rientra in zona 3 e il profilo stratigrafico del terreno nell'area di intervento è riconducibile alla categoria B che comprende "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

- Lo spettro di risposta sismica ricavato secondo le NTC (SLV orizzontale) per un terreno di tipo B, presenta valori mediamente superiori rispetto a quello ottenuto mediante l'analisi sismica di III livello, e può quindi essere adottato dal progettista in quanto ancora più cautelativo.

Da quanto sopra riportato, si ritengono sufficientemente documentate le condizioni geologiche geotecniche e sismiche del sito in esame, ai sensi del DM 17/01/2018 Norme Tecniche per le Costruzioni.

ALLEGATI

A. Indagini geognostiche - Indagini geofisiche - Prove di laboratorio

Modena, 30 aprile 2024

dott. geol. Claudio Preci



INDAGINI GEOGNOSTICHE - INDAGINI GEOFISICHE - PROVE DI LABORATORIO

ALLEGATO A

INDAGINI GEOGNOSTICHE**Relazione Tecnica****COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Firenze**OGGETTO:** *INDAGINI GEOGNOSTICHE a supporto della Progettazione/Relazione Geologica***CANTIERE:** SP 86 (Reggello - Donnini - Tosi), Loc. Tosi - Reggello (FI)**RAPPORTO RELATIVO ALLA CAMPAGNA D'INDAGINE ESEGUITA
DAL 25 GENNAIO AL 5 FEBBRAIO 2024****BIERREGI s.r.l.**
IL RESPONSABILE TECNICO
Dott. Geol. *Francesco Rossi*

INDICE

1. - Premessa.....	2
2. - Sondaggi geognostici.....	2
2.1 - Prova SPT (Standard Penetration Test).....	3
2.2 - Documentazione fotografica	4
3. - Conclusioni	11

FIGURE

Fig. 1 : COROGRAFIA (CTR Regione Toscana - Foglio 276070)

Fig. 2 : UBICAZIONE INDAGINI (CTR Regione Toscana - Foglio 276070)

ALLEGATI

All. A : LOGs STRATIGRAFICI DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI

1. - Premessa

Per incarico ricevuto da **Città Metropolitana di Firenze**, sono state eseguite indagini geognostiche a supporto della Progettazione/Relazione Geologica. Nell'area oggetto di studio, sita presso la strada provinciale SP 86 (Reggello - Donnini - Tosi), in Loc. Tosi nel Comune di Reggello (FI), sono state eseguite le seguenti indagini:

- n° 1 Sondaggio geognostico a carotaggio continuo attrezzato a down-hole;
- n° 1 Sondaggio geognostico a carotaggio continuo attrezzato a inclinometro.

L'area e la logistica delle indagini è riportata rispettivamente in figura 1 (Corografia) e in figura 2 (Ubicazione indagine).

2. - Sondaggi geognostici

I sondaggi geognostici sono stati eseguiti mediante una Sonda Comacchio GEO 405. A seguire si riporta schematicamente un quadro riassuntivo delle specifiche dei sondaggi eseguiti:

Sondaggio n°	Data di esecuzione	Profondità (m)	Certificato	Attrezzatura foro	Coordinate Gauss-Boaga	
					X	Y
S1-IN	25-29/01/2024	40,00	BHc-020/24	Inclinometro	1703701,5966	4847148,1707
S2-DH	30/01-05/02/2024	40,00	BHc-019/24	Down-Hole	1703708,4320	4847127,5967

Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi, costantemente seguiti e diretti da un Geologo di cantiere, sono state effettuate le seguenti operazioni:

- Raccolta in apposite cassette catalogatrici del materiale estratto (totale n. 16);
- Esecuzione di prove S.P.T. standard (totale n. 24);
- Prelievo di campioni indisturbati - Shelby (totale n. 1);
- Prelievo di campioni semi-disturbati (totale n. 3);
- Prelievo di campioni litoidi (totale n. 4);
- Prelievo di campioni rimaneggiati (totale n. 9);
- Documentazione fotografica

Al termine della perforazione il sondaggio S1-IN è stato attrezzato con tubo inclinometrico in alluminio fino a fondo foro ($\varnothing = 88,9$ mm) per consentire operazioni di monitoraggio in seguito alla messa in opera, mentre il sondaggio S2-DH è stato attrezzato con tubo in pvc fino a fondo foro ($\varnothing=3'' - 88,9$ mm), per

l'esecuzione della prova sismica in foro (down-hole). Le tubazioni installate sono state infine protette con appositi pozzetti carrabili.

Tutte le informazioni raccolte durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici sono contenute nei relativi logs stratigrafici riportati in allegato (All.A) e documentazione fotografica (Par. 2.2).

2.1 - Prova SPT (Standard Penetration Test)

La prova S.P.T. consiste nel registrare il numero di colpi necessari per far penetrare di 45 cm nel terreno a fondo foro un tubo campionatore di dimensioni standard, collegato alla superficie mediante batteria di aste in testa alle quali agisce un maglio del peso di 63.5 kg che cade liberamente da un'altezza di 0.76 m. Durante la prova si misura si registrano i seguenti dati:

- N_1 = numero di colpi di maglio necessari a provocare l'avanzamento del campionatore per i primi 15 cm, assunti come tratto di "avviamento";
- N_2 = numero di colpi che provoca la penetrazione del campionatore nei successivi 15 cm;
- N_3 = numero di colpi necessari per gli ultimi 15 cm di avanzamento.

Si assume come resistenza alla penetrazione il valore:

$$N_{SPT} = N_2 + N_3$$

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici sono state eseguite n. 24 prove SPT standard, tutte eseguite con campionatore *Raymond*. Di seguito sono riportati i dati raccolti (numero dei colpi):

SONDAGGIO S1-IN

N° SPT	Profondità d'indagine				N_1	N_2	N_3	N_{SPT}
1	2.10	÷	2.55	m	9	5	9	14
2	4.50	÷	4.95	m	17	3	5	8
3	6.00	÷	6.22	m	31	>50	-	>50
4	10.50	÷	10.91	m	18	27	>50	>50
5	15.00	÷	15.03	m	>50	-	-	>50
6	18.00	÷	18.03	m	>50	-	-	>50
7	20.65	÷	21.10	m	15	25	33	58
8	22.70	÷	22.98	m	18	>50	-	>50
9	26.00	÷	26.34	m	28	42	>50	>50
10	28.00	28	28.45	m	21	15	>50	>50
11	32.00	28	32.45	m	31	37	41	78
12	36.00	28	36.28	m	38	>50	-	>50

SONDAGGIO S2-DH

N° SPT	Profondità d'indagine				N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}
1	1.50	÷	1.95	m	27	33	37	70
2	3.00	÷	3.22	m	41	>50	-	>50
3	5.00	÷	5.45	m	4	7	15	22
4	7.50	÷	7.54	m	>50	-	-	>50
5	10.50	÷	10.55	m	>50	-	-	>50
6	15.00	÷	15.03	m	>50	-	-	>50
7	18.00	÷	18.02	m	>50	-	-	>50
8	22.50	÷	22.54	m	>50	-	-	>50
9	24.00	÷	24.03	m	>50	-	-	>50
10	27.00	÷	27.02	m	>50	-	-	>50
11	31.50	÷	31.53	m	>50	-	-	>50
12	38.50	÷	38.76	m	38	>50	-	>50

2.2 - Documentazione fotografica

A seguire viene riportata la documentazione fotografica del sondaggio eseguito:



Figura 1: Postazione del sondaggio S1-IN



Figura 2: Sondaggio S1-IN - Casseta n.1 da 0.00 a 5.00 metri



Figura 3: Sondaggio S1-IN - Casseta n.2 da 5.00 a 10.0 metri



Figura 4: Sondaggio S1-IN - Casseta n.3 da 10.0 a 15.0 metri



Figura 5: Sondaggio S1-IN - Casseta n.4 da 15.0 a 20.0 metri



Figura 6: Sondaggio S1-IN - Casseta n.5 da 20.0 a 25.0 metri



Figura 7: Sondaggio S1-IN - Casseta n.6 da 25.0 a 30.0 metri



Figura 8: Sondaggio S1-IN - Cassetta n.7 da 30.0 a 35.0 metri



Figura 9: Sondaggio S1-IN - Cassetta n.8 da 35.0 a 40.0 metri



Figura 10: Postazione del sondaggio S2-DH



Figura 11: Sondaggio S2-DH - Cassetta n.1 da 0.00 a 5.00 metri



Figura 12: Sondaggio S2-DH - Cassetta n.2 da 5.00 a 10.0 metri



Figura 13: Sondaggio S2-DH - Cassetta n.3 da 10.0 a 15.0 metri



Figura 14: Sondaggio S2-DH - Cassetta n.4 da 15.0 a 20.0 metri



Figura 15: Sondaggio S2-DH - Cassetta n.5 da 20.0 a 25.0 metri



Figura 16: Sondaggio S2-DH - Cassetta n.6 da 25.0 a 30.0 metri



Figura 17: Sondaggio S2-DH - Cassetta n.7 da 30.0 a 35.0 metri



Figura 18: Sondaggio S2-DH - Cassetta n.8 da 35.0 a 40.0 metri

3. - Conclusioni

Sulla base dei dati raccolti sul campo e delle elaborazioni eseguite, è stato possibile evidenziare quanto segue:

I sondaggi geognostici hanno permesso di ricavare la stratigrafia e i parametri geomeccanici del terreno investigato, grazie alle prove SPT eseguite a fondo foro durante l'avanzamento della perforazione.

L'analisi specifica dei dati elaborati rimane comunque a carico del "geologo/ingegnere" responsabile delle indagini.

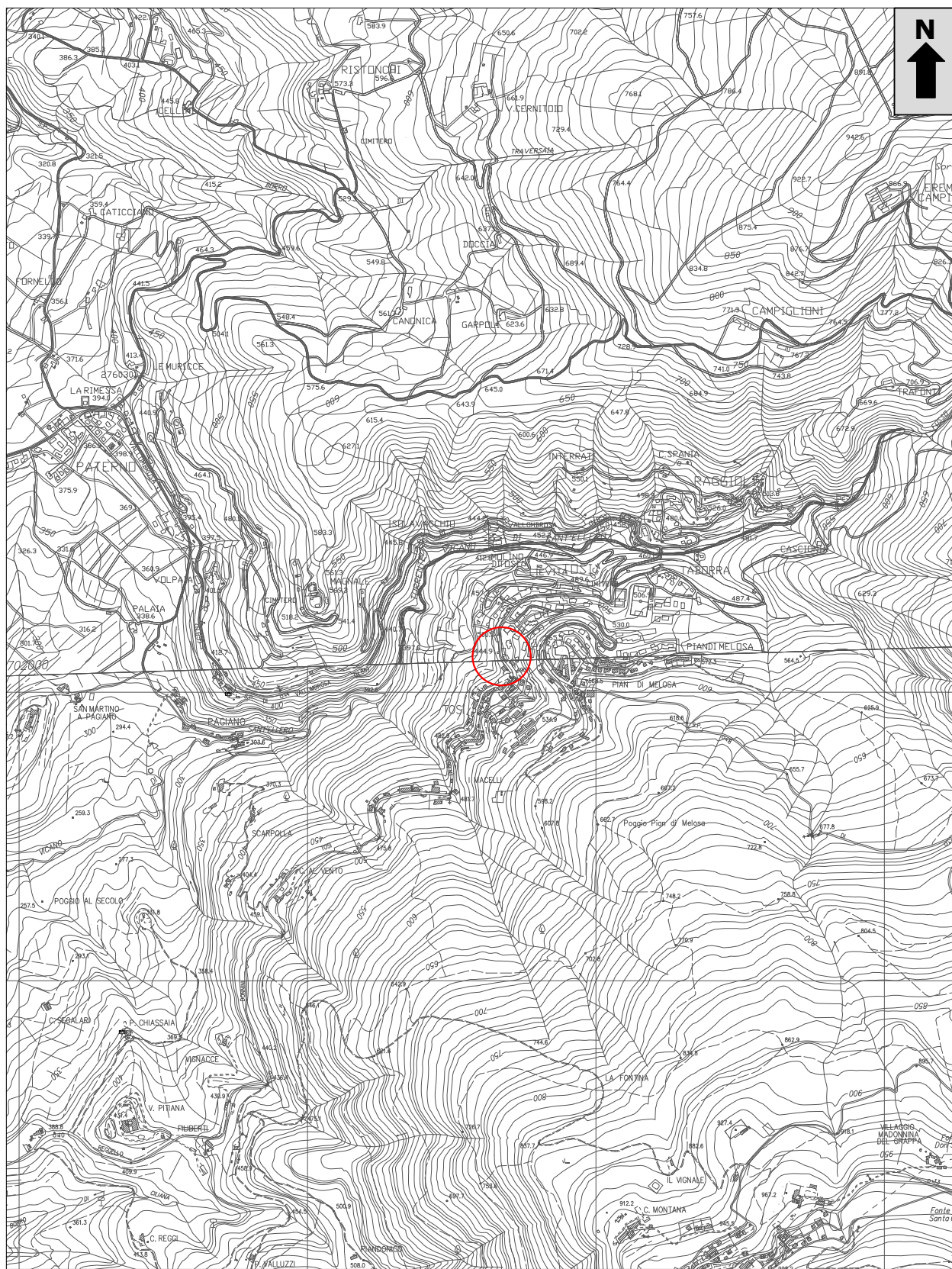
Per ulteriori dettagli sulle indagini svolte si rimanda al relativo allegato (All.A).

Lucca, Febbraio 2024

BIERREGI srl
Il Responsabile Tecnico
Dott. Geol. Francesco Rossi
BIERREGI s.r.l.
IL RESPONSABILE TECNICO
Dott. Geol. Francesco Rossi

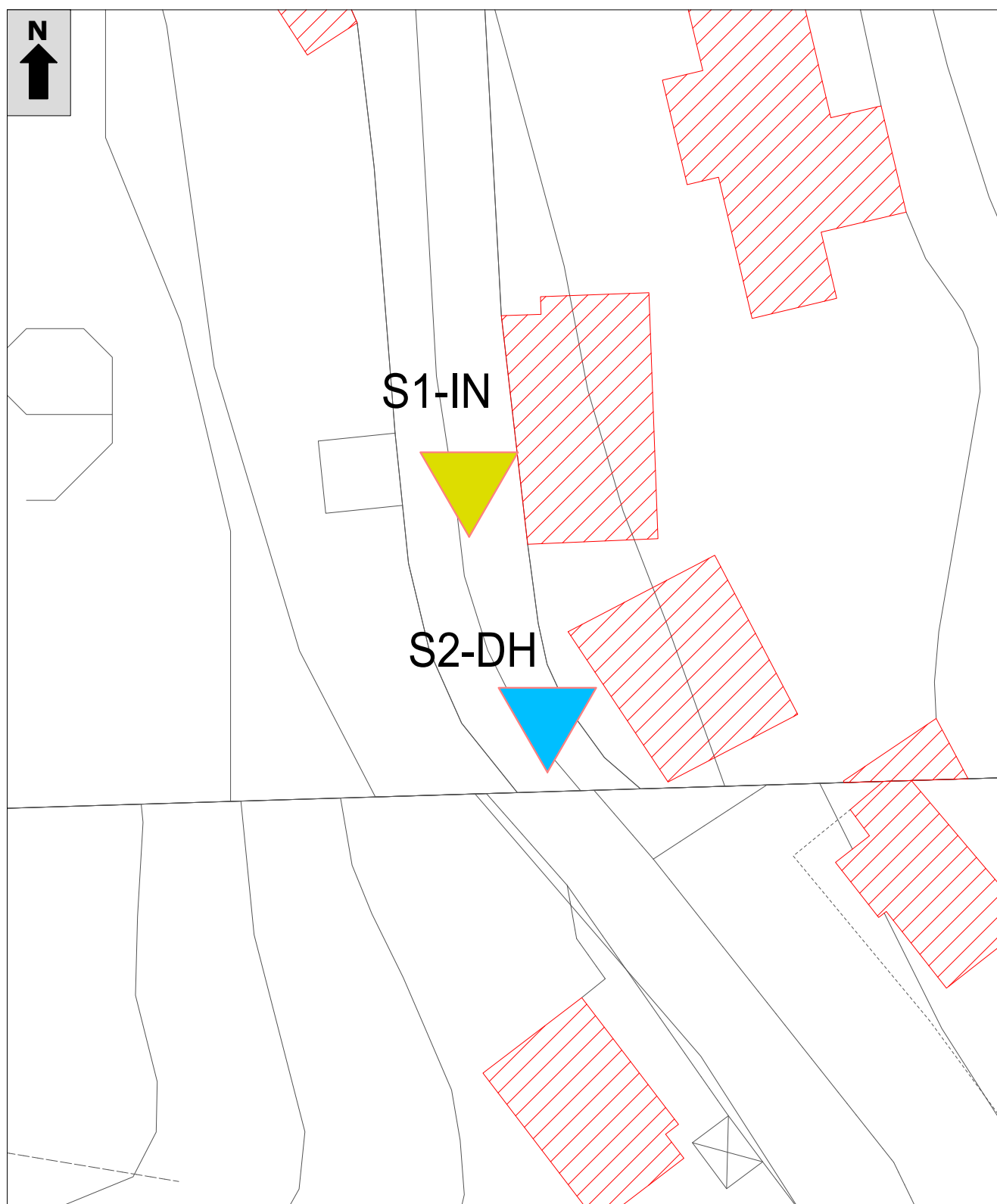


FIG. 1 - COROGRAFIA
(CTR Regione Toscana - Foglio 276070 - Scala 1:20'000)



 - Area d'indagine

FIG.2 - UBICAZIONE INDAGINI
(C.T.R. Regione Toscana - Foglio 276070 - Scala 1:500)



S1-IN



- Sondaggio a carotaggio continuo
attrezzato a inclinometro

S2-DH



- Sondaggio a carotaggio continuo
attrezzato a down-hole

Allegato A

Logs Stratigrafici dei Sondaggi Geognostici

S1-IN (BHc-020/24)

Profondità 40,00 m

S2-DH (BHc-019/24)

Profondità 40,00 m

Committente Città Metropolitana di Firenze	Cantiere S.P. 86 (Reggello - Donnini - Tosi), loc. Tosi - Reggello (FI)	Commessa 24 010	Sondaggio S1-IN
Coordinate Gauss-Boaga X=1703701.5966 Y=4847148.1707	Quota ≈ 500.5 m.s.l.m.	Operatore Vito Stabile	Attrezzatura Comacchio Geo 405
		Data di esecuzione 30 Gen. - 02 Feb. 2024	Profondità 40.0 metri

30/01/2024 DATA				31/01/2024																																							
Diametro foro Ø 101		Modalità di esecuzione Rotazione		Utensile di perforazione CAROTIERE DOPPIO (Corona Diamantata)		Rivestimento 40,00 metri (Ø 127)		CAROTAGGIO % recupero		Scala (m)		STRATIGRAFIA		DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI		FALDA		COMPLETAMENTO			CAMPIONI			PROVE IN SITU																			
								10 30 50 70 90		15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30								Piezometro		Down-Hole		Inclinometro		Estensimetro		Quota prelievo (m)		Sigla/ Tipologia		Profondità (m)		S.P.T. (n colpi) Rif. (3cm)		Pocket (kPa)		Vane Test (kPa)		R.Q.D. (%)		Prova Leifranc		Prova Lugeon	
														ALTERNANZE DI ARENARIE GRIO CHIARE E SILTITI GRIGIO SCURE DA MEDIAMENTE A MOLTO FRATTURATE																15,0 15,03 (3cm)		SPT 5 Rif. (3cm)						40,6 %					
																																						31,1 %					
																																						83,0 %					
																																						37,0 %					
																																						37,0 %					
																																						35,5 %					
																																						57,1 %					
																																						00,0 %					
																																						30,0 %					
																																						27,0 %					
																																						00,0 %					
																																						11,0 %					
																																						30,0 %					
																																						00,0 %					

SIGLE CAMPIONI: S = Shelby (nr. 1) R = Rimanecciato (nr. 4) L = Litoide (nr. 2) O = Osterberg (nr.) M = Mazier (nr.) D = Denison (nr.) SD = Semi-disturbato (nr. 1)	NOTE: Cassette: n. 8 SPT eseguiti: n. 12 Pozzetto d'ispezione: Si (Carrabile) Tubo inclinometrico: 40 metri Dati stratigrafici: Geologo Giacomo Gazzurra
--	--

Committente Città Metropolitana di Firenze	Cantiere S.P. 86 (Reggello - Donnini - Tosi), loc. Tosi - Reggello (FI)	Commessa 24 010	Sondaggio S1-IN
Coordinate Gauss-Boaga X=1703701.5966 Y=4847148.1707	Quota ≈ 500.5 m.s.l.m.	Operatore Vito Stabile	Attrezzatura Comacchio Geo 405
		Data di esecuzione 30 Gen. - 02 Feb. 2024	Profondità 40.0 metri

DATA	Diametro foro Ø 101	Modalità di esecuzione Rotazione Carotaggio continuo CAROTIERE DOPPIO (Corona Diamantata)	Utensile di perforazione	Rivestimento 40,00 metri (Ø 127)	CAROTAGGIO % recupero	Scala (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI	FALDA	COMPLETAMENTO				CAMPIONI		PROVE IN SITU							
										Piezometro	Down-Hole	Inclinometro	Estensimetro	Quota prelievo (m)	Segla/ Tipologia	Profondità (m)	S.P.T. (n colpi)	Pocket (kPa)	Vane Test (kPa)	R.Q.D. (%)	Prova Leifranc	Prova Lugeon	
31/01/2024						30														38,0 %			
						31		SILTITI MOLTO FRATTURATE CON RARI LIVELLI CENTIMETRICI DI ARENARIA												00,0 %			
01/02/2024						32											SPT 11 32,0 31 32,45 41			00,0 %			
						33													0,0 %				
						34		33,90 ARENARIA FRATTURATA											36,0 %				
						35													42,0 %				
02/02/2024						36		35,80 LIMO ARGILLOSO CON FRAMMENTI DI ROCCIA DI ARENARIA E SILTITE									SPT 12 36,0 38 Rif. 36,26 (3cm)			00,0 %			
						37		37,40											00,0 %				
						38		SILTITI MOLTO FRATTURATE CON RARI LIVELLI CENTIMETRICI DI ARENARIA											28,0 %				
						39													25,0 %				
						40		40,00 m - FINE PERFORAZIONE															
						41																	
						42																	
						43																	
						44																	
						45																	

SIGLE CAMPIONI:
S = Shelby (nr. 1)
R = Rimaneggiato (nr. 4)
L = Litoide (nr. 2)
O = Osterberg (nr.)
M = Mazier (nr.)
D = Denison (nr.)
SD = Semi-disturbato (nr. 1)

NOTE:
Cassette: n. 8
SPT eseguiti: n. 12
Pozzetto d'ispezione: SI (Carrabile)
Tubo inclinometrico: 40 metri
Dati stratigrafici: Geologo Giacomo Gazzurra

Committente Città Metropolitana di Firenze	Cantiere S.P. 86 (Reggello - Donnini - Tosi), loc. Tosi - Reggello (FI)	Commessa 24 010	Sondaggio S2-DH
Coordinate Gauss-Boaga X=1703708.4320 Y=4847127.5967	Quota ≈ 500.5 m.s.l.m.	Operatore Vito Stabile	Attrezzatura Comacchio Geo 405
		Data di esecuzione 25-29 Gennaio 2024	Profondità 40.0 metri

DATA	Diametro foro Ø 101	Modalità di esecuzione	Utensile di perforazione (Corona Widia)	Rivestimento 40,00 metri (Ø 127)	CAROTAGGIO % recupero	Scaletta (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI	FALDA	COMPLETAMENTO				CAMPIONI										PROVE IN SITU												
										Piezometro	Down-Hole	Inclinometro	Estensimetro	Quota prelievo (m)	Segna- tipologia	Profondità (m)	S.P.T. (n colpi)	Pocket (kPa)	Vane Test (kPa)	R.Q.D. (%)	Prova Lefranc	Prova Lugeon	SPT 1 27 33 37	SPT 2 41 Rif. (7cm)	SPT 3 4 7 15	SPT 4 Rif. (4cm)	SPT 5 Rif. (5cm)	50,6 %	34,0 %	49,0 %	18,6 %	51,6 %				
25/01/2024		Rotazione Carotaggio continuo	CAROTIERE SEMPLICE (Corona Widia)					0,20 ASFALTO																												
						1		TERRENO DI RIPO						-1,30	S1CR1 (R)	-1,50																				
						2		SILTITI GRIGIO SCU						-1,80																						
						3		FRATTURATE IN M						-2,00	S1CR2 (R)	-1,95																				
						4		ARGILLOSA GRIGIA						-2,40																						
						5								-3,00	S1CR3 (R)	-3,00																				
						6								-3,40		-3,22																				
						7								-4,00	S1CR4 (R)																					
						8								-4,50																						
						9								-5,00	S1CR5 (R)	-5,00																				
						10								-5,45	S2C1 (SD)	-5,45																				
						11								-5,80																						
						12																														
						13		ARENARIE GRIGIE						-7,50		-7,54																				
						14		IN ALTERNANZA						-10,5																						
						15		CON SILTITI GRIG						-10,55																						
														-14,5	S1CL1 (L)	-14,85																				

SIGLE CAMPIONI:
S = Shelby (nr.)
R = Rimaneggiato (nr. 5)
L = Litoide (nr. 2)
O = Osterberg (nr.)
M = Mazier (nr.)
D = Denison (nr.)
SD = Semi-disturbato (nr. 2)

NOTE:
Cassette: n. 8
SPT eseguiti: n. 12
Pozzetto d'ispezione: SI (Carrabile)
Tubo down-hole: 40 metri (Ø 3")
Dati stratigrafici: Geologo Giacomo Gazzurra

Committente Città Metropolitana di Firenze	Cantiere S.P. 86 (Reggello - Donnini - Tosi), loc. Tosi - Reggello (FI)	Commessa 24 010	Sondaggio S2-DH
Coordinate Gauss-Boaga X=1703708.4320 Y=4847127.5967	Quota ≈ 500.5 m.s.l.m.	Operatore Vito Stabile	Attrezzatura Comacchio Geo 405
Data di esecuzione 25-29 Gennaio 2024		Profondità 40.0 metri	

DATA	Diametro foro Ø 101	Modalità di esecuzione Rotazione Carotaggio continuo CAROTIERE DOPPIO Utensile di perforazione (Corona Diamantata)	Rivestimento 40,00 metri (Ø 127)	CAROTAGGIO % recupero	Scaletta (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI	FALDA	COMPLETAMENTO				CAMPIONI		PROVE IN SITU						
									Piezometro	Down-Hole	Inclinometro	Estensimetro	Quota prelievo (m)	Stigla/ Tipologia	Profondità (m)	S.P.T. (n colpi)	Pocket Rif. (kPa)	Vane Test (kPa)	R.Q.D. (%)	Prova Leifanc	Prova Lugeon
25/01/2024					15											15,0	SPT 6 Rif. (3cm)				
					16											15,03					
					17								-16,7 -16,9	S1CL2 (L)				62,6 %			
26/01/2024					18		ARENARIE GRIGIE IN ALTERNANZA CON SILTITI GRIGIO SCURE, DA COMPATTE A FRATTURATE									18,0	SPT 7 Rif. (2cm)				
					19											18,02			73,3 %		
					20																
					21																
					22													84,0 %			
					23											22,5	SPT 8 Rif. (4cm)				
					24		SILTITI GRIGIO SCURE MOLTO FRATTURATE									22,54			20,6 %		
					25											24,0	SPT 9 Rif. (3cm)				
					26											24,03					
					27		ARENARIE GRIGIE IN ALTERNANZA CON SILTITI GRIGIO SCURE, DA COMPATTE A FRATTURATE									27,0	SPT 10 Rif. (2cm)				
					28											27,02			77,0 %		
					29																
					30																

SIGLE CAMPIONI:
S = Shelby (nr.)
R = Rimaneggiato (nr. 5)
L = Litoide (nr. 2)
O = Osterberg (nr.)
M = Mazier (nr.)
D = Denison (nr.)
SD = Semi-disturbato (nr. 2)

NOTE:
Cassette: n. 8
SPT eseguiti: n. 12
Pozzetto d'ispezione: SI (Carrabile)
Tubo down-hole: 40 metri (Ø 3")
Dati stratigrafici: Geologo Giacomo Gazzurra

Committente Città Metropolitana di Firenze	Cantiere S.P. 86 (Reggello - Donnini - Tosi), loc. Tosi - Reggello (FI)	Commessa 24 010	Sondaggio S2-DH
Coordinate Gauss-Boaga X=1703708.4320 Y=4847127.5967	Quota ≈ 500.5 m.s.l.m.	Operatore Vito Stabile	Attrezzatura Comacchio Geo 405
		Data di esecuzione 25-29 Gennaio 2024	Profondità 40.0 metri

DATA		Diametro foro Ø 101				Modalità di esecuzione Rotazione Carotaggio continuo		Ustensile di perforazione CAROTIERE DOPPIO (Corona Diamantata)		Rivestimento 40,00 metri (Ø 127)		CAROTTAGGIO % recupero		Scala (m)		STRATIGRAFIA		DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI		FALDA	COMPLETAMENTO				CAMPIONI				PROVE IN SITU						
																					Piezometro	Down-Hole	Inclinometro	Estensimetro	Quota prelievo (m)	Sigla/ Tipologia	Profondità (m)	S.P.T. (n colpi)	Pocket (kPa)	Vane Test (kPa)	R.Q.D. (%)	Prova Leifranc	Prova Lugeon		
26/01/2024												10		30		30		ARENARIE GRIGIE IN ALTERNANZA CON SILTITI GRIGIO SCURE, DA COMPATTE A FRATTURATE																	
29/01/2024												30		31		31																			
												31		32		32																			
												32		33		33																			
												33		34		34																			
												34		35		35																			
												35		36		36																			
												36		37		37																			
												37		38		38																			
												38		38,20		38,20																			
												38,20		38,50		38,50																			
												38,50		38,70		38,70																			
												39		40		40																			
												40		41		41																			
												41		42		42																			
												42		43		43																			
												43		44		44																			
												44		45		45																			
												45																							

SIGLE CAMPIONI:
S = Shelby (nr.)
R = Rimaneggiato (nr. 5)
L = Litoidi (nr. 2)
O = Osterberg (nr.)
M = Mazier (nr.)
D = Denison (nr.)
SD = Semi-disturbato (nr. 2)

NOTE:
Cassette: n. 8
SPT eseguiti: n. 12
Pozzetto d'ispezione: SI (Carrabile)
Tubo down-hole: 40 metri (Ø 3")
Dati stratigrafici: Geologo Giacomo Gazzura



Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Settore A – Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 – ART. 59 DPR 380/2001 – Circolare 7618/STC 2010

LABOTER Srl

Lab. Geotecnico - C.S.LL.PP. Decr. 2436/13

Committente : SOGET per Città Metropolitana di Firenze
Cantiere : S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

Verbale Accettazione n° : 77 del 12/02/2024
Data Certificazione : 18/03/2024
Campioni n°: 13
Certificati da n° a n° : 01346 a 01402



**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

COMMITTENTE:	SOGET per Città Metropolitana di Firenze		
RIFERIMENTO:	S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	1
		PROFONDITA':	m 1.65-2.1

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	24,2	%
Peso di volume	17,7	kN/m³
Peso di volume secco	14,2	kN/m³
Peso di volume saturo	18,8	kN/m³
Peso specifico	26,5	kN/m³
Indice dei vuoti	0,859	
Porosità	46,2	%
Grado di saturazione	76,1	%
Limite di liquidità	48,2	%
Limite di plasticità	28,2	%
Indice di plasticità	20,0	%
Indice di consistenza	1,20	
Passante al set. n° 42	SI	
Limite di ritiro	19,9	%
CNR-UNI 10006/00	A7-6	I.G. = 11

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	19,0	%
Sabbia	19,0	%
Limo	43,2	%
Argilla	18,8	%
D 10	0,000330	mm
D 50	0,025371	mm
D 60	0,051189	mm
D 90	10,958400	mm
Passante set. 10	81,0	%
Passante set. 42	75,0	%
Passante set. 200	64,8	%

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u Rim}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta		
c'	13,4	kPa
ϕ'	26,0	°
c'_{Res}		kPa
ϕ'_{Res}		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm²/sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico		Qualità del campione: Q 5
------------------------------	--	---------------------------

Posizione delle prove		cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	TD				
						Limo argilloso con livelli sabbiosi e litici sparsi
			200			Ciottoli arenacei degradati MUNSELL SOIL COLOR: 10YR 5/4 Yellowish brown
			275			Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test
			275		32	< 24.5 kPa molto molle
						24.5 - 49.1 kPa molle
						49.1 - 98.1 kPa plastico
						98.1 - 196.2 kPa consistente
						196.2 - 392.4 kPa molto consistente
					45	>392,4 kPa duro

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01350	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 04/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 27/02/24	Fine analisi: 07/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 1.65-2.1

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	81,0	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	75,0	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	64,8	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	48,2	%
Limite di plasticità	28,2	%
Indice di plasticità	20,0	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A7-6

INDICE DI GRUPPO: 11

Tipi usuali dei materiali principali:

Argille fortemente compressibili fortemente plastiche

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01346	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 27/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 27/02/24	Fine analisi: 28/02/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 1.65-2.1

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale = 24,2 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo

☐ Stratificato

☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01347	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 27/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 27/02/24	Fine analisi: 27/02/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 1.65-2.1

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 17,7 kN/m³

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01348 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24

Inizio analisi: 04/03/24

Apertura campione: 27/02/24

Fine analisi: 05/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 1

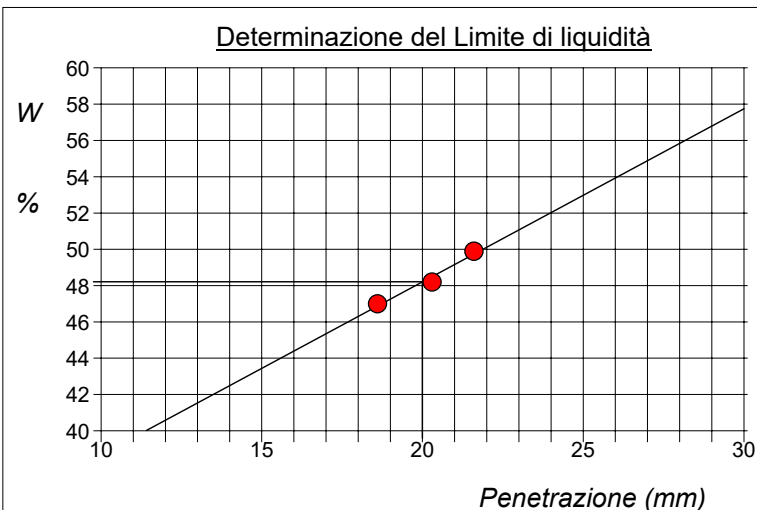
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.65-2.1

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	48,2	%
Limite di plasticità	28,2	%
Indice di plasticità	20,0	%
Indice di consistenza	1,20	
Passante al set. n° 42	SI	

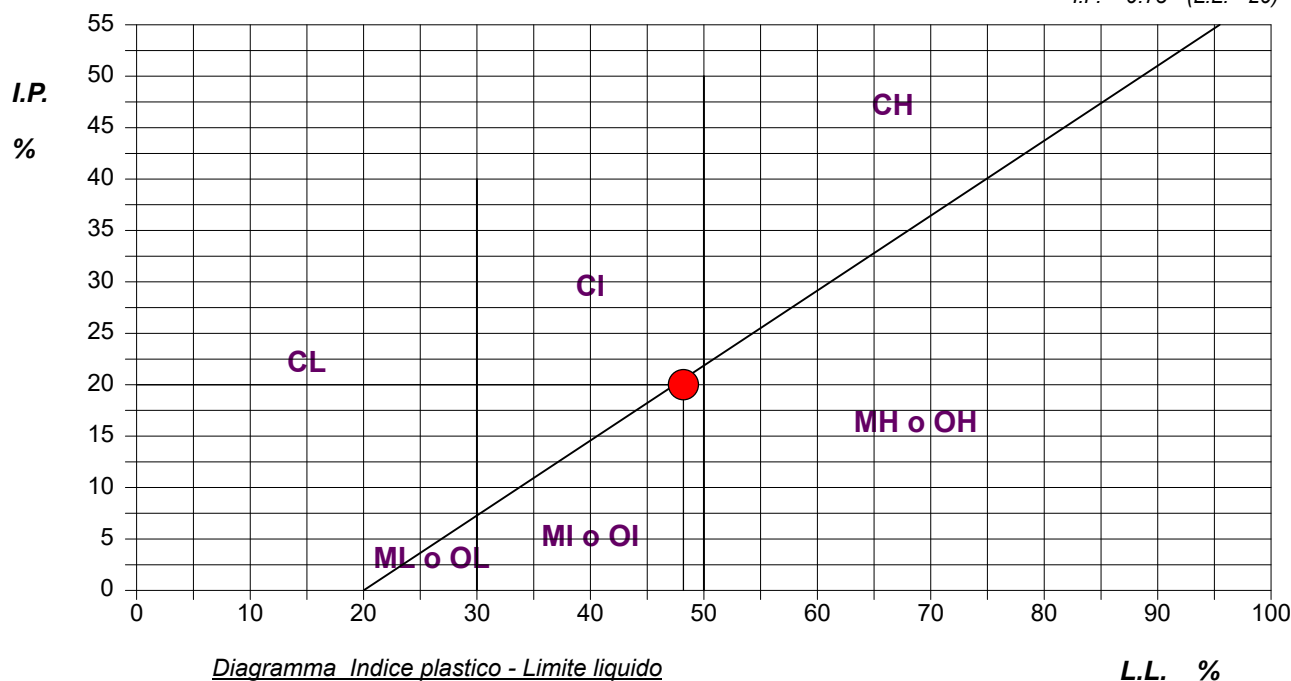


C - Argille inorganiche

L - Bassa plasticità

M - Limi inorganici**I - Media plasticità****O - Argille e limi organici**

H - Alta plasticità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01349	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 04/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 27/02/24	Fine analisi: 05/03/24
COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze			
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.65-2.1	
<u>LIMITE DI RITIRO</u>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 427-04			

Materiale passante al setaccio n° 42 (0.400 mm): 75 %

Limite di ritiro = 19,9 %

Coefficiente di ritiro = 1,71

Ritiro di volume = 67,85

Ritiro lineare = 15,86

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01350 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24

Inizio analisi: 04/03/24

Apertura campione: 27/02/24

Fine analisi: 07/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 1

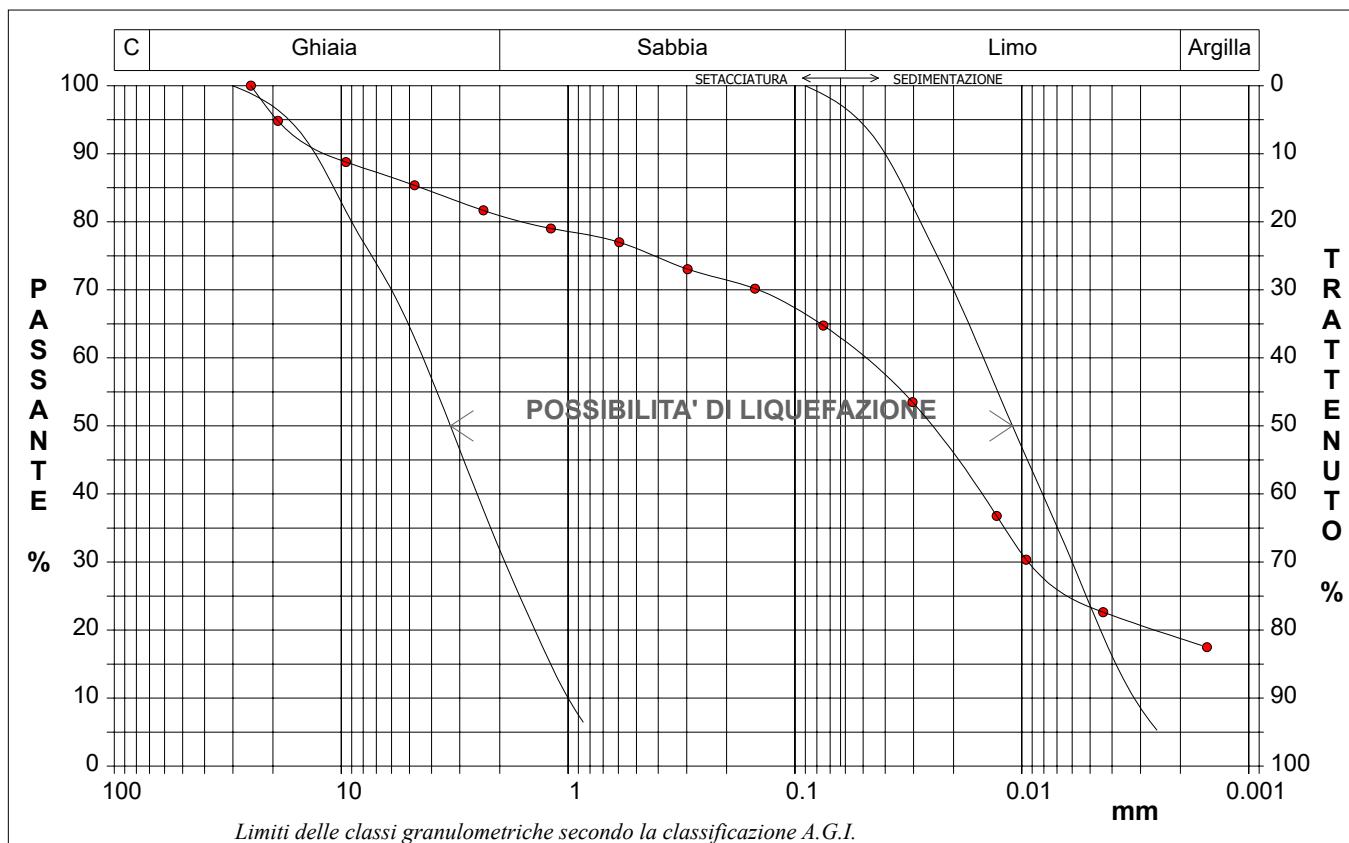
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.65-2.1

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	19,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	81,0 %	D10	0,00033 mm
Sabbia	19,0 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	75,0 %	D30	0,00923 mm
Limo	43,2 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	64,8 %	D50	0,02537 mm
Argilla	18,8 %			D60	0,05119 mm
				D90	10,95840 mm
Coefficiente di uniformità		155,22	Coefficiente di curvatura		5,05



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione A.G.I.

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
25,0000	100,00	1,1900	79,02	0,0303	53,49				
19,0000	94,82	0,5950	76,99	0,0129	36,77				
9,5200	88,77	0,2970	73,03	0,0096	30,34				
4,7500	85,36	0,1500	70,18	0,0044	22,63				
2,3600	81,67	0,0750	64,75	0,0015	17,49			Setacci	9
								Punti sediment.	5

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01351 Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24

Inizio analisi: 01/03/24

Apertura campione: 27/02/24

Fine analisi: 06/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.65-2.1

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

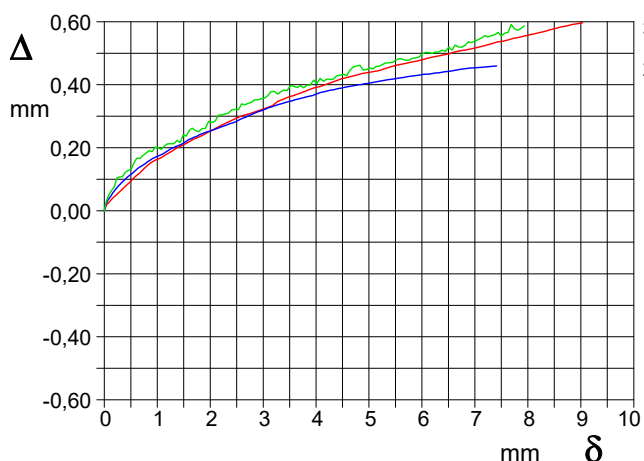
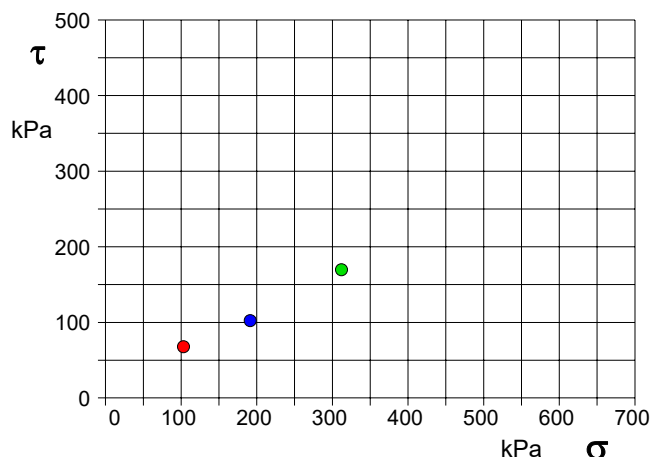
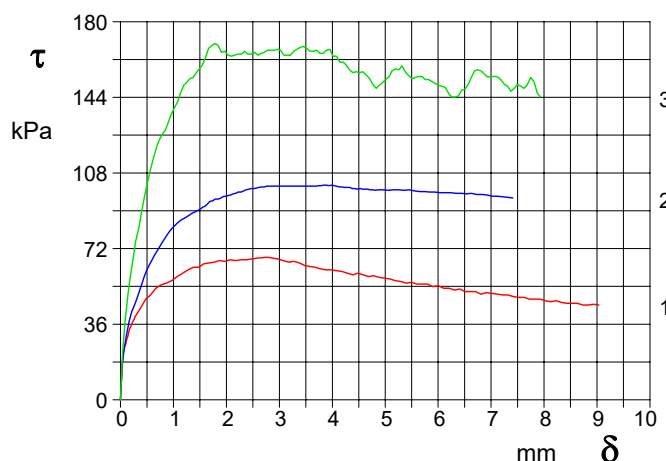
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	68	102	170
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,77	3,84	1,79
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,31	0,36	0,25
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 37,4	--- 33,5	--- 34,4
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	17,2 23,7	18,6 26,3	17,3 26,3

DIAGRAMMATensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,007 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01351	Pagina 0/4	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 01/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 27/02/24	Fine analisi: 06/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze			
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	1.65-2.1

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,037	19,2	0,02	0,029	15,8	0,02	0,040	23,2	0,03
0,100	26,8	0,03	0,164	37,2	0,06	0,184	58,4	0,07
0,157	32,3	0,04	0,308	48,1	0,09	0,342	81,6	0,11
0,220	36,3	0,05	0,443	58,3	0,11	0,504	102,9	0,13
0,275	39,5	0,06	0,579	65,8	0,13	0,673	119,6	0,17
0,567	49,9	0,11	0,725	72,2	0,14	0,846	128,4	0,19
0,866	55,5	0,15	0,868	78,1	0,16	1,017	139,0	0,20
1,173	60,3	0,18	1,011	82,5	0,17	1,193	149,7	0,21
1,476	63,1	0,21	1,153	85,8	0,19	1,373	153,4	0,22
1,773	65,5	0,23	1,306	88,1	0,20	1,546	159,4	0,24
2,073	66,7	0,26	1,453	90,0	0,21	1,726	168,7	0,25
2,381	66,7	0,29	1,598	92,2	0,23	1,908	165,5	0,26
2,971	67,1	0,32	1,740	94,7	0,24	2,094	163,6	0,29
3,278	65,9	0,35	1,881	95,8	0,25	2,287	164,5	0,31
3,576	63,5	0,37	2,030	97,2	0,26	2,468	164,5	0,32
3,875	61,9	0,39	2,178	98,3	0,26	2,655	165,0	0,34
4,179	61,1	0,40	2,327	99,4	0,27	2,837	166,4	0,35
4,481	60,3	0,42	2,475	100,6	0,28	3,023	166,4	0,36
4,785	59,1	0,43	2,617	101,1	0,29	3,210	164,1	0,38
5,090	57,5	0,44	2,763	101,7	0,30	3,395	167,8	0,38
5,395	55,5	0,46	2,906	101,7	0,31	3,583	165,9	0,40
5,696	55,1	0,47	3,052	101,7	0,32	3,768	165,0	0,39
6,003	54,3	0,48	3,200	101,7	0,33	3,954	166,9	0,42
6,308	52,3	0,49	3,351	101,7	0,34	4,142	160,8	0,41
6,612	51,5	0,50	3,498	101,7	0,35	4,327	157,1	0,42
6,910	51,1	0,51	3,647	101,7	0,35	4,515	155,7	0,43
7,221	49,9	0,53	3,791	101,9	0,36	4,705	152,9	0,46
7,521	48,7	0,54	3,936	101,9	0,37	4,888	149,7	0,45
7,822	47,9	0,55	4,082	101,7	0,38	5,075	153,9	0,45
8,127	46,7	0,56	4,228	101,1	0,38	5,255	157,1	0,46
8,432	45,9	0,58	4,377	100,6	0,39	5,446	154,3	0,47
8,738	45,1	0,59	4,523	100,6	0,39	5,631	153,9	0,48
9,036	45,1	0,60	4,668	100,3	0,40	5,819	152,5	0,48
			4,811	99,7	0,40	6,004	149,7	0,50
			4,964	100,0	0,40	6,194	146,0	0,50
			5,256	100,0	0,41	6,382	144,6	0,51
			5,556	99,4	0,42	6,566	150,2	0,51
			5,844	98,9	0,43	6,749	157,1	0,52
			6,136	98,6	0,43	6,932	153,7	0,53
			6,432	98,3	0,44	7,120	153,7	0,55
			6,727	97,8	0,45	7,314	149,2	0,56
			7,020	96,9	0,45	7,499	150,2	0,56
			7,313	96,4	0,46	7,686	150,2	0,59
						7,874	146,0	0,58

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01351 Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24 Inizio analisi: 01/03/24

Apertura campione: 27/02/24 Fine analisi: 06/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.65-2.1

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1

Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,922
Sezione (cm²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

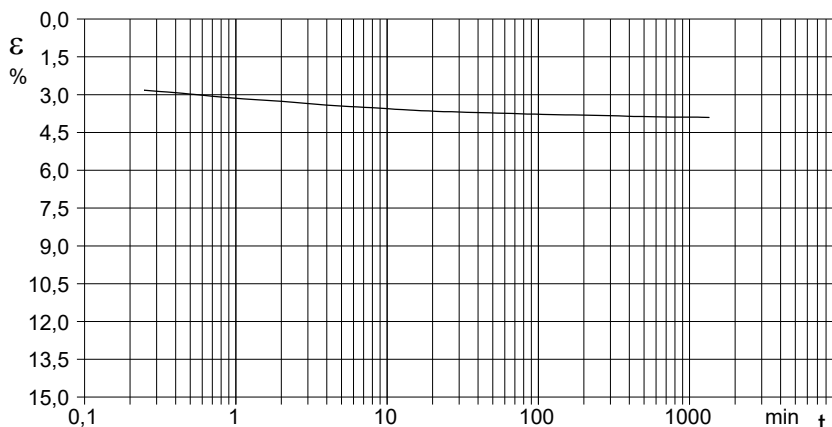


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2

Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,885
Sezione (cm²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

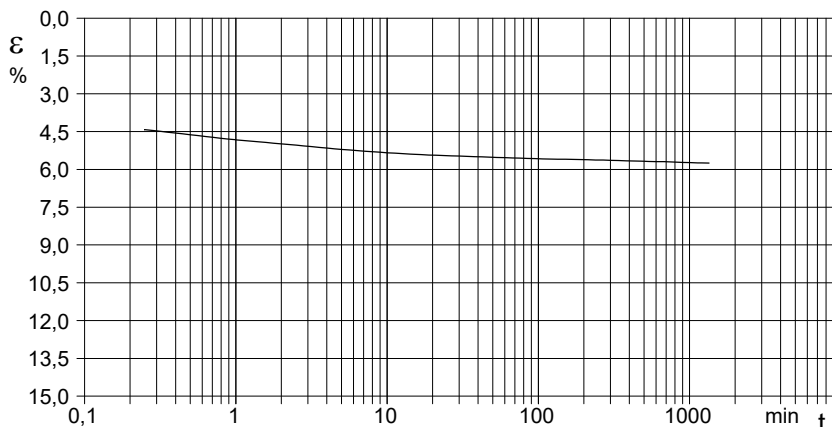
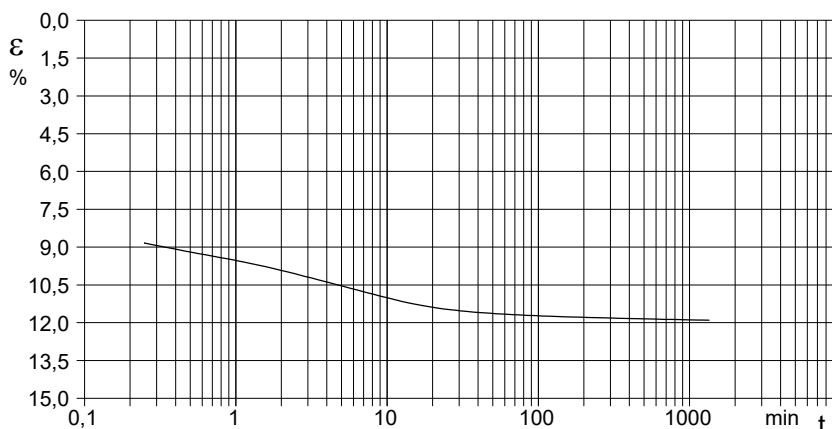


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3

Pressione (kPa)	312
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,762
Sezione (cm²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01351	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 01/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 27/02/24	Fine analisi: 06/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 1.65-2.1

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

[illegible]

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze			
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.65-2.1	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	68	102	170
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,77	3,84	1,79
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,31	0,36	0,25
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 37,4	--- 33,5	--- 34,4
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	17,2 23,7	18,6 26,3	17,3 26,3

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 13,4 kPa
Angolo di attrito interno: 26,0 °

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

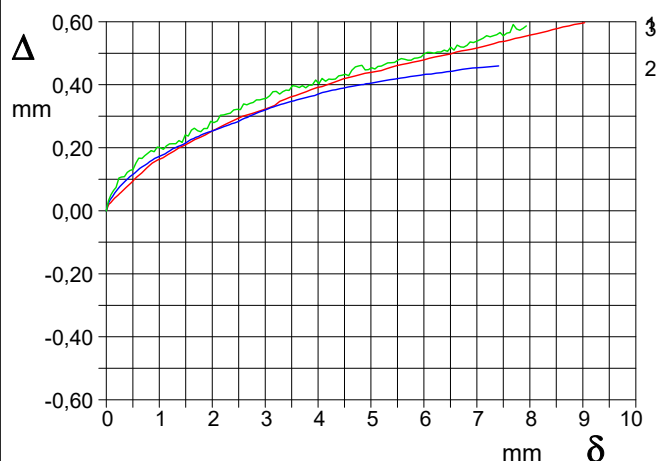
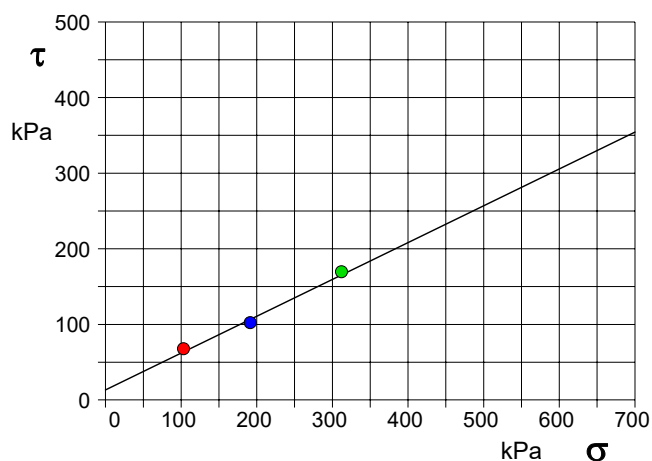


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

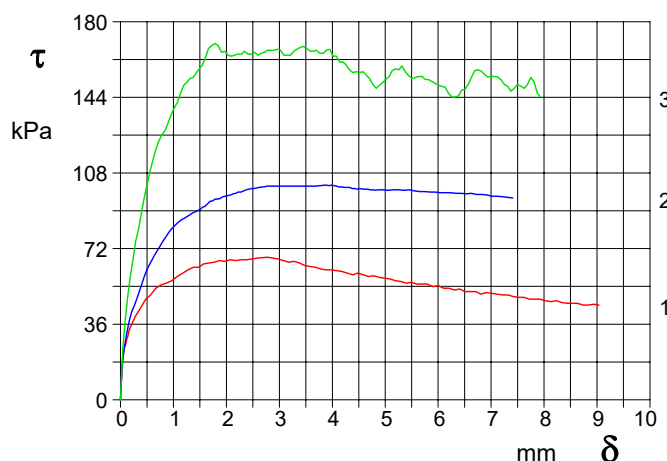


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

COMMITTENTE:	SOGET per Città Metropolitana di Firenze		
RIFERIMENTO:	S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	2
		PROFONDITA': m	3.4-3.75

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	9,0	%
Peso di volume	16,9	kN/m³
Peso di volume secco	15,5	kN/m³
Peso di volume saturo	19,6	kN/m³
Peso specifico	26,5	kN/m³
Indice dei vuoti	0,708	
Porosità	41,5	%
Grado di saturazione	34,4	%
Limite di liquidità	32,9	%
Limite di plasticità	18,3	%
Indice di plasticità	14,6	%
Indice di consistenza	1,63	
Passante al set. n° 42	SI	
Limite di ritiro	12,9	%
CNR-UNI 10006/00	A2-6	I.G. = 0

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	15,7	%
Sabbia	64,4	%
Limo	13,5	%
Argilla	6,4	%
D 10	0,009662	mm
D 50	0,538442	mm
D 60	0,849726	mm
D 90	2,434004	mm
Passante set. 10	84,3	%
Passante set. 42	45,3	%
Passante set. 200	21,8	%

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u Rim}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	14,1	kPa	
ϕ'	29,4	°	
c'_{Res}		kPa	
ϕ'_{Res}		°	

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm²/sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico		Qualità del campione: Q 5	
------------------------------	--	---------------------------	--

Posizione delle prove		cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	TD				
					40	Argilliti e siltiti fratturate MUNSELL SOIL COLOR: 10YR 6/3 Pale brown

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01356	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 04/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 27/02/24	Fine analisi: 07/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze			
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	3.4-3.75

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	84,3	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	45,3	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	21,8	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	32,9	%
Limite di plasticità	18,3	%
Indice di plasticità	14,6	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A2-6

INDICE DI GRUPPO: 0

Tipi usuali dei materiali principali:

Ghiaia limosa o argillosa e sabbia

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01352	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 27/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 27/02/24	Fine analisi: 28/02/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 2		PROFONDITA': m 3.4-3.75

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 9,0 %

☒ Omogeneo

Struttura del materiale:

☐ Stratificato

☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01353	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 27/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 27/02/24	Fine analisi: 27/02/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze			
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	3.4-3.75

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 16,9 kN/m³

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01354 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24 Inizio analisi: 06/03/24

Apertura campione: 27/02/24 Fine analisi: 07/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 1

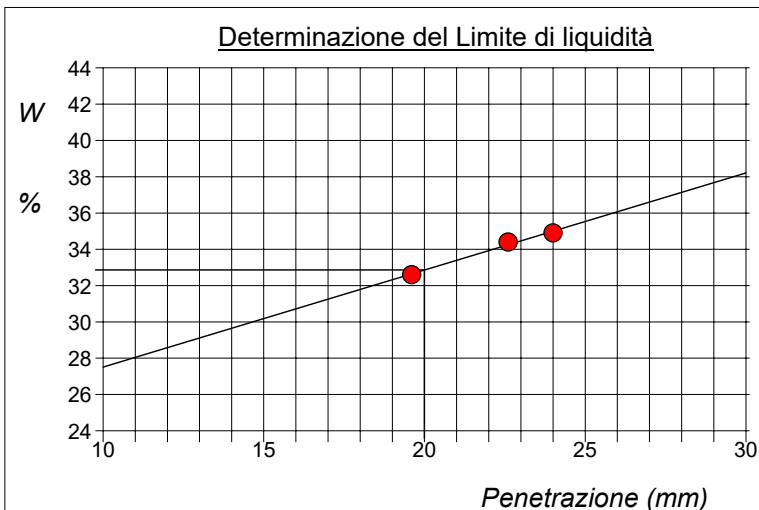
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 3.4-3.75

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	32,9	%
Limite di plasticità	18,3	%
Indice di plasticità	14,6	%
Indice di consistenza	1,63	
Passante al set. n° 42	SI	

**C - Argille inorganiche**

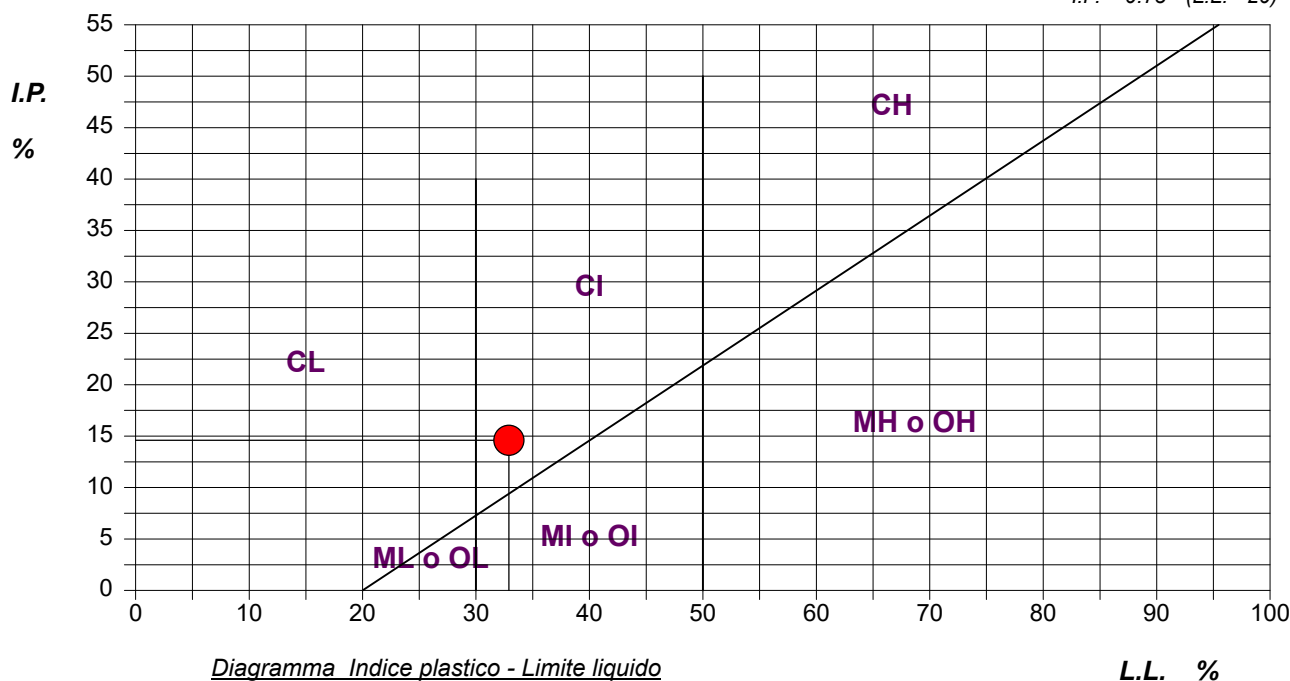
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

L - Bassa plasticità

I - Media plasticità

H - Alta plasticità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01355	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 06/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 27/02/24	Fine analisi: 07/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 2		PROFONDITA': m 3.4-3.75

LIMITE DI RITIRO

Modalità di prova: Norma ASTM D 427-04

Materiale passante al setaccio n° 42 (0.400 mm): 45 %

Limite di ritiro = 12,9 %

Coefficiente di ritiro = 1,91

Ritiro di volume = 45,74

Ritiro lineare = 11,80

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01356 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24

Inizio analisi: 04/03/24

Apertura campione: 27/02/24

Fine analisi: 07/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 1

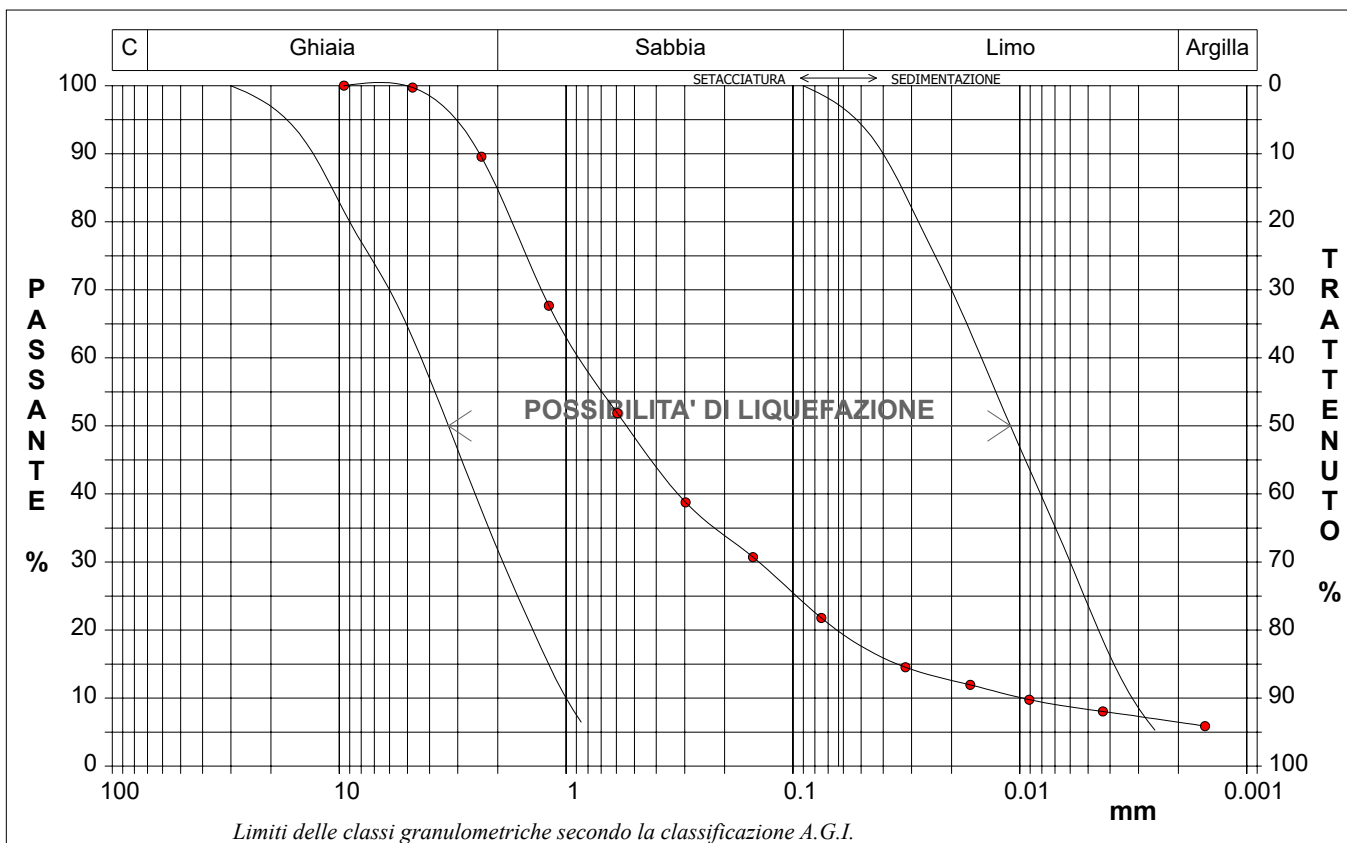
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 3.4-3.75

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	15,7 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	84,3 %	D ₁₀	0,00966 mm
Sabbia	64,4 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	45,3 %	D ₃₀	0,14181 mm
Limo	13,5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	21,8 %	D ₅₀	0,53844 mm
Argilla	6,4 %			D ₆₀	0,84973 mm
				D ₉₀	2,43400 mm
Coefficiente di uniformità		87,94	Coefficiente di curvatura		2,45



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5200	100,00	0,2970	38,75	0,0091	9,78				
4,7500	99,73	0,1500	30,72	0,0043	8,05				
2,3600	89,55	0,0750	21,79	0,0015	5,88				
1,1900	67,67	0,0319	14,54					Setacci	7
0,5950	51,89	0,0165	11,94					Punti sediment.	5

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01357 Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24

Inizio analisi: 27/02/24

Apertura campione: 27/02/24

Fine analisi: 04/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 3.4-3.75

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

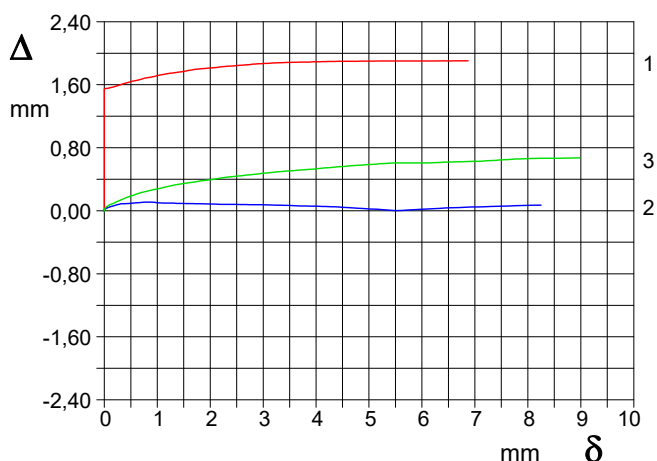
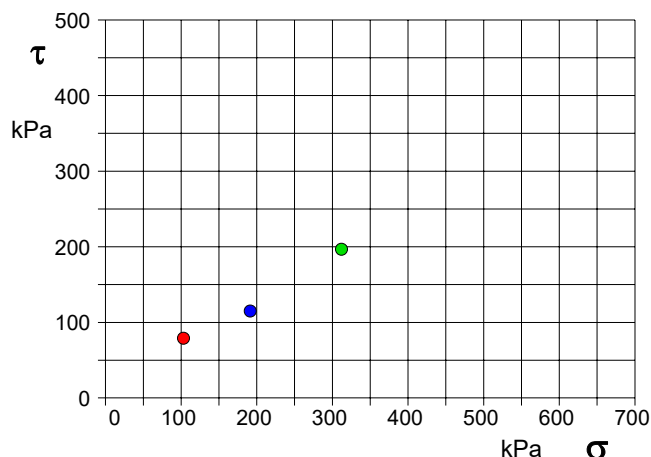
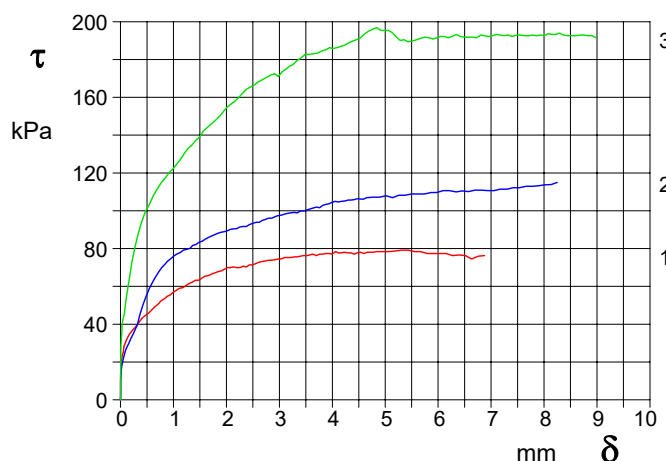
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Ricostituito	Ricostituito	Ricostituito
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	79	115	197
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	5,32	8,25	4,84
Deformazione verticale a rottura (mm):	1,90	0,07	0,58
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 21,4	--- 15,4	--- 17,5
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	17,1 22,2	17,0 20,9	16,6 21,2

DIAGRAMMATensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,015 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01357	Pagina 0/4	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 27/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 27/02/24	Fine analisi: 04/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 3.4-3.75

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,001	2,5	1,55	0,001	1,8	0,01	0,007	28,3	0,03
0,002	13,4	1,55	0,002	4,3	0,01	0,028	38,9	0,04
0,015	18,4	1,55	0,021	17,3	0,02	0,073	45,2	0,06
0,042	24,4	1,55	0,044	20,8	0,03	0,155	62,2	0,09
0,061	27,2	1,55	0,056	22,0	0,04	0,331	87,6	0,14
0,167	34,6	1,57	0,130	28,5	0,06	0,548	103,5	0,20
0,349	41,0	1,61	0,245	35,1	0,08	0,777	115,2	0,24
0,520	45,6	1,64	0,370	45,6	0,09	0,992	122,3	0,28
0,709	50,5	1,67	0,545	58,8	0,10	1,198	130,0	0,31
0,885	54,8	1,70	0,720	67,6	0,11	1,417	137,1	0,34
1,061	58,0	1,73	0,886	73,4	0,11	1,644	144,2	0,36
1,234	60,4	1,75	1,065	77,1	0,10	1,879	150,2	0,38
1,414	63,3	1,76	1,246	79,6	0,10	2,092	156,5	0,40
1,592	65,4	1,78	1,424	82,1	0,09	2,294	161,8	0,42
1,784	67,1	1,80	1,608	85,1	0,09	2,520	166,4	0,44
1,953	68,9	1,81	1,782	87,4	0,09	2,761	170,7	0,46
2,133	70,3	1,82	1,954	88,9	0,09	2,983	171,0	0,47
2,317	70,7	1,83	2,136	90,4	0,08	3,185	176,3	0,49
2,498	71,4	1,84	2,312	91,6	0,08	3,412	180,9	0,50
2,676	73,1	1,85	2,499	93,4	0,08	3,640	183,0	0,51
2,855	73,9	1,86	2,677	94,9	0,08	3,875	185,2	0,53
3,034	74,6	1,87	2,860	96,2	0,08	4,087	186,2	0,54
3,221	75,3	1,88	3,040	97,7	0,08	4,301	188,7	0,55
3,395	76,0	1,88	3,214	98,9	0,07	4,536	191,5	0,56
3,574	76,7	1,89	3,402	99,9	0,07	4,768	196,1	0,58
3,758	77,0	1,89	3,575	100,9	0,07	4,990	195,4	0,59
3,943	77,4	1,89	3,761	101,7	0,06	5,201	192,2	0,60
4,118	77,7	1,89	3,941	103,7	0,06	5,429	189,4	0,61
4,295	77,7	1,90	4,115	104,7	0,06	5,666	191,2	0,61
4,471	77,7	1,90	4,302	105,7	0,05	5,902	190,8	0,61
4,660	78,1	1,90	4,479	106,4	0,05	6,123	192,2	0,61
4,844	78,4	1,90	4,650	106,9	0,04	6,344	193,3	0,61
5,192	78,8	1,90	5,014	107,9	0,02	6,572	191,9	0,62
5,553	78,4	1,90	5,375	108,2	0,01	6,806	192,9	0,62
5,921	77,4	1,90	5,742	108,9	0,01	7,027	192,6	0,63
6,275	76,3	1,90	6,097	110,7	0,02	7,244	192,6	0,64
6,631	74,6	1,90	6,454	110,4	0,04	7,473	192,9	0,65
			6,817	110,9	0,04	7,712	192,6	0,65
			7,170	111,4	0,05	7,930	192,9	0,66
			7,533	112,2	0,06	8,146	193,3	0,66
			7,891	113,2	0,07	8,365	192,9	0,67
			8,247	114,9	0,07	8,600	192,6	0,67
						8,832	192,6	0,67

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01357 Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24 Inizio analisi: 27/02/24

Apertura campione: 27/02/24 Fine analisi: 04/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 3.4-3.75

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1

Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,300
Altezza finale (cm)	2,145
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

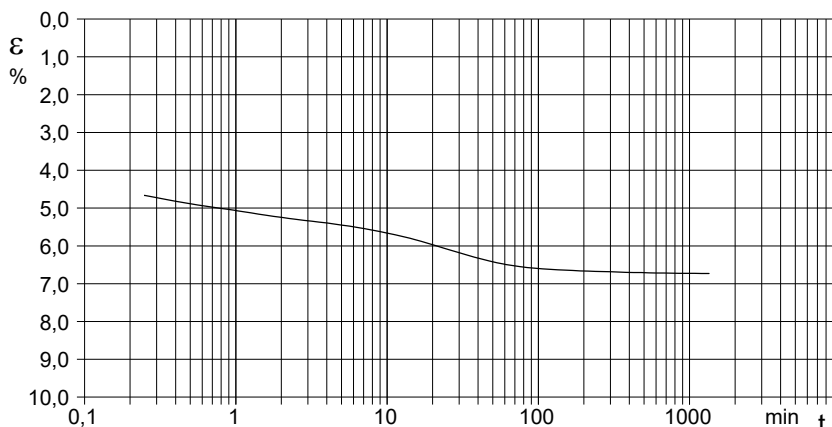


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2

Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,300
Altezza finale (cm)	2,169
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

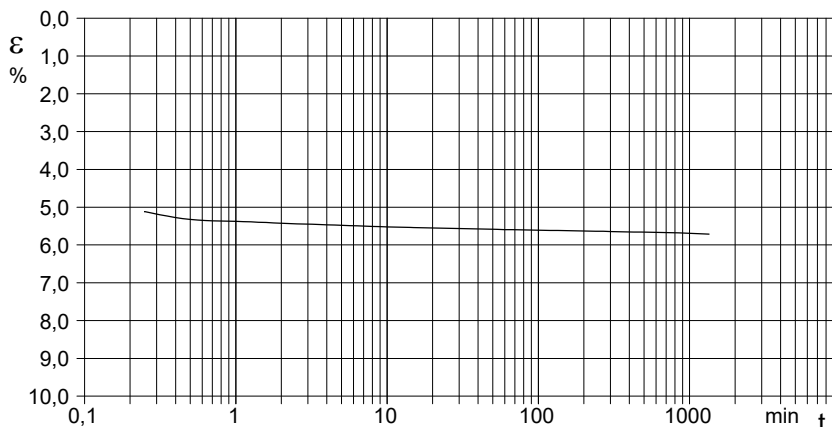
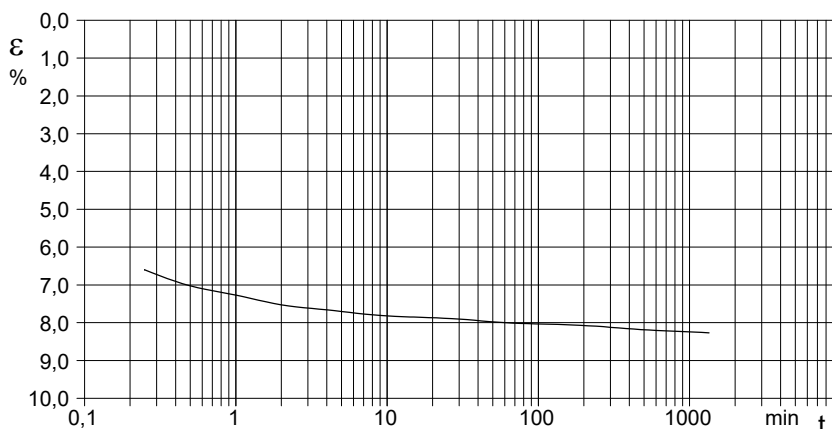


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3

Pressione (kPa)	312
Altezza iniziale (cm)	2,300
Altezza finale (cm)	2,110
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01357	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 27/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 27/02/24	Fine analisi: 04/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	2	PROFONDITA': m 3.4-3.75

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

[illegible]

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze		
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 3.4-3.75

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Ricostituito	Ricostituito	Ricostituito
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	79	115	197
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	5,32	8,25	4,84
Deformazione verticale a rottura (mm):	1,90	0,07	0,58
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 21,4	--- 15,4	--- 17,5
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	17,1 22,2	17,0 20,9	16,6 21,2

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 14,1 kPa
Angolo di attrito interno: 29,4 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,015 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

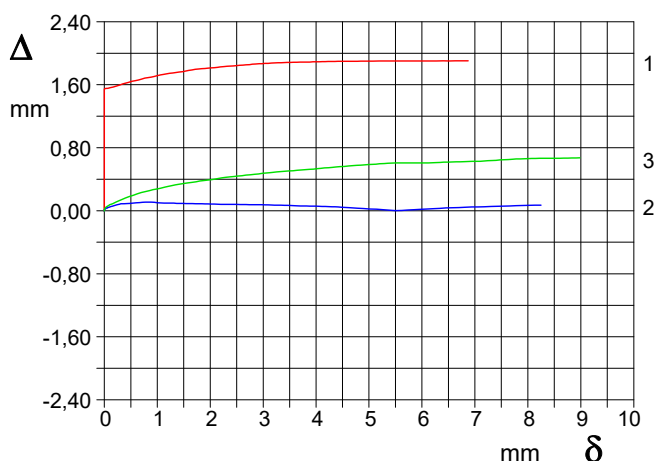
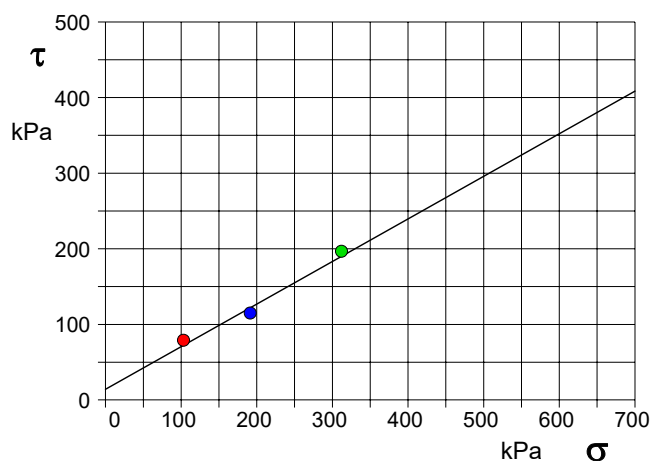


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

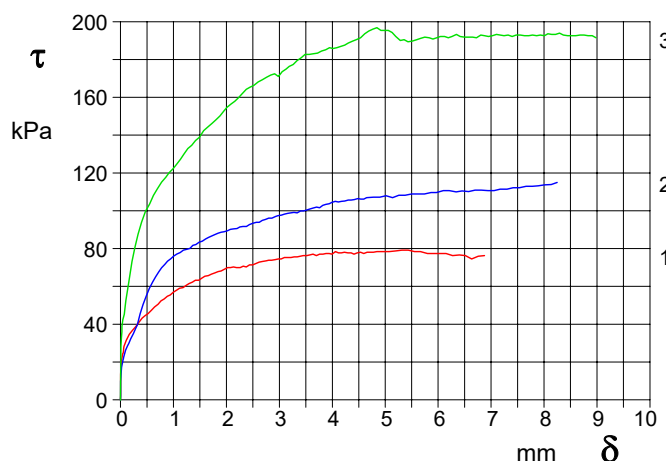


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 5.45-5.8

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	11,0	%
Peso di volume	20,4	kN/m³
Peso di volume secco	18,4	kN/m³
Peso di volume saturo	21,4	kN/m³
Peso specifico	26,5	kN/m³
Indice dei vuoti	0,437	
Porosità	30,4	%
Grado di saturazione	67,7	%
Limite di liquidità	26,3	%
Limite di plasticità	19,1	%
Indice di plasticità	7,2	%
Indice di consistenza	2,13	
Passante al set. n° 42	SI	
Limite di ritiro	18,1	%
CNR-UNI 10006/00	A2-4	I.G. = 0

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	50,5	%
Sabbia	24,2	%
Limo	18,1	%
Argilla	7,2	%
D 10	0,003962	mm
D 50	2,121247	mm
D 60	5,350970	mm
D 90	35,039610	mm
Passante set. 10	49,5	%
Passante set. 42	37,7	%
Passante set. 200	27,0	%

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u Rim}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	10,2	kPa	
ϕ'	26,1	°	
c'_{Res}		kPa	
ϕ'_{Res}		°	

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm²/sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico		Qualità del campione: Q 5
------------------------------	--	---------------------------

Posizione delle prove		cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	TD				
						Argilliti degradate con litici MUNSELL SOIL COLOR: 10YR 6/3 Pale brown
			350			Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test
			350			< 24.5 kPa molto molle
						24.5 - 49.1 kPa molle
						49.1 - 98.1 kPa plastico
						98.1 - 196.2 kPa consistente
						196.2 - 392.4 kPa molto consistente
						>392.4 kPa duro
					36	

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01362	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 28/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 27/02/24	Fine analisi: 04/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 2		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 5.45-5.8

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	49,5	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	37,7	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	27,0	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	26,3	%
Limite di plasticità	19,1	%
Indice di plasticità	7,2	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A2-4

INDICE DI GRUPPO: 0

Tipi usuali dei materiali principali:
Ghiaia limosa o argillosa e sabbia

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01358	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 27/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 27/02/24	Fine analisi: 28/02/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 2		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 5.45-5.8

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale = 11,0 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo

☐ Stratificato

☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01359	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 27/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 27/02/24	Fine analisi: 27/02/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze			
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	5.45-5.8

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 20,4 kN/m³

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01360 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24 Inizio analisi: 04/03/24

Apertura campione: 27/02/24 Fine analisi: 05/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 2

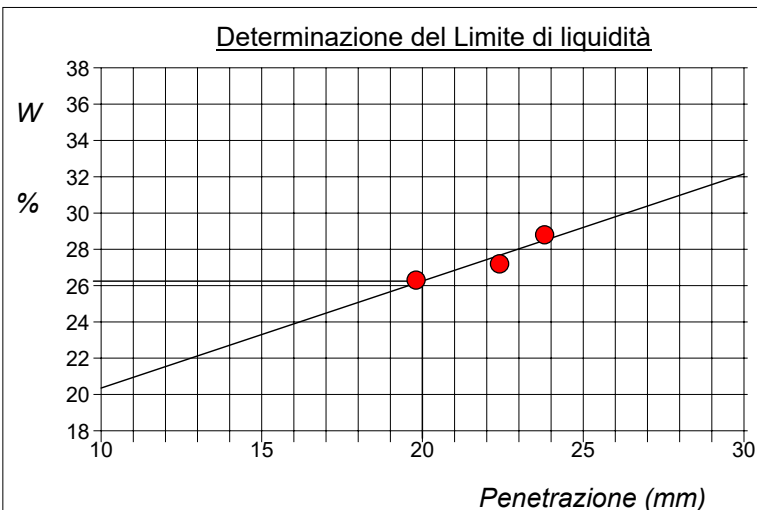
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 5.45-5.8

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	26,3	%
Limite di plasticità	19,1	%
Indice di plasticità	7,2	%
Indice di consistenza	2,13	
Passante al set. n° 42	SI	

**C - Argille inorganiche**

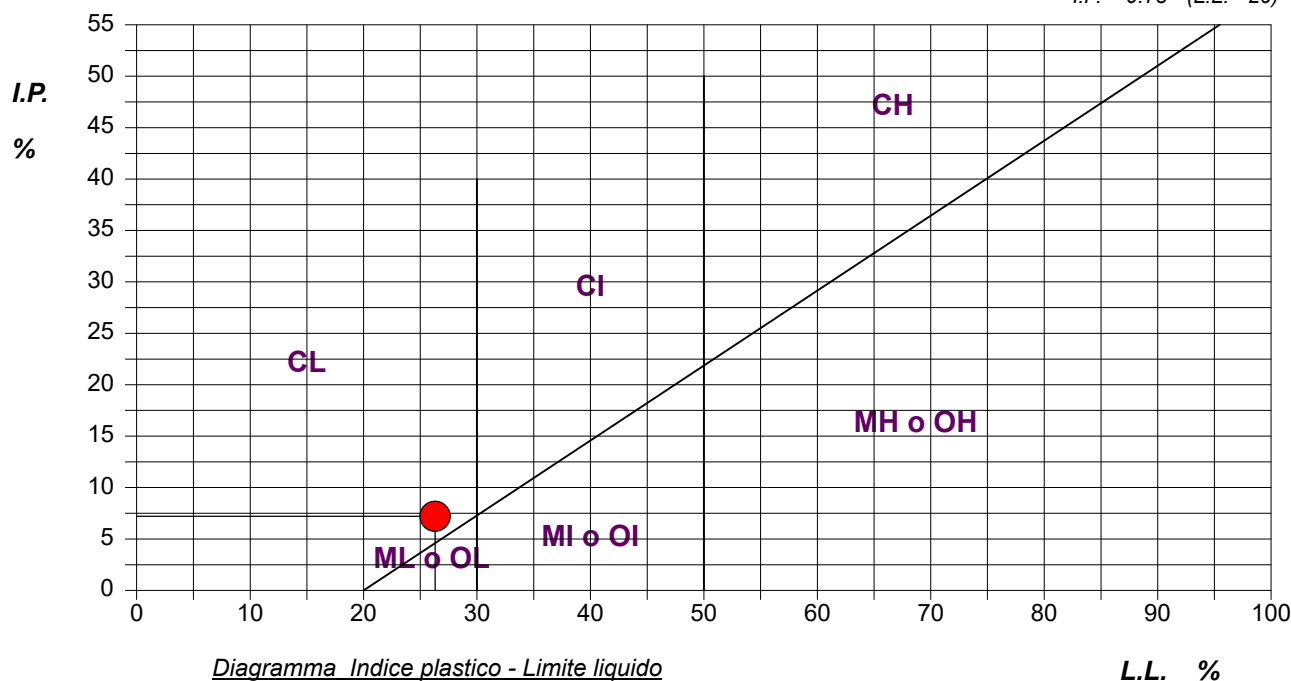
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

L - Bassa plasticità

I - Media plasticità

H - Alta plasticità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01361	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 04/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 27/02/24	Fine analisi: 05/03/24
COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze			
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 5.45-5.8	
<u>LIMITE DI RITIRO</u>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 427-04			

Materiale passante al setaccio n° 42 (0.400 mm): 38 %

Limite di ritiro = 18,1 %

Coefficiente di ritiro = 1,78

Ritiro di volume = 30,69

Ritiro lineare = 8,54

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01362 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24

Inizio analisi: 28/02/24

Apertura campione: 27/02/24

Fine analisi: 04/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 2

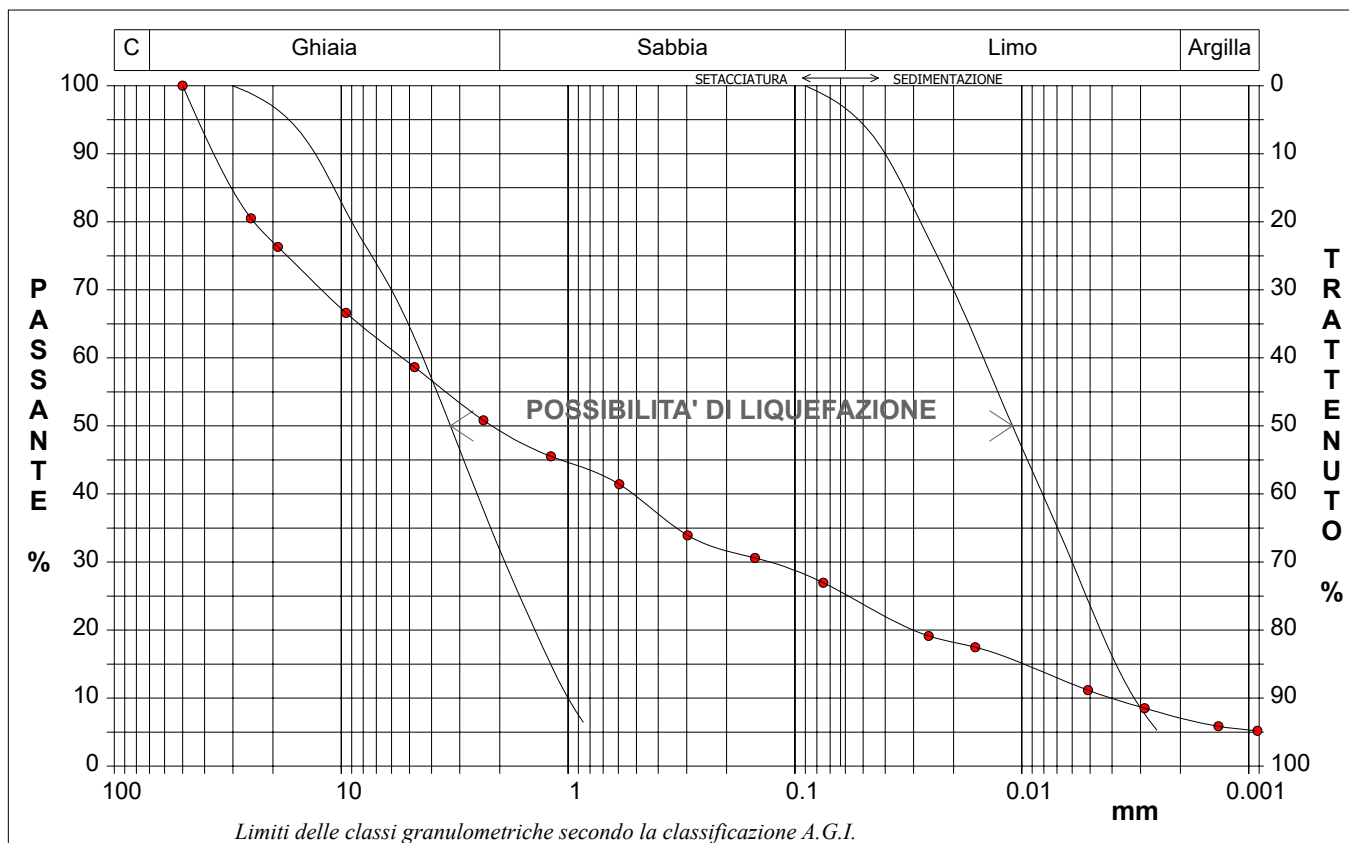
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 5.45-5.8

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	50,5 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	49,5 %	D ₁₀	0,00396 mm
Sabbia	24,2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	37,7 %	D ₃₀	0,13361 mm
Limo	18,1 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	27,0 %	D ₅₀	2,12125 mm
Argilla	7,2 %			D ₆₀	5,35097 mm
				D ₉₀	35,03961 mm
Coefficiente di uniformità		1350,46	Coefficiente di curvatura		0,84



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
50,0000	100,00	2,3600	50,83	0,0750	26,97	0,0014	5,87		
25,0000	80,50	1,1900	45,53	0,0257	19,14	0,0009	5,20		
19,0000	76,31	0,5950	41,43	0,0161	17,48				
9,5200	66,61	0,2970	33,92	0,0051	11,17			Setacci	10
4,7500	58,63	0,1500	30,61	0,0029	8,52			Punti sediment.	6

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 01363** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24

Inizio analisi: 27/02/24

Apertura campione: 27/02/24

Fine analisi: 02/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 5.45-5.8

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

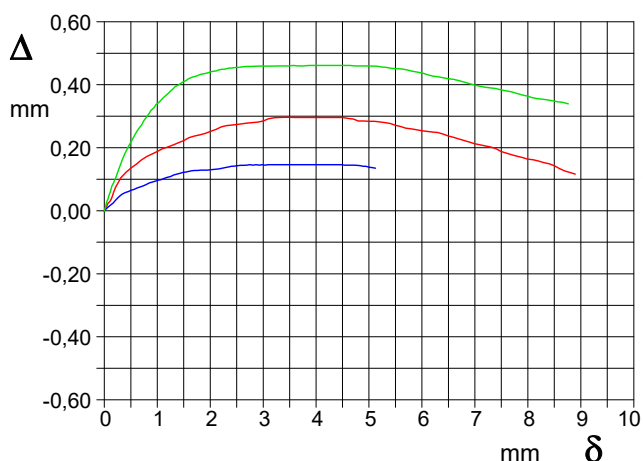
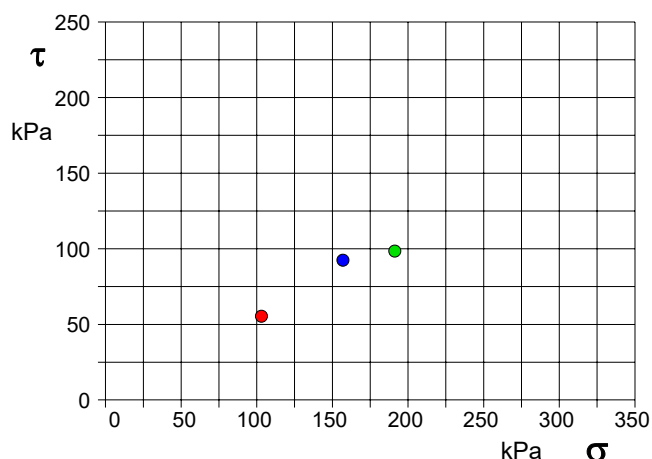
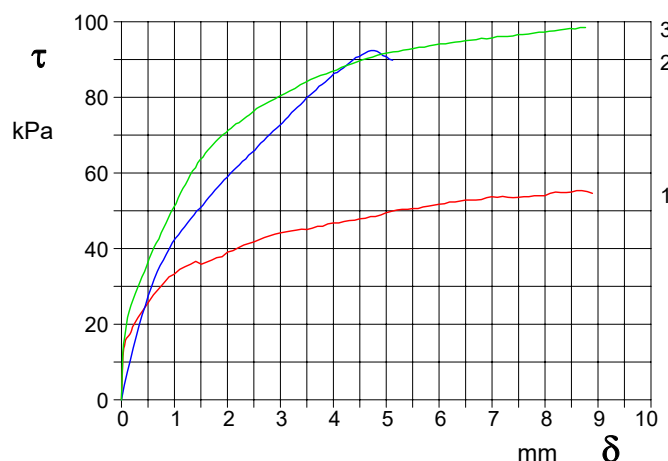
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	157	191
Tensione a rottura (kPa):	55	92	98
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	8,60	4,71	8,67
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,13	0,15	0,34
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 15,6	--- 16,2	--- 15,1
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,5 22,6	20,0 23,2	21,8 29,2

DIAGRAMMATensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,007 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01363	Pagina 0/4	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 27/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 27/02/24	Fine analisi: 02/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO:	2	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 5.45-5.8

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,028	11,4	0,01	0,053	3,9	0,01	0,023	12,0	0,01
0,057	14,3	0,02	0,220	13,6	0,04	0,070	17,7	0,04
0,115	16,6	0,03	0,390	22,4	0,06	0,142	23,2	0,08
0,175	17,9	0,06	0,563	29,8	0,07	0,261	28,2	0,13
0,315	21,8	0,11	0,731	35,6	0,08	0,386	32,5	0,18
0,604	27,8	0,15	0,904	40,0	0,09	0,521	37,3	0,22
0,896	32,5	0,18	1,077	43,6	0,10	0,654	41,4	0,26
1,201	35,2	0,20	1,251	46,9	0,11	0,796	45,5	0,30
1,507	35,8	0,22	1,418	49,9	0,12	0,935	49,6	0,33
1,799	37,6	0,24	1,596	52,7	0,13	1,070	53,3	0,35
2,107	39,4	0,26	1,766	55,4	0,13	1,210	56,9	0,37
2,504	41,8	0,27	1,939	58,2	0,13	1,340	60,5	0,39
3,000	44,2	0,29	2,120	60,7	0,13	1,483	63,5	0,41
3,301	44,9	0,30	2,285	63,0	0,14	1,630	66,0	0,42
3,600	45,4	0,30	2,460	65,4	0,14	1,779	68,3	0,43
3,899	46,5	0,30	2,630	67,9	0,14	1,923	70,2	0,44
4,203	47,1	0,30	2,805	70,2	0,15	2,067	71,8	0,44
4,501	47,9	0,30	2,982	72,5	0,15	2,220	73,3	0,45
4,796	48,5	0,29	3,150	74,8	0,15	2,365	74,9	0,45
5,103	49,9	0,28	3,323	77,4	0,15	2,502	76,4	0,46
5,404	50,4	0,28	3,498	79,9	0,15	2,693	78,1	0,46
5,696	51,0	0,26	3,675	82,0	0,15	2,989	80,4	0,46
6,001	51,7	0,25	3,847	84,1	0,15	3,278	82,3	0,46
6,303	52,3	0,25	4,019	86,4	0,15	3,570	84,7	0,46
6,596	52,8	0,23	4,191	87,8	0,15	3,868	86,2	0,46
6,898	53,5	0,22	4,369	89,8	0,15	4,156	87,9	0,46
7,199	53,8	0,21	4,539	91,2	0,15	4,451	89,4	0,46
7,499	53,6	0,19	4,712	92,4	0,15	4,740	90,7	0,46
7,796	54,0	0,17	4,888	91,7	0,14	5,038	91,8	0,46
8,097	54,6	0,16	5,059	90,1	0,14	5,325	92,5	0,46
8,400	54,8	0,15				5,625	93,3	0,45
8,696	55,3	0,13				5,922	93,9	0,44
						6,212	94,4	0,43
						6,501	95,0	0,42
						6,801	95,6	0,41
						7,096	96,1	0,40
						7,392	96,2	0,39
						7,682	96,7	0,38
						7,984	97,2	0,36
						8,279	97,8	0,35
						8,567	98,1	0,35

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01363 Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24 Inizio analisi: 27/02/24

Apertura campione: 27/02/24 Fine analisi: 02/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 5.45-5.8

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1

Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,892
Sezione (cm²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

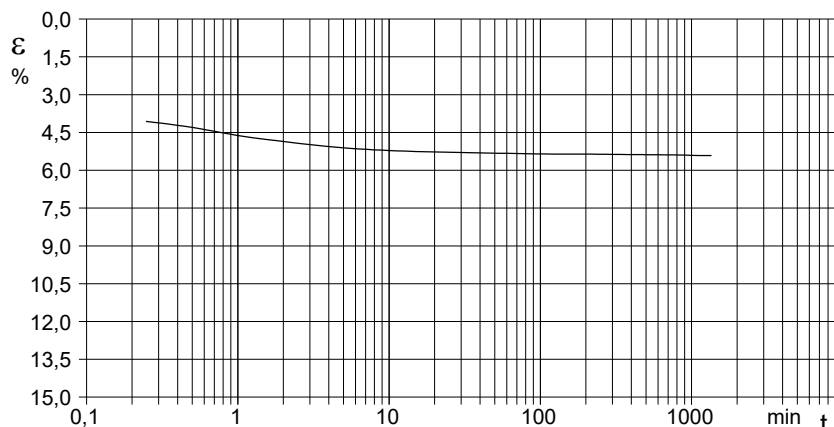


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2

Pressione (kPa)	157
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,893
Sezione (cm²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

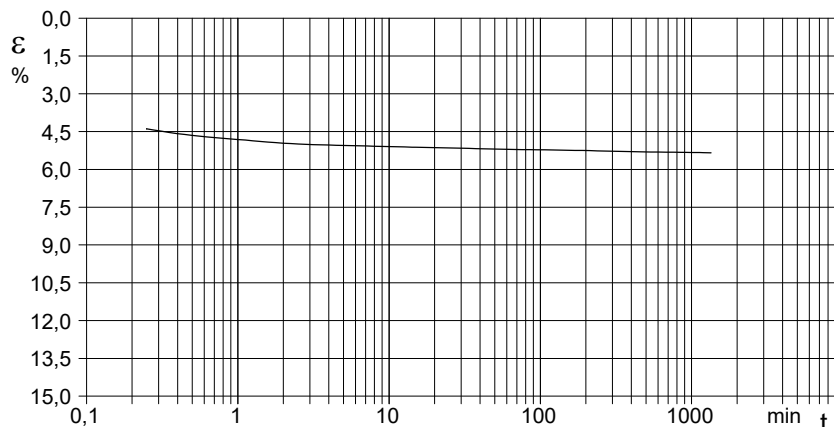
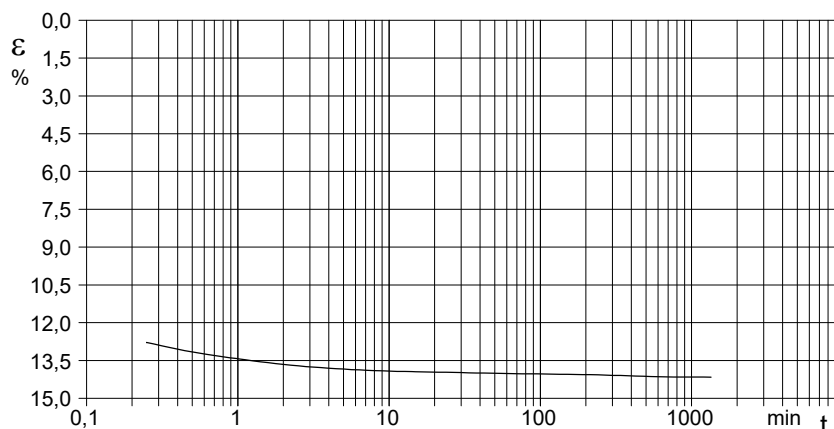


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3

Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,717
Sezione (cm²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01363	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 27/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 27/02/24	Fine analisi: 02/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze			
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	5.45-5.8

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

[illegible]

COMMITTENTE:	SOGET per Città Metropolitana di Firenze		
RIFERIMENTO:	S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)		
SONDAGGIO:	2	CAMPIONE:	1
		PROFONDITA': m	5.45-5.8

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	157	191
Tensione a rottura (kPa):	55	92	98
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	8,60	4,71	8,67
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,13	0,15	0,34
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 15,6	--- 16,2	--- 15,1
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,5 22,6	20,0 23,2	21,8 29,2

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 10,2 kPa
Angolo di attrito interno: 26,1 °

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

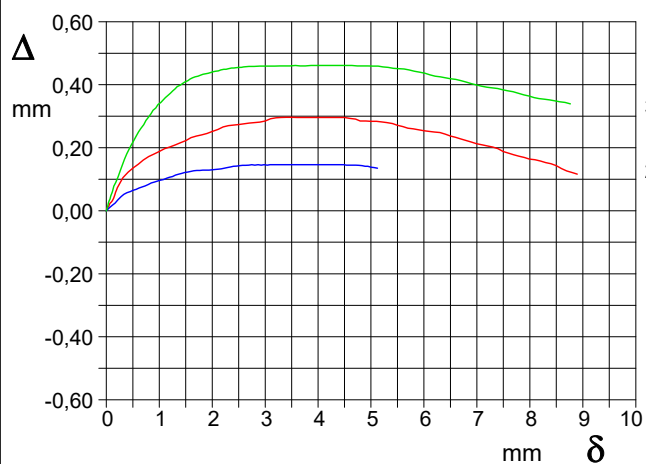
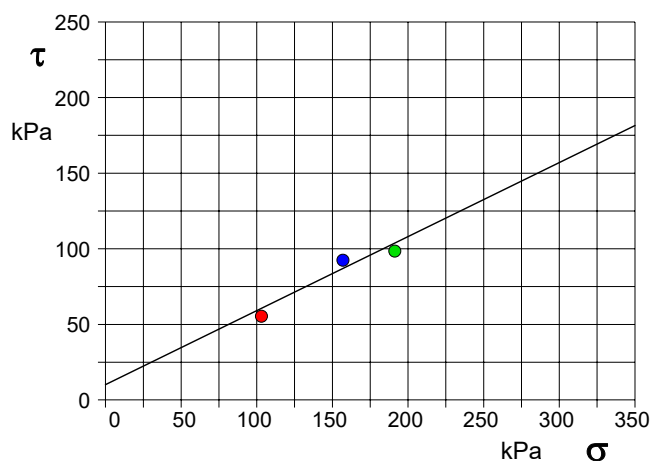


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

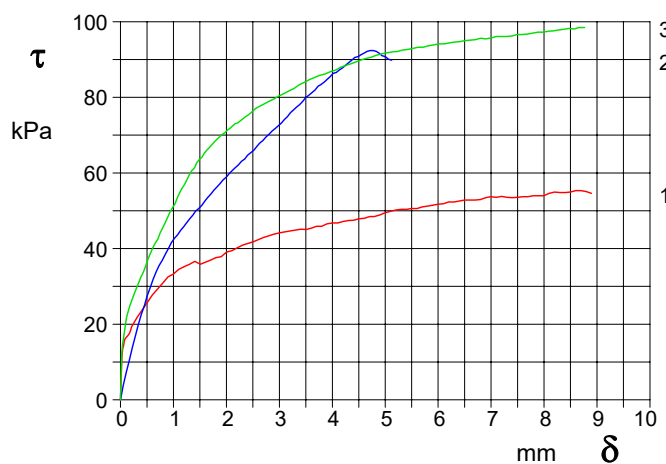


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

COMMITTENTE:	SOGET per Città Metropolitana di Firenze		
RIFERIMENTO:	S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)		
SONDAGGIO:	2	CAMPIONE:	2
		PROFONDITA': m	38.2-38.5

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	13,5	%
Peso di volume		kN/m ³
Peso di volume secco		kN/m ³
Peso di volume saturo		kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti		
Porosità		%
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità	32,3	%
Limite di plasticità	18,7	%
Indice di plasticità	13,6	%
Indice di consistenza	1,38	
Passante al set. n° 42	SI	
Limite di ritiro	17,2	%
CNR-UNI 10006/00	A6	I.G. = 5

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	23,3	%
Sabbia	25,0	%
Limo	33,7	%
Argilla	18,0	%
D 10	0,000713	mm
D 50	0,049000	mm
D 60	0,155335	mm
D 90	9,835588	mm
Passante set. 10	76,7	%
Passante set. 42	67,3	%
Passante set. 200	53,5	%

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_u Rim$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta	
c'	kPa
ϕ'	°
c'_{Res}	kPa
ϕ'_{Res}	°

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico		Qualità del campione: Q 5
------------------------------	--	---------------------------

Posizione delle prove		cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	0				Arenaria e ciottoli in matrice limoso sabbiosa MUNSELL SOIL COLOR: 7.5YR 5/3 Brown Le caratteristiche naturali del campione (consistenza, granulometria ed assenza di matrice) non hanno permesso la preparazione di provini idonei ad esser sottoposti a prova di taglio
		10				
		20				
		30				
					37	

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01367	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 28/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 27/02/24	Fine analisi: 04/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze			
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	38.2-38.5

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	76,7	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	67,3	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	53,5	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	32,3	%
Limite di plasticità	18,7	%
Indice di plasticità	13,6	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A6

INDICE DI GRUPPO: 5

Tipi usuali dei materiali principali:
Argille poco compressibili

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01364	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 27/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 27/02/24	Fine analisi: 28/02/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze			
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	38.2-38.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 13,5 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo

☐ Stratificato

☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01365 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24 Inizio analisi: 06/03/24

Apertura campione: 27/02/24 Fine analisi: 07/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 38.2-38.5

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	32,3	%
Limite di plasticità	18,7	%
Indice di plasticità	13,6	%
Indice di consistenza	1,38	
Passante al set. n° 42	SI	

C - Argille inorganiche

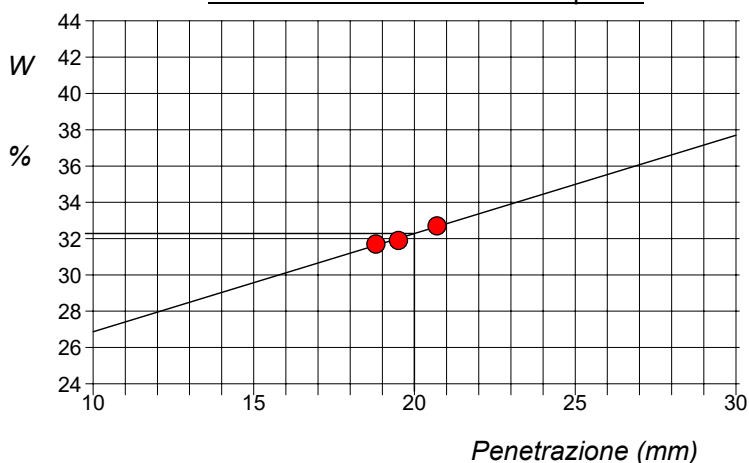
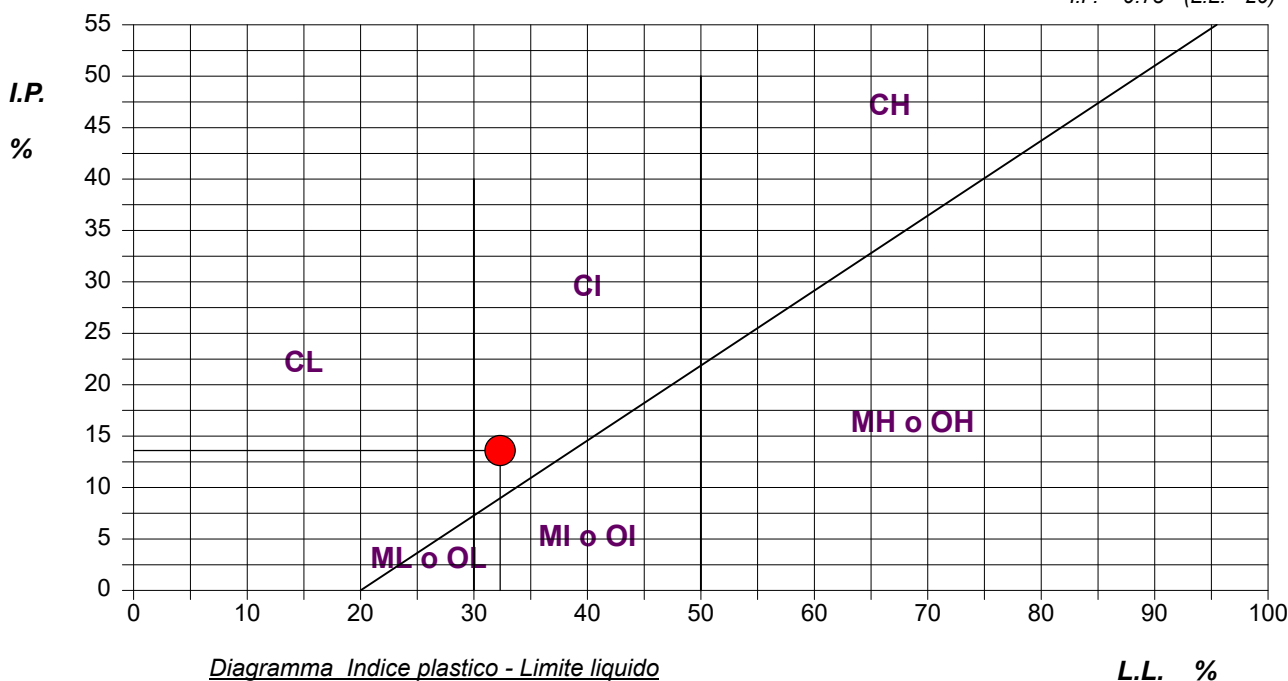
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

L - Bassa plasticità

I - Media plasticità

H - Alta plasticità

Determinazione del Limite di liquidità**ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE** $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01366	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 06/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 27/02/24	Fine analisi: 07/03/24
COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze			
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 38.2-38.5	
<u>LIMITE DI RITIRO</u>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 427-04			

Materiale passante al setaccio n° 42 (0.400 mm): 67 %

Limite di ritiro = 17,2 %

Coefficiente di ritiro = 1,83

Ritiro di volume = 33,61

Ritiro lineare = 9,21

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01367 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24

Inizio analisi: 28/02/24

Apertura campione: 27/02/24

Fine analisi: 04/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 2

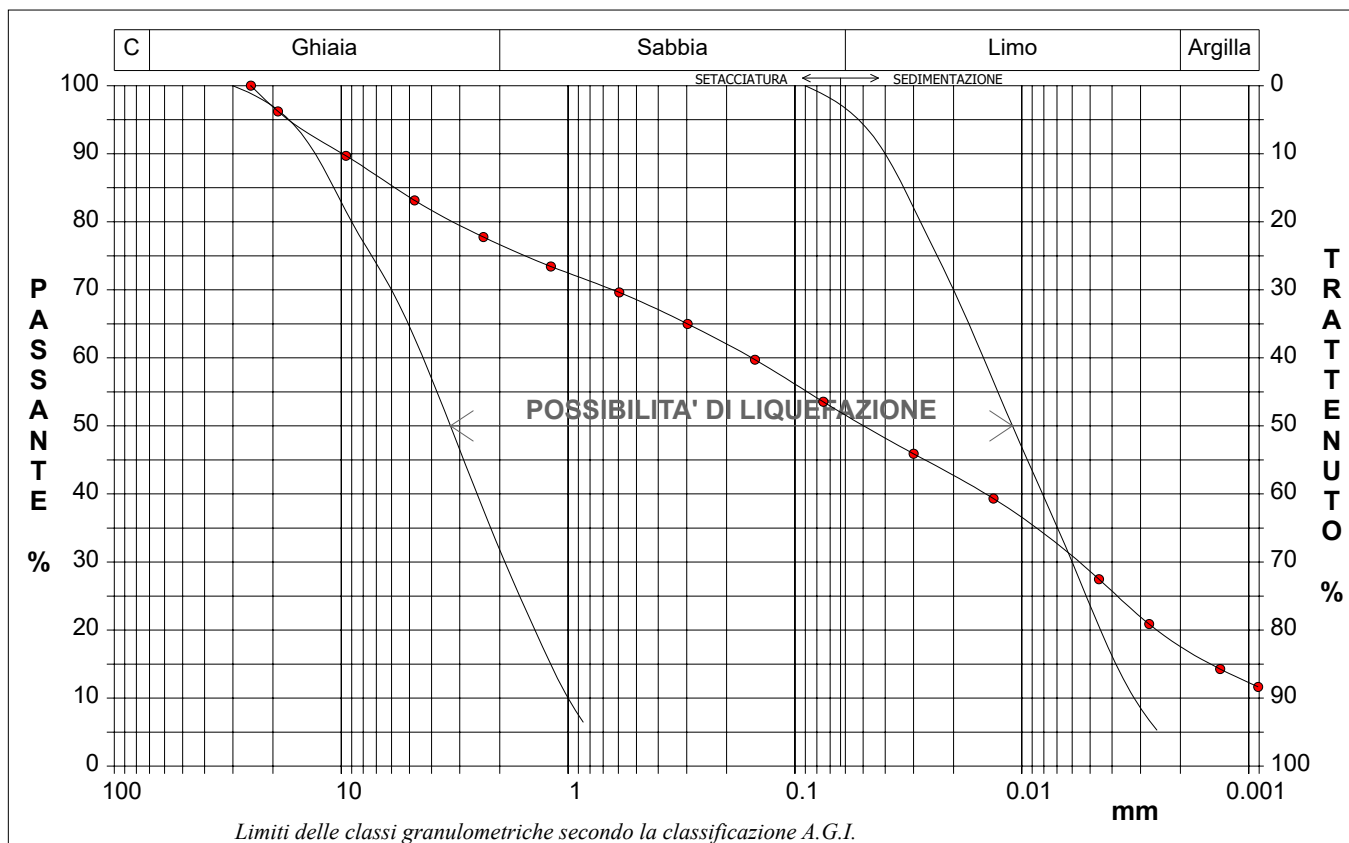
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 38.2-38.5

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	23,3 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	76,7 %	D10	0,00071 mm	
Sabbia	25,0 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	67,3 %	D30	0,00574 mm	
Limo	33,7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	53,5 %	D50	0,04900 mm	
Argilla	18,0 %			D60	0,15534 mm	
Coefficiente di uniformità		217,78	Coefficiente di curvatura	0,30	D90	9,83559 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione A.G.I.

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
25,0000	100,00	1,1900	73,43	0,0300	45,91	0,0009	11,65		
19,0000	96,22	0,5950	69,62	0,0133	39,32				
9,5200	89,69	0,2970	64,99	0,0046	27,46				
4,7500	83,15	0,1500	59,73	0,0027	20,87			Setacci	9
2,3600	77,75	0,0750	53,55	0,0013	14,28			Punti sediment.	6

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: CR 1	PROFONDITA': m	5.0-5.5	

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	6,8	%
Peso di volume		kN/m ³
Peso di volume secco		kN/m ³
Peso di volume saturo		kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti		
Porosità		%
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 42		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A1-a	I.G. = 0

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	73,0	%
Sabbia	14,7	%
Limo	10,2	%
Argilla	2,1	%
D 10	0,032732	mm
D 50	19,182910	mm
D 60	27,207380	mm
D 90	77,567050	mm
Passante set. 10	27,0	%
Passante set. 42	18,0	%
Passante set. 200	13,1	%

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u \text{ Rim}}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta	
c'	kPa
ϕ'	°
c'_{Res}	kPa
ϕ'_{Res}	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C _d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C' _{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C _{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C _u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA



OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Massivo Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove		cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	0				Ghiaia e ciottoli in scarsa matrice limosa MUNSELL SOIL COLOR: 10YR 5/4 Yellowish brown
		10				
		20				
		30				Le caratteristiche naturali del campione (granulometria) non hanno permesso la preparazione di provini idonei ad esser sottoposti a prova di taglio
		40				
		50			50	

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01370	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 07/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 11/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: CR 1		PROFONDITA': m 5.0-5.5

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	27,0	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	18,0	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	13,1	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	N.D.	%
Limite di plasticità	N.D.	%
Indice di plasticità	- - -	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A1-a INDICE DI GRUPPO: 0

Tipi usuali dei materiali principali:

Ghiaia o breccia, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01368	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 04/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 05/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: CR 1		PROFONDITA': m 5.0-5.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale = 6,8 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01369 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24 Inizio analisi: 04/03/24

Apertura campione: 04/03/24 Fine analisi: 04/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 1

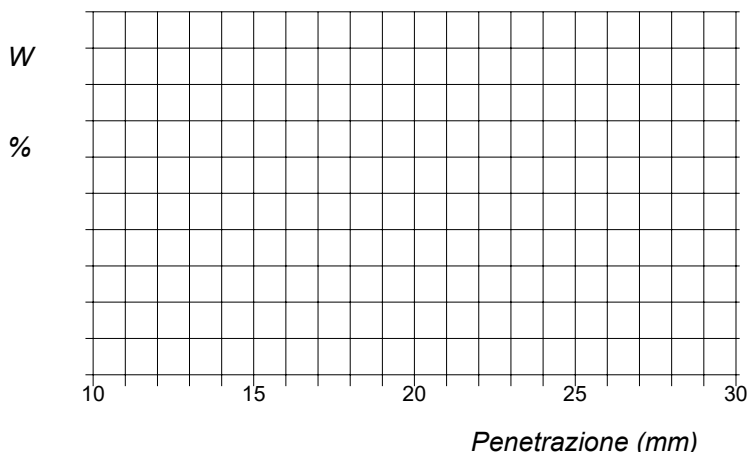
CAMPIONE: CR 1

PROFONDITA': m 5.0-5.5

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità N.D. %
Limite di plasticità N.D. %
Indice di plasticità %
Indice di consistenza
Passante al set. n° 42

Determinazione del Limite di liquidità**C - Argille inorganiche**

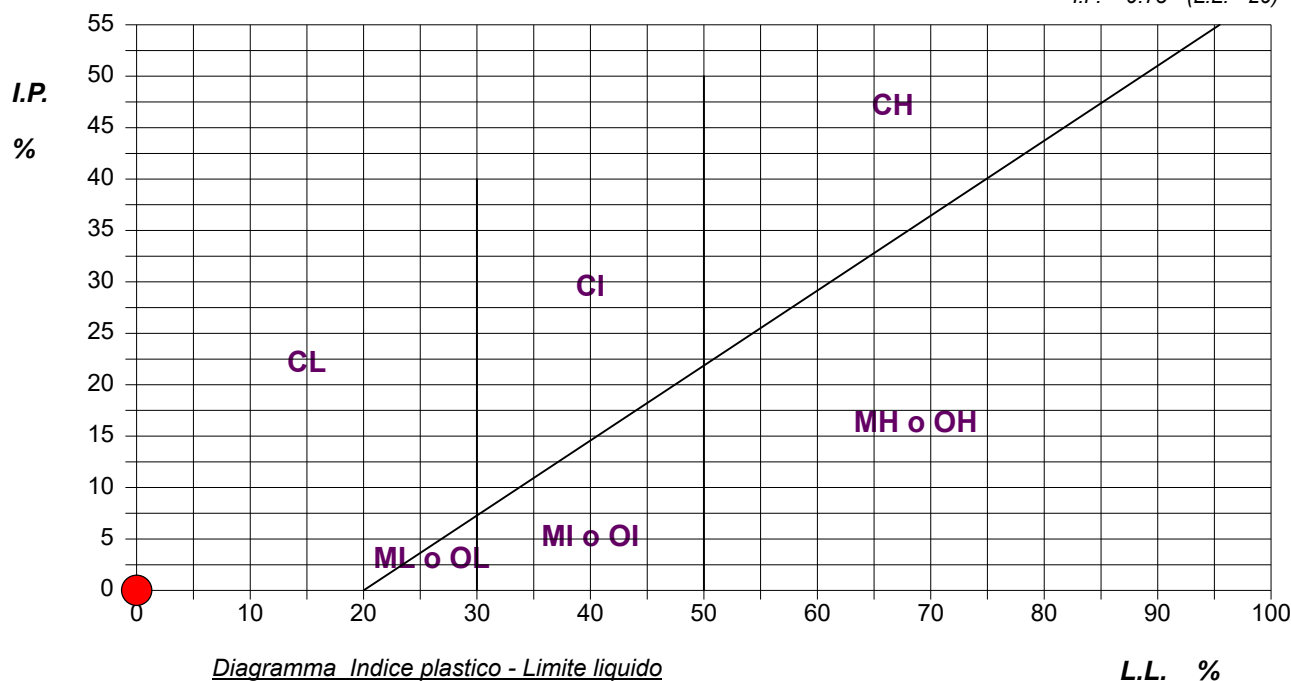
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

L - Bassa plasticità

I - Media plasticità

H - Alta plasticità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01370 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24

Inizio analisi: 07/03/24

Apertura campione: 04/03/24

Fine analisi: 11/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 1

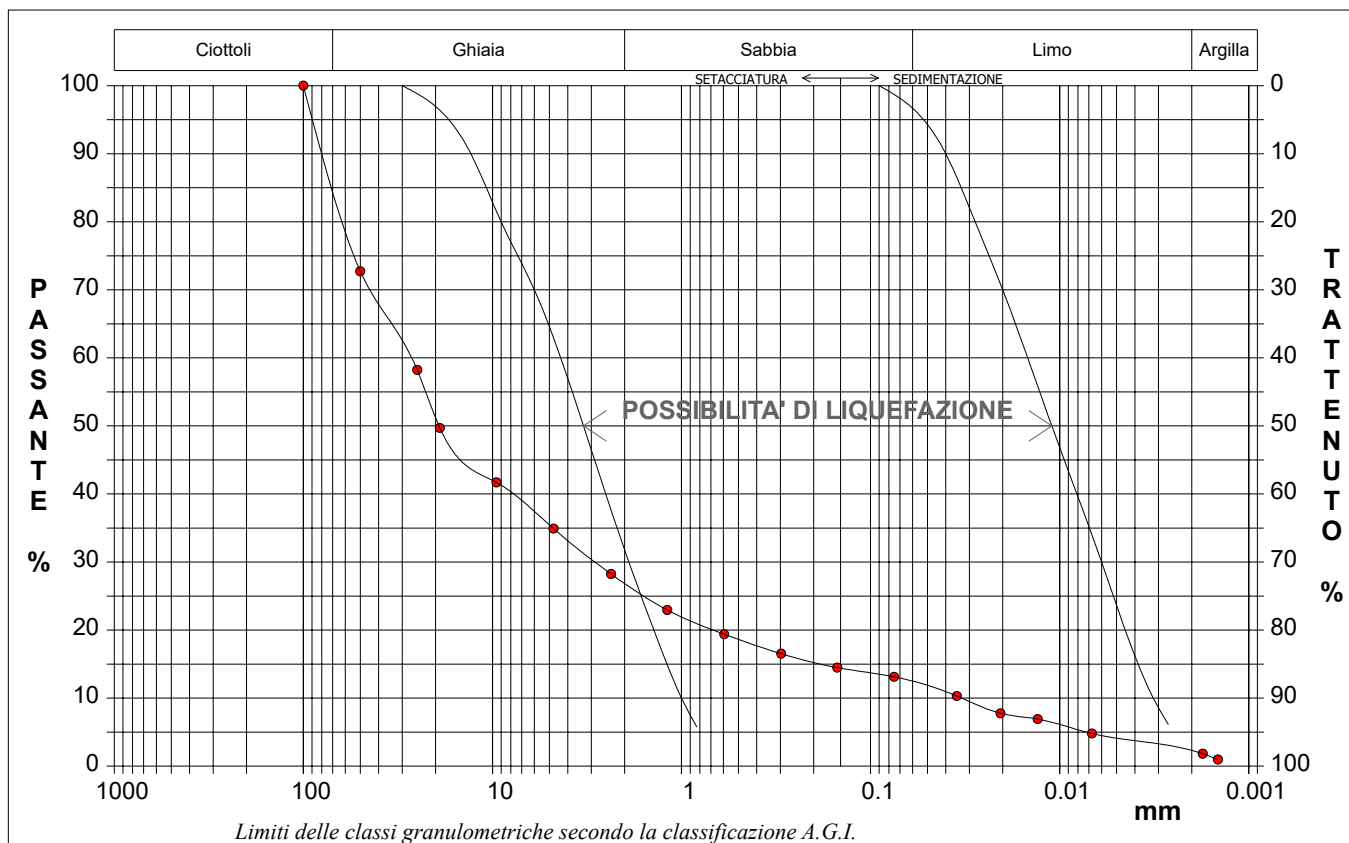
CAMPIONE: CR 1

PROFONDITA': m 5.0-5.5

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia e ciottoli	73,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	27,0 %	D10	0,03273 mm
Sabbia	14,7 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	18,0 %	D30	2,83757 mm
Limo	10,2 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	13,1 %	D50	19,18291 mm
Argilla	2,1 %			D60	27,20738 mm
				D90	77,56705 mm
Coefficiente di uniformità		831,21	Coefficiente di curvatura		9,04



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
100,0000	100,00	4,7500	34,91	0,1500	14,48	0,0067	4,80		
50,0000	72,71	2,3600	28,24	0,0750	13,13	0,0018	1,83		
25,0000	58,23	1,1900	22,96	0,0350	10,31	0,0015	0,98		
19,0000	49,70	0,5950	19,40	0,0205	7,77			Setacci	11
9,5200	41,70	0,2970	16,53	0,0131	6,92			Punti sediment.	6

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

COMMITTENTE:	SOGET per Città Metropolitana di Firenze		
RIFERIMENTO:	S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	CR 2
		PROFONDITA': m	8.1-8.4

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	10,5	%
Peso di volume	20,0	kN/m³
Peso di volume secco	18,1	kN/m³
Peso di volume saturo	21,2	kN/m³
Peso specifico	26,5	kN/m³
Indice dei vuoti	0,464	
Porosità	31,7	%
Grado di saturazione	61,2	%
Limite di liquidità	28,4	%
Limite di plasticità	19,7	%
Indice di plasticità	8,7	%
Indice di consistenza	2,06	
Passante al set. n° 42	SI	
Limite di ritiro	18,0	%
CNR-UNI 10006/00	A2-4	I.G. = 0

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	54,3	%
Sabbia	16,5	%
Limo	23,4	%
Argilla	5,8	%
D 10	0,004008	mm
D 50	3,254969	mm
D 60	8,307277	mm
D 90	34,820980	mm
Passante set. 10	45,7	%
Passante set. 42	35,7	%
Passante set. 200	30,2	%

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u Rim}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

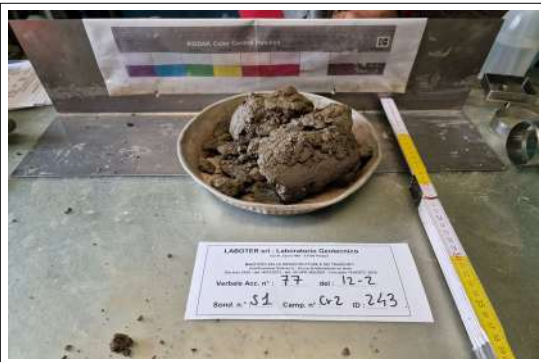
Prova consolidata-lenta			
c'	14,4	kPa	
ϕ'	26,5	°	
c'_{Res}		kPa	
ϕ'_{Res}		°	

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm²/sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Massivo		Qualità del campione: Q 5
---------------------------	--	---------------------------

Posizione delle prove			cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	TD					
			0				Argilliti con litici siltitici MUNSELL SOIL COLOR: 10YR 6/2 Light brownish gray
			5				
			10				
			15				
			20				
			25				
			30				
						30	

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01375	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 07/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 12/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: CR 2		PROFONDITA': m 8.1-8.4

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	45,7	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	35,7	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	30,2	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	28,4	%
Limite di plasticità	19,7	%
Indice di plasticità	8,7	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A2-4

INDICE DI GRUPPO: 0

Tipi usuali dei materiali principali:
Ghiaia limosa o argillosa e sabbia

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01371	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 04/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 05/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: CR 2		PROFONDITA': m 8.1-8.4

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 10,5 %

☒ Omogeneo

Struttura del materiale:

☐ Stratificato

☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01372	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 04/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 04/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: CR 2		PROFONDITA': m 8.1-8.4

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 20,0 kN/m³

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01373 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24 Inizio analisi: 06/03/24

Apertura campione: 04/03/24 Fine analisi: 07/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 1

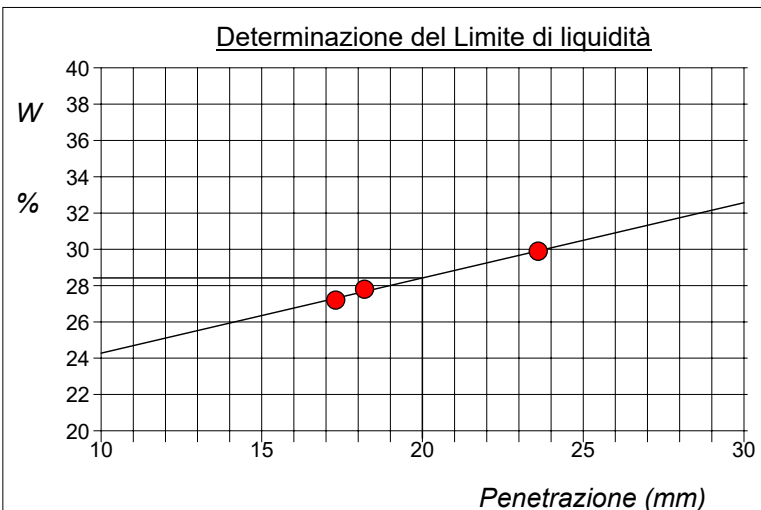
CAMPIONE: CR 2

PROFONDITA': m 8.1-8.4

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	28,4	%
Limite di plasticità	19,7	%
Indice di plasticità	8,7	%
Indice di consistenza	2,06	
Passante al set. n° 42	SI	

**C - Argille inorganiche**

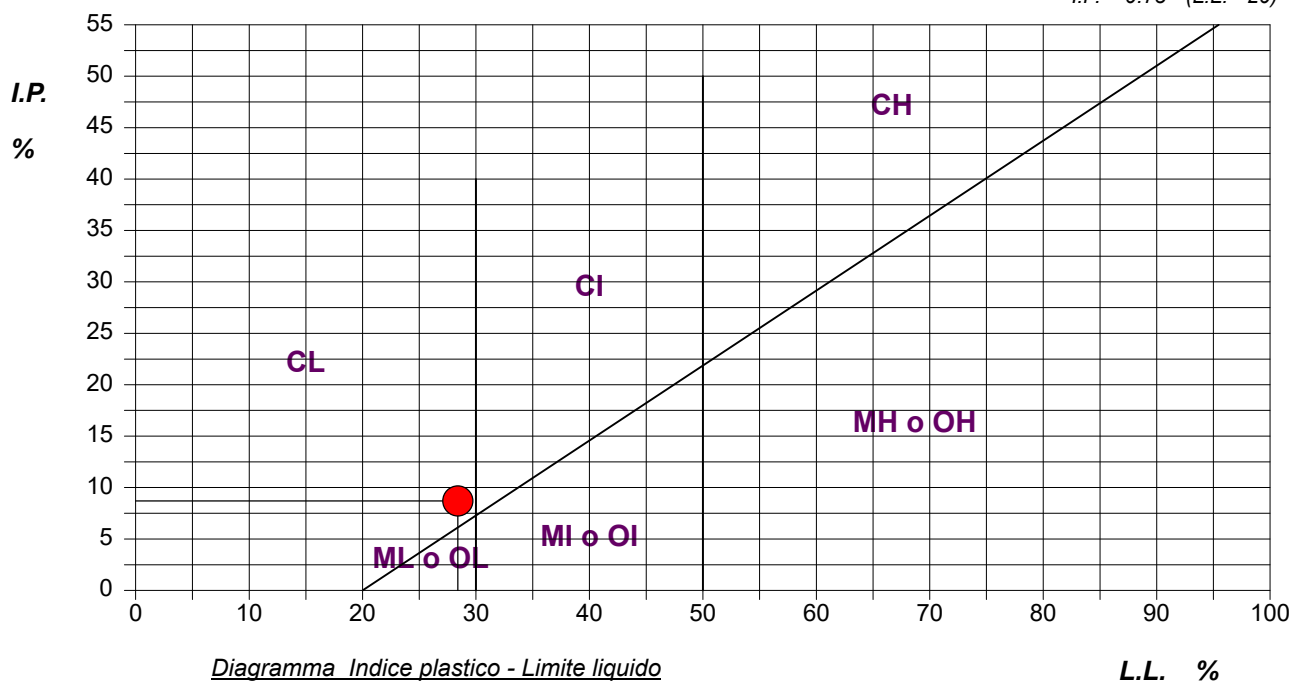
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

L - Bassa plasticità

I - Media plasticità

H - Alta plasticità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01374	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 06/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 07/03/24
COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze			
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: CR 2	PROFONDITA': m 8.1-8.4	
<u>LIMITE DI RITIRO</u>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 427-04			

Materiale passante al setaccio n° 42 (0.400 mm): 36 %

Limite di ritiro = 18,0 %

Coefficiente di ritiro = 1,82

Ritiro di volume = 21,96

Ritiro lineare = 6,40

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01375 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24

Inizio analisi: 07/03/24

Apertura campione: 04/03/24

Fine analisi: 12/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 1

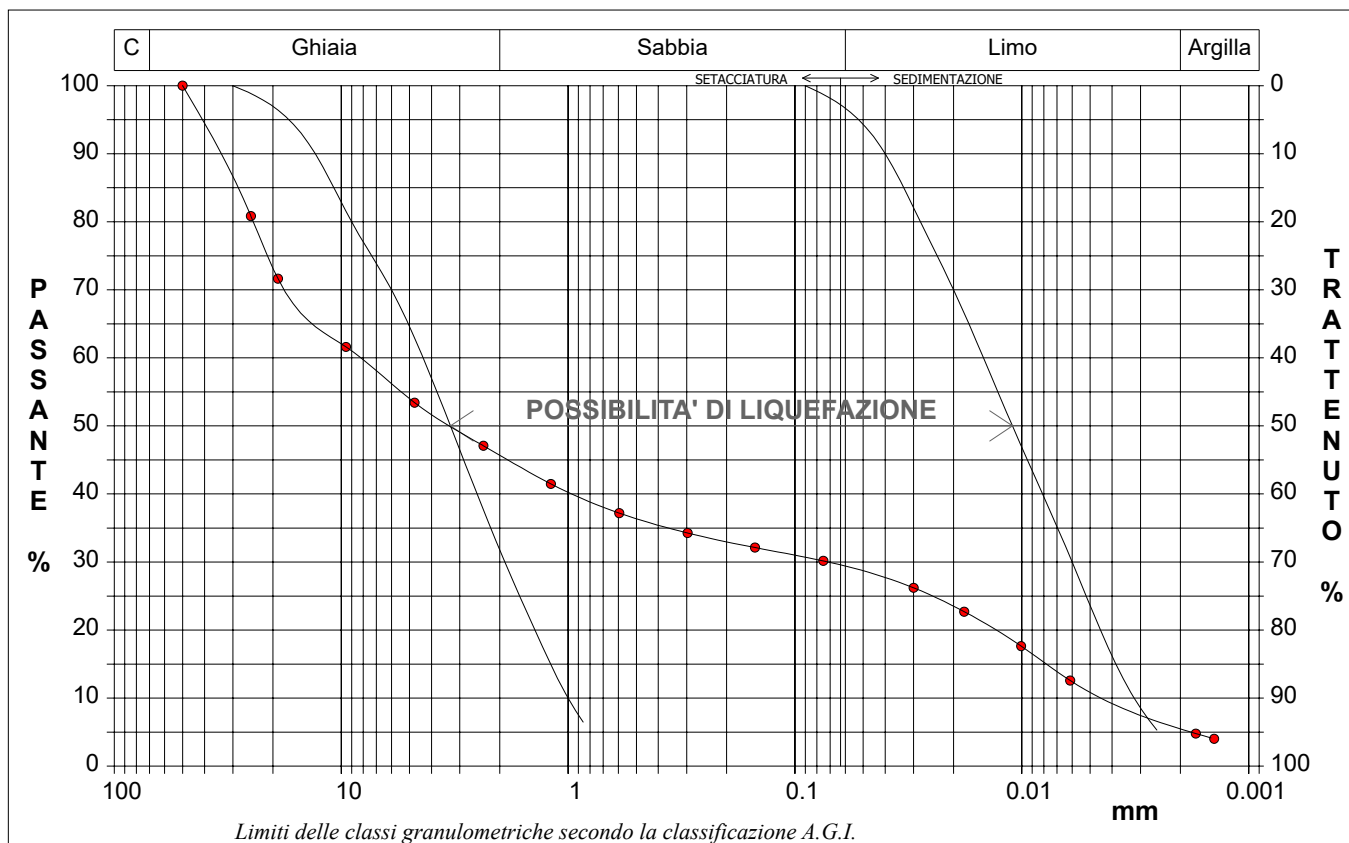
CAMPIONE: CR 2

PROFONDITA': m 8.1-8.4

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	54,3 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	45,7 %	D10	0,00401 mm
Sabbia	16,5 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	35,7 %	D30	0,07209 mm
Limo	23,4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	30,2 %	D50	3,25497 mm
Argilla	5,8 %			D60	8,30728 mm
				D90	34,82098 mm
Coefficiente di uniformità		2072,46	Coefficiente di curvatura		0,16



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
50,0000	100,00	2,3600	47,09	0,0750	30,17	0,0017	4,80		
25,0000	80,84	1,1900	41,48	0,0300	26,21	0,0014	4,02		
19,0000	71,63	0,5950	37,19	0,0180	22,71				
9,5200	61,60	0,2970	34,26	0,0101	17,65			Setacci	10
4,7500	53,42	0,1500	32,12	0,0061	12,59			Punti sediment.	6

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 01376** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24

Inizio analisi: 04/03/24

Apertura campione: 04/03/24

Fine analisi: 09/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: CR 2

PROFONDITA': m 8.1-8.4

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

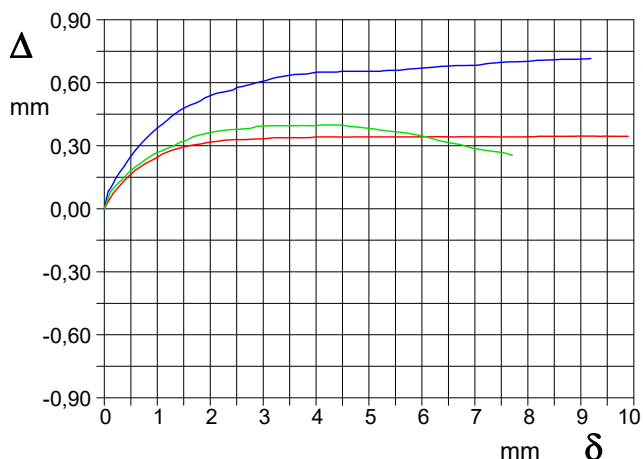
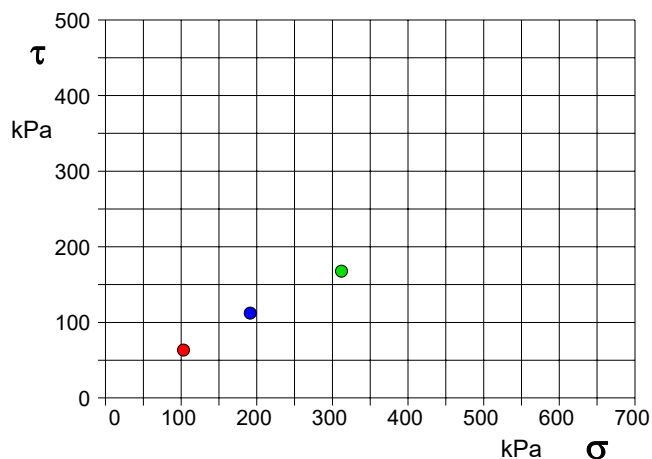
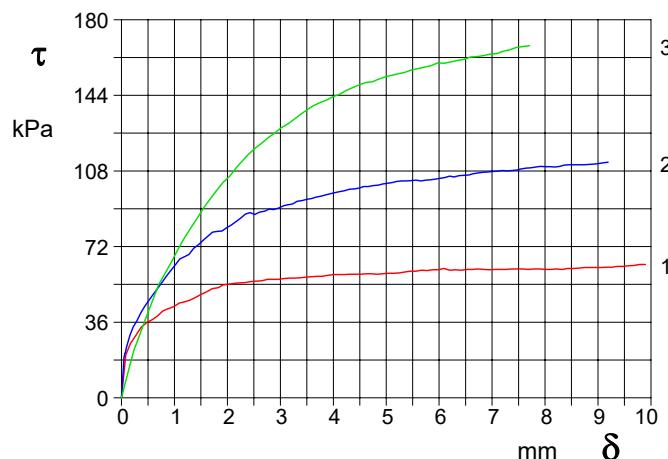
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Semidisturbato	Semidisturbato	Semidisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	63	112	168
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	9,79	9,19	7,71
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,35	0,72	0,26
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 16,7	--- 13,6	--- 12,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,8 24,4	20,0 24,7	20,1 25,0

DIAGRAMMATensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,015 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01376	Pagina 0/4	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 04/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 09/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	CR 2	PROFONDITA': m 8.1-8.4

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

[illegible]

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01376 Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24 Inizio analisi: 04/03/24

Apertura campione: 04/03/24 Fine analisi: 09/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: CR 2

PROFONDITA': m 8.1-8.4

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1

Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,500
Altezza finale (cm)	2,367
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

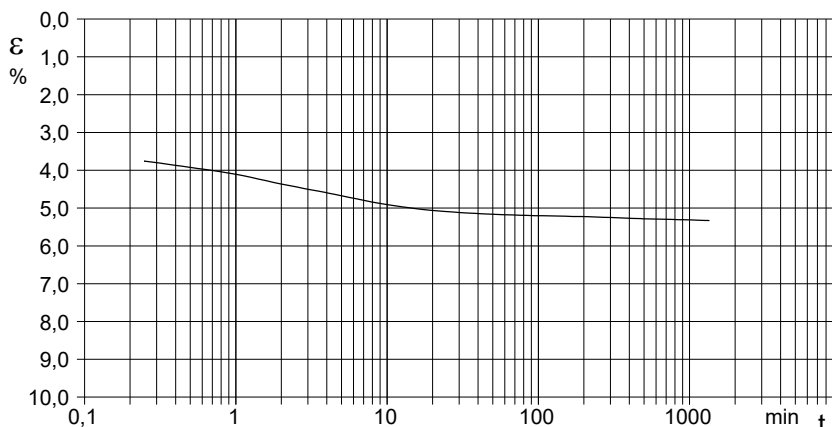


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2

Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,500
Altezza finale (cm)	2,303
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

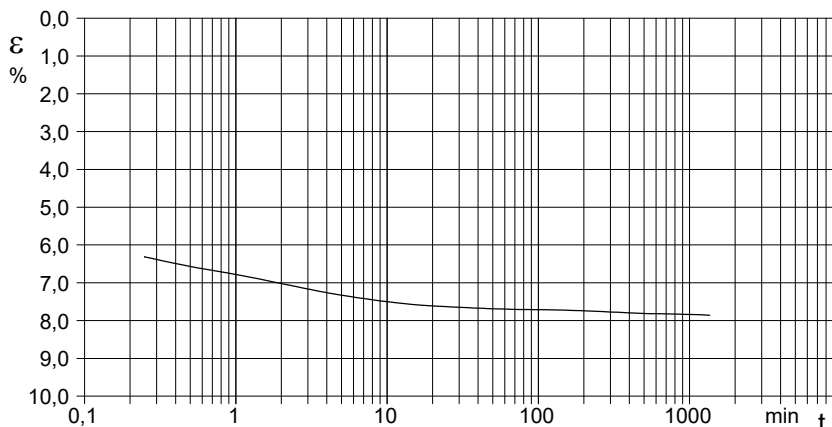
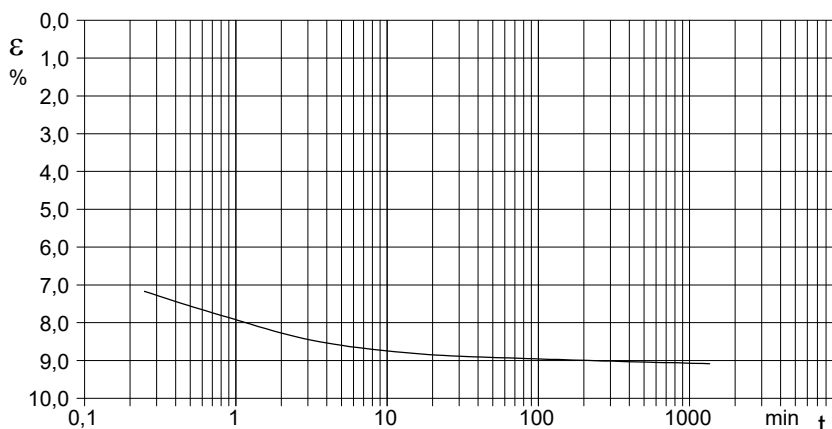


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3

Pressione (kPa)	312
Altezza iniziale (cm)	2,500
Altezza finale (cm)	2,273
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01376	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 04/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 09/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	CR 2	PROFONDITA': m 8.1-8.4

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

[illegible]

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze			
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: CR 2	PROFONDITA': m 8.1-8.4	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Semidisturbato	Semidisturbato	Semidisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	63	112	168
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	9,79	9,19	7,71
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,35	0,72	0,26
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 16,7	--- 13,6	--- 12,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,8 24,4	20,0 24,7	20,1 25,0

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 14,4 kPa
Angolo di attrito interno: 26,5 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,015 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

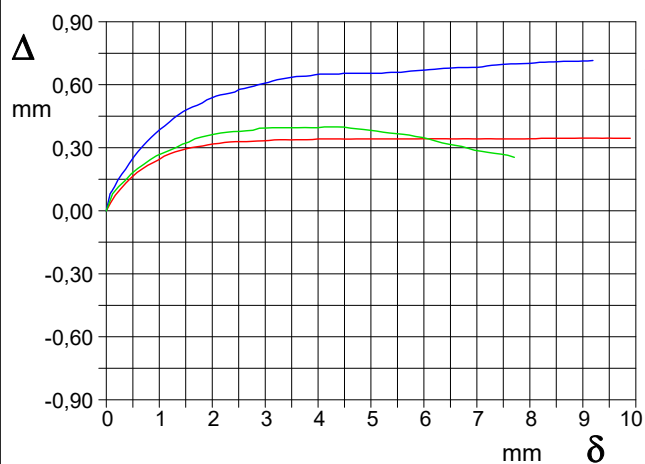
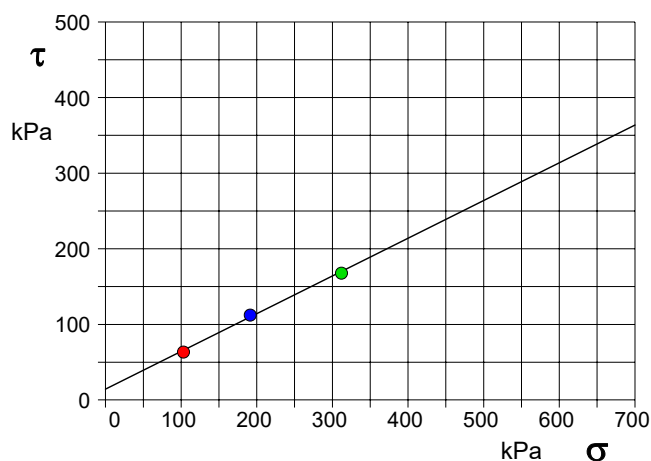


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

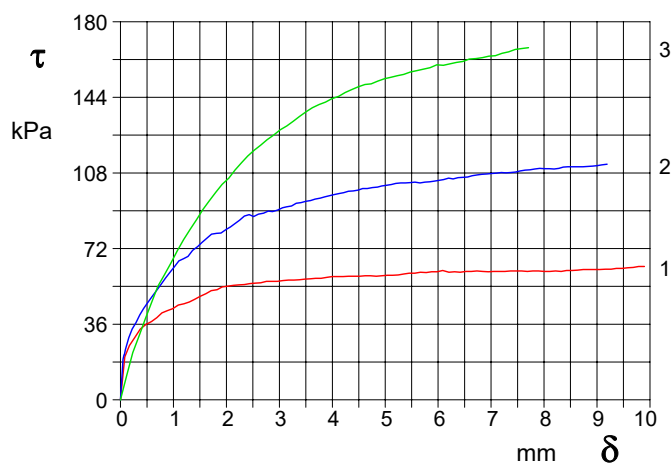


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

COMMITTENTE:	SOGET per Città Metropolitana di Firenze			
RIFERIMENTO:	S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)			
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	CR 3	PROFONDITA': m 10.6-11.0

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	17,5	%
Peso di volume		kN/m ³
Peso di volume secco		kN/m ³
Peso di volume saturo		kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti		
Porosità		%
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 42		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A1-a	I.G. = 0

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	69,4	%
Sabbia	19,2	%
Limo	9,4	%
Argilla	2,0	%
D 10	0,044557	mm
D 50	5,670217	mm
D 60	8,495440	mm
D 90	23,575670	mm
Passante set. 10	30,6	%
Passante set. 42	20,2	%
Passante set. 200	12,4	%

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u \text{ Rim}}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta	
c'	kPa
ϕ'	°
c'_{Res}	kPa
ϕ'_{Res}	°

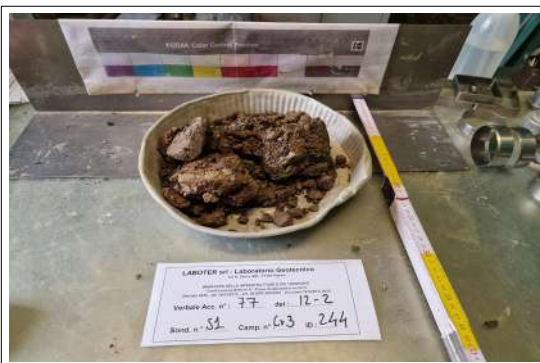
COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C _d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C' _{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C _{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C _u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA



OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Massivo	Qualità del campione: Q 2

Posizione delle prove		cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR					
		0				Ghiaia e ciottoli in scarsa matrice sabbiosa MUNSELL SOIL COLOR: 2.5YR 6/3 Light reddish brown
		10				
		20				Le caratteristiche naturali del campione (granulometria ed assenza di matrice) non hanno permesso la preparazione di provini idonei ad esser sottoposti a prova di taglio
		30				
		40			40	

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01379	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 05/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 08/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze			
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: CR 3	PROFONDITA': m	10.6-11.0

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	30,6	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	20,2	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	12,4	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	N.D.	%
Limite di plasticità	N.D.	%
Indice di plasticità	- - -	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A1-a INDICE DI GRUPPO: 0

Tipi usuali dei materiali principali:

Ghiaia o breccia, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01377	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 04/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 05/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: CR 3		PROFONDITA': m 10.6-11.0

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 17,5 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo

☐ Stratificato

☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01378 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24 Inizio analisi: 04/03/24

Apertura campione: 04/03/24 Fine analisi: 04/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 1

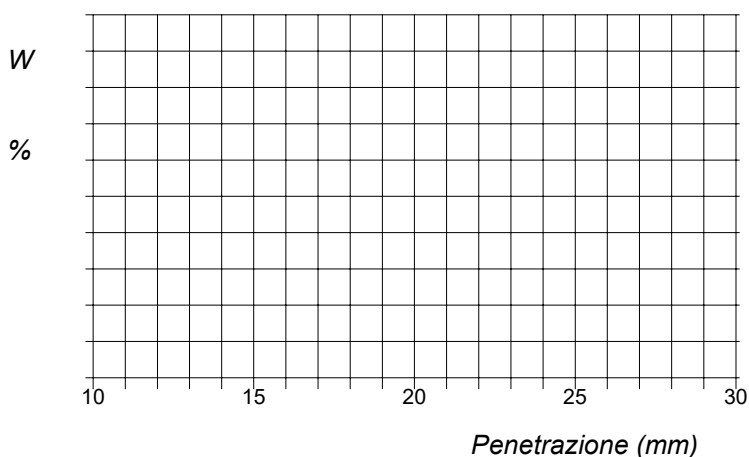
CAMPIONE: CR 3

PROFONDITA': m 10.6-11.0

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità N.D. %
Limite di plasticità N.D. %
Indice di plasticità %
Indice di consistenza
Passante al set. n° 42

Determinazione del Limite di liquidità**C - Argille inorganiche**

M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

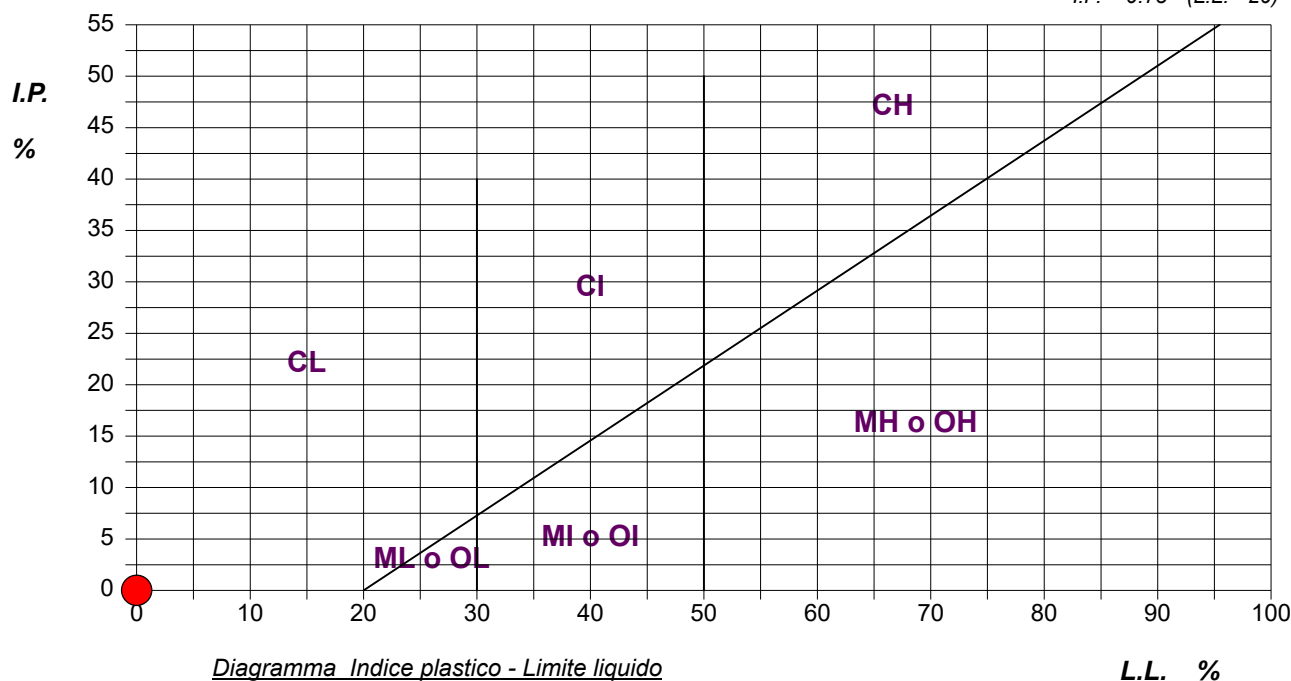
L - Bassa plasticità

I - Media plasticità

H - Alta plasticità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

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



**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01379 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24

Inizio analisi: 05/03/24

Apertura campione: 04/03/24

Fine analisi: 08/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 1

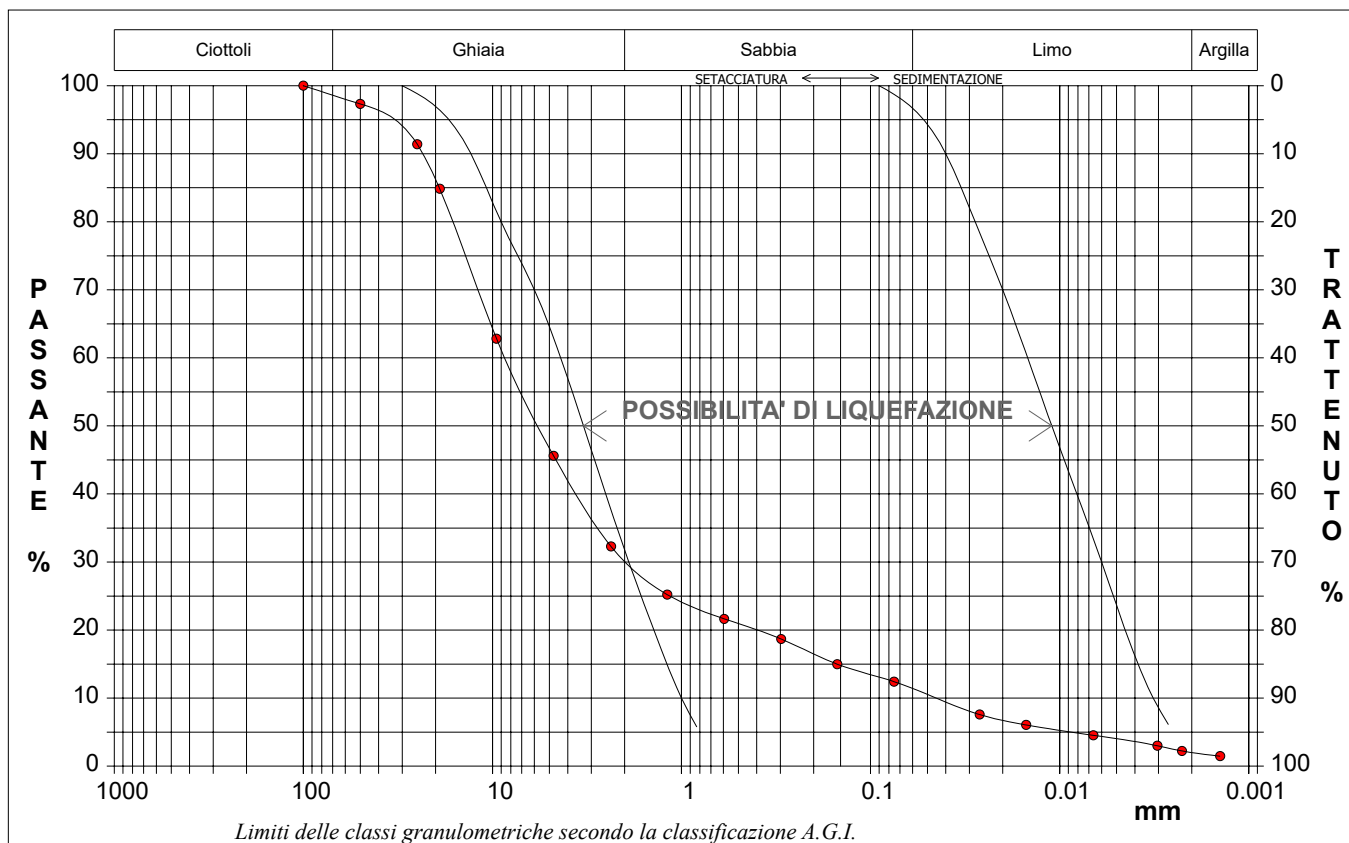
CAMPIONE: CR 3

PROFONDITA': m 10.6-11.0

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia e ciottoli	69,4 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	30,6 %	D10	0,04456 mm
Sabbia	19,2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	20,2 %	D30	1,89047 mm
Limo	9,4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	12,4 %	D50	5,67022 mm
Argilla	2,0 %			D60	8,49544 mm
				D90	23,57567 mm
Coefficiente di uniformità		190,67	Coefficiente di curvatura		9,44



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
100,0000	100,00	4,7500	45,62	0,1500	14,99	0,0030	3,01		
50,0000	97,31	2,3600	32,29	0,0750	12,42	0,0023	2,24		
25,0000	91,40	1,1900	25,22	0,0265	7,59	0,0014	1,48		
19,0000	84,85	0,5950	21,65	0,0150	6,06			Setacci	11
9,5200	62,82	0,2970	18,69	0,0066	4,53			Punti sediment.	6

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	CR 4	PROFONDITA': m 13.5-14.0

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	11,4	%
Peso di volume		kN/m ³
Peso di volume secco		kN/m ³
Peso di volume saturo		kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti		
Porosità		%
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità	28,7	%
Limite di plasticità	19,2	%
Indice di plasticità	9,5	%
Indice di consistenza	1,82	
Passante al set. n° 42	SI	
Limite di ritiro	18,4	%
CNR-UNI 10006/00	A2-4	I.G. = 0

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	63,4	%
Sabbia	19,3	%
Limo	13,4	%
Argilla	3,9	%
D 10	0,008717	mm
D 50	6,548862	mm
D 60	11,231350	mm
D 90	32,868280	mm
Passante set. 10	36,6	%
Passante set. 42	27,7	%
Passante set. 200	18,2	%

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u \text{ Rim}}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta	
c'	kPa
ϕ'	°
c'_{Res}	kPa
ϕ'_{Res}	°

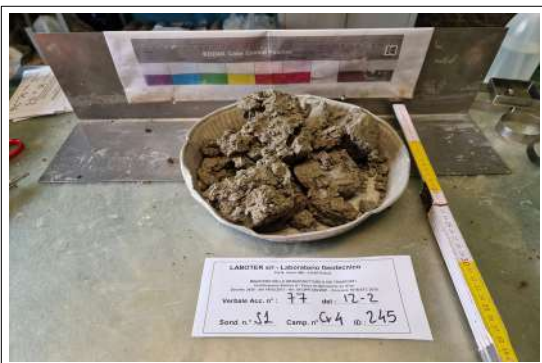
COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C _d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C' _{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C _{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C _u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA



OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Massivo Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove		cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	0				Ghiaia e ciottoli in scarsa matrice MUNSELL SOIL COLOR: 2.5Y 6/2 Light brownish gray
		10				
		20				
		30				Le caratteristiche naturali del campione (granulometria) non hanno permesso la preparazione di provini idonei ad esser sottoposti a prova di taglio
		40				
		50			50	

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01383	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 07/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 12/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: CR 4		PROFONDITA': m 13.5-14.0

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	36,6	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	27,7	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	18,2	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	28,7	%
Limite di plasticità	19,2	%
Indice di plasticità	9,5	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A2-4

INDICE DI GRUPPO: 0

Tipi usuali dei materiali principali:

Ghiaia limosa o argillosa e sabbia

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01380	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 04/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 05/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: CR 4		PROFONDITA': m 13.5-14.0

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 11,4 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo

☐ Stratificato

☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01381 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24 Inizio analisi: 06/03/24

Apertura campione: 04/03/24 Fine analisi: 07/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 1

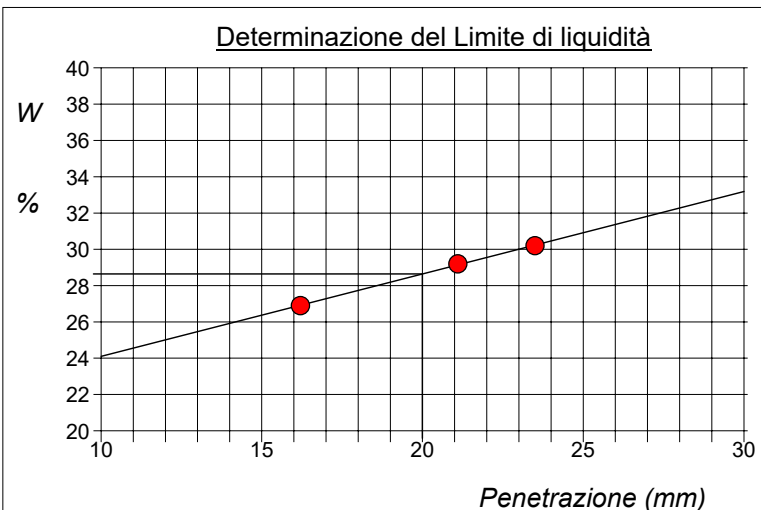
CAMPIONE: CR 4

PROFONDITA': m 13.5-14.0

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	28,7	%
Limite di plasticità	19,2	%
Indice di plasticità	9,5	%
Indice di consistenza	1,82	
Passante al set. n° 42	SI	

**C - Argille inorganiche**

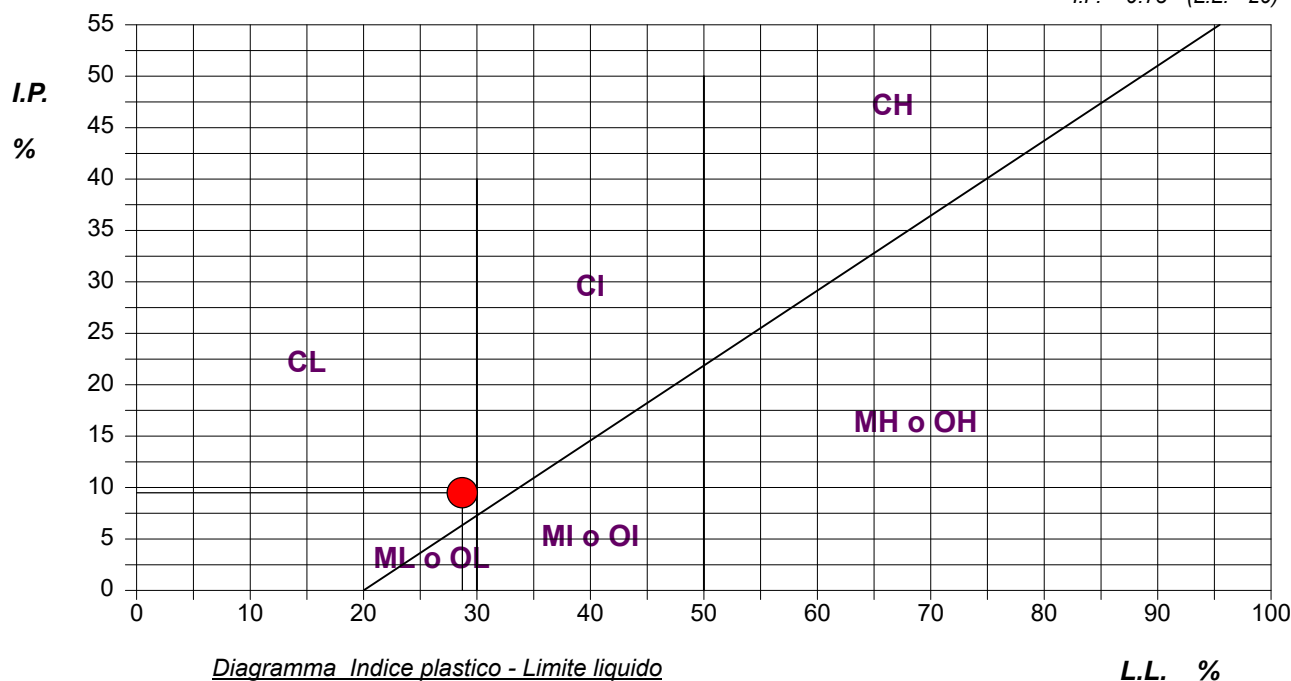
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

L - Bassa plasticità

I - Media plasticità

H - Alta plasticità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01382	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 06/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 07/03/24
COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze			
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: CR 4	PROFONDITA': m 13.5-14.0	
<u>LIMITE DI RITIRO</u>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 427-04			

Materiale passante al setaccio n° 42 (0.400 mm): 28 %

Limite di ritiro = 18,4 %

Coefficiente di ritiro = 1,86

Ritiro di volume = 26,24

Ritiro lineare = 7,47

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01383 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24

Inizio analisi: 07/03/24

Apertura campione: 04/03/24

Fine analisi: 12/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 1

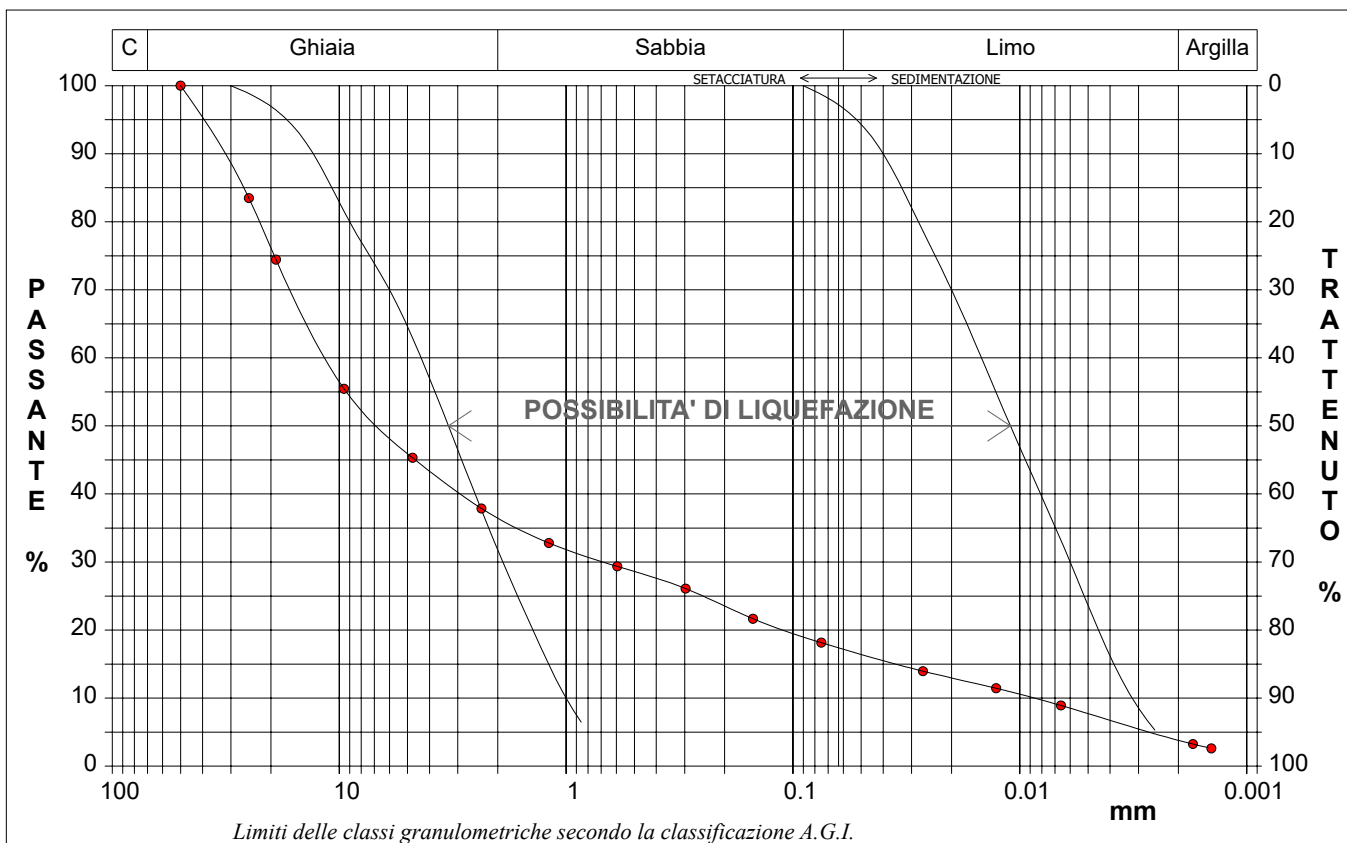
CAMPIONE: CR 4

PROFONDITA': m 13.5-14.0

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	63,4 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	36,6 %	D10	0,00872 mm	
Sabbia	19,3 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	27,7 %	D30	0,67671 mm	
Limo	13,4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	18,2 %	D50	6,54886 mm	
Argilla	3,9 %			D60	11,23135 mm	
Coefficiente di uniformità		1288,41	Coefficiente di curvatura	4,68	D90	32,86828 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione A.G.I.

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
50,0000	100,00	2,3600	37,87	0,0750	18,16	0,0014	2,62		
25,0000	83,48	1,1900	32,80	0,0267	13,97				
19,0000	74,45	0,5950	29,36	0,0127	11,45				
9,5200	55,46	0,2970	26,09	0,0066	8,92			Setacci	10
4,7500	45,32	0,1500	21,66	0,0017	3,25			Punti sediment.	5

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 2		CAMPIONE: CR 1		PROFONDITA': m 1.3-1.8

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	13,4	%
Peso di volume		kN/m ³
Peso di volume secco		kN/m ³
Peso di volume saturo		kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti		
Porosità		%
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 42		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A1-b	I.G. = 0

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	62,6	%
Sabbia	20,2	%
Limo	13,7	%
Argilla	3,5	%
D 10	0,014234	mm
D 50	5,317096	mm
D 60	8,803405	mm
D 90	27,559190	mm
Passante set. 10	37,4	%
Passante set. 42	26,3	%
Passante set. 200	18,6	%

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u \text{ Rim}}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta	
c'	kPa
ϕ'	°
c'_{Res}	kPa
ϕ'_{Res}	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C _d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C' _{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C _{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C _u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA



OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Massivo Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove		cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR					
		0				Siltiti, marne e arenarie in scarsa matrice MUNSELL SOIL COLOR: 2.5Y 6/2 Light brownish gray
		10				
		20				
		30				Le caratteristiche naturali del campione (consistenza e granulometria) non hanno permesso la preparazione di provini idonei ad esser sottoposti a prova di taglio
		40				
		50			50	

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01386	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 05/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 08/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 2		CAMPIONE: CR 1		PROFONDITA': m 1.3-1.8

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	37,4	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	26,3	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	18,6	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	N.D.	%
Limite di plasticità	N.D.	%
Indice di plasticità	- - -	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A1-b

INDICE DI GRUPPO: 0

Tipi usuali dei materiali principali:

Ghiaia o breccia, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01384	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 04/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 05/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 2		CAMPIONE: CR 1		PROFONDITA': m 1.3-1.8

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 13,4 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01385 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24 Inizio analisi: 04/03/24

Apertura campione: 04/03/24 Fine analisi: 04/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 2

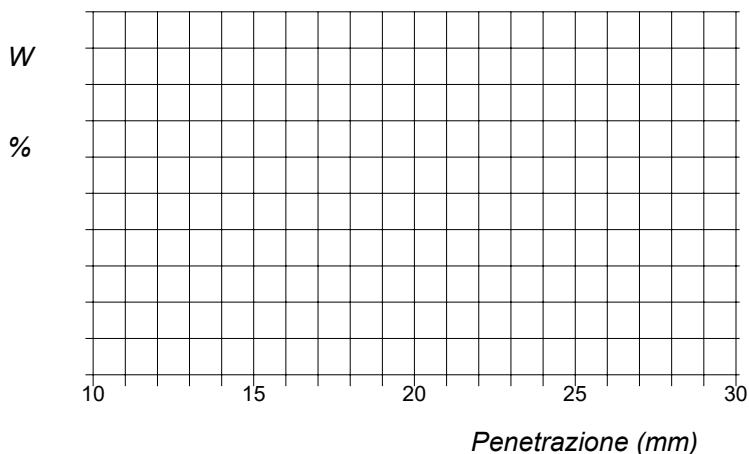
CAMPIONE: CR 1

PROFONDITA': m 1.3-1.8

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità N.D. %
Limite di plasticità N.D. %
Indice di plasticità %
Indice di consistenza
Passante al set. n° 42

Determinazione del Limite di liquidità**C - Argille inorganiche**

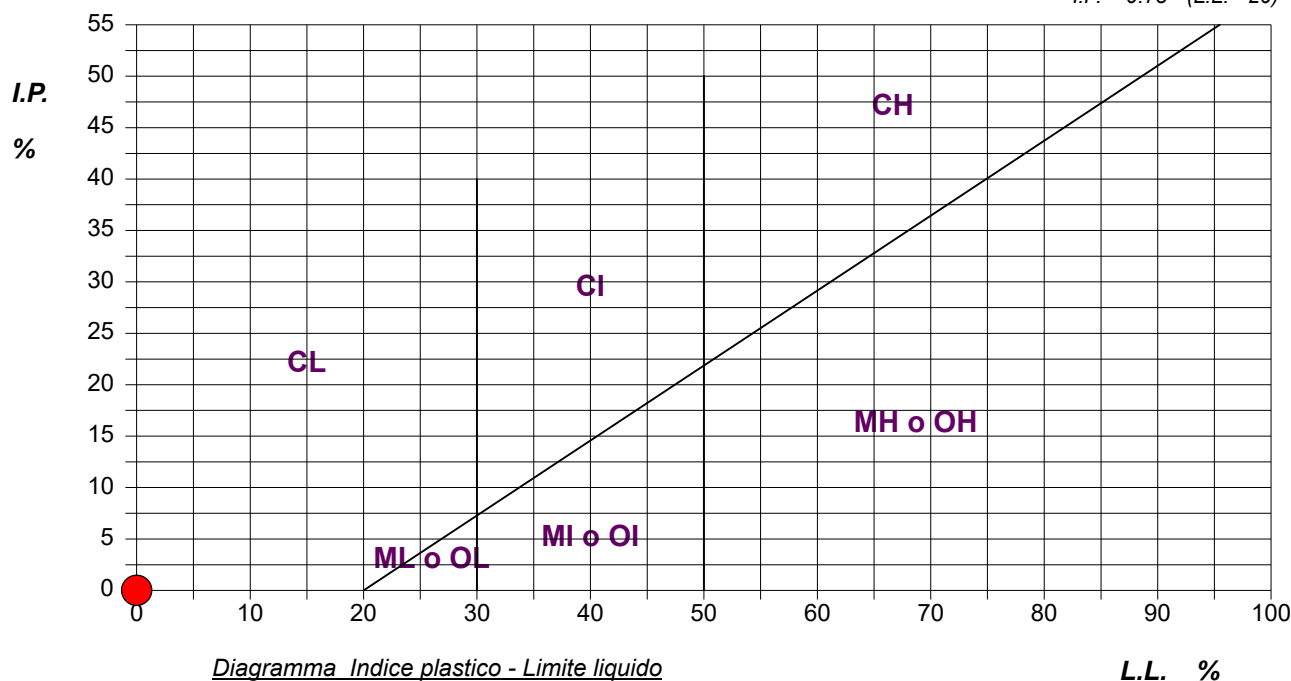
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

L - Bassa plasticità

I - Media plasticità

H - Alta plasticità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01386 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24

Inizio analisi: 05/03/24

Apertura campione: 04/03/24

Fine analisi: 08/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 2

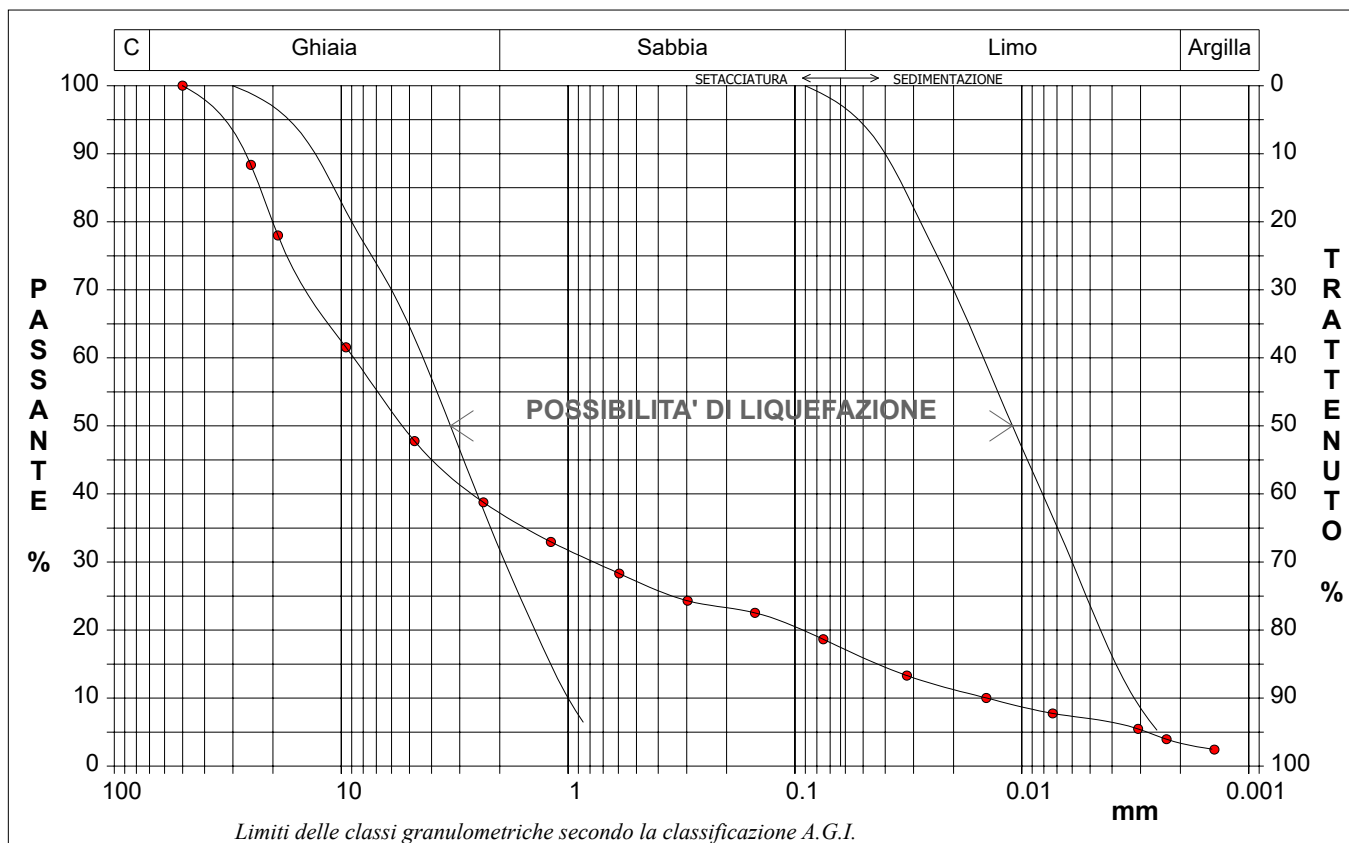
CAMPIONE: CR 1

PROFONDITA': m 1.3-1.8

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	62,6 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	37,4 %	D10	0,01423 mm	
Sabbia	20,2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	26,3 %	D30	0,76545 mm	
Limo	13,7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	18,6 %	D50	5,31710 mm	
Argilla	3,5 %			D60	8,80341 mm	
Coefficiente di uniformità		618,50	Coefficiente di curvatura	4,68	D90	27,55919 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
50,0000	100,00	2,3600	38,78	0,0750	18,64	0,0023	3,96		
25,0000	88,36	1,1900	32,96	0,0321	13,31	0,0014	2,44		
19,0000	77,98	0,5950	28,31	0,0143	10,02				
9,5200	61,55	0,2970	24,30	0,0073	7,75			Setacci	10
4,7500	47,76	0,1500	22,53	0,0031	5,48			Punti sediment.	6

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO:	2	CAMPIONE:	CR 2	PROFONDITA': m 2.0-2.4

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	7,6	%
Peso di volume		kN/m ³
Peso di volume secco		kN/m ³
Peso di volume saturo		kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti		
Porosità		%
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 42		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A1-a	I.G. = 0

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	78,3	%
Sabbia	10,9	%
Limo	8,5	%
Argilla	2,3	%
D 10	0,047809	mm
D 50	18,435100	mm
D 60	24,871090	mm
D 90	76,746560	mm
Passante set. 10	21,7	%
Passante set. 42	15,6	%
Passante set. 200	11,5	%

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u \text{ Rim}}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta	
c'	kPa
ϕ'	°
c'_{Res}	kPa
ϕ'_{Res}	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C _d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C' _{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C _{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C _u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA



OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Massivo Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove		cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR					
		0				Siltiti e marne in scarsa matrice MUNSELL SOIL COLOR: 2.5Y 6/2 Light brownish gray
		10				
		20				Le caratteristiche naturali del campione (consistenza e granulometria) non hanno permesso la preparazione di provini idonei ad esser sottoposti a prova di taglio
		30				
		40			40	

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01389	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 05/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 08/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 2		CAMPIONE: CR 2		PROFONDITA': m 2.0-2.4

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	21,7	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	15,6	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	11,5	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	N.D.	%
Limite di plasticità	N.D.	%
Indice di plasticità	- - -	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A1-a INDICE DI GRUPPO: 0

Tipi usuali dei materiali principali:

Ghiaia o breccia, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01387	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 04/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 05/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 2		CAMPIONE: CR 2		PROFONDITA': m 2.0-2.4

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 7,6 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01388 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24 Inizio analisi: 04/03/24

Apertura campione: 04/03/24 Fine analisi: 04/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 2

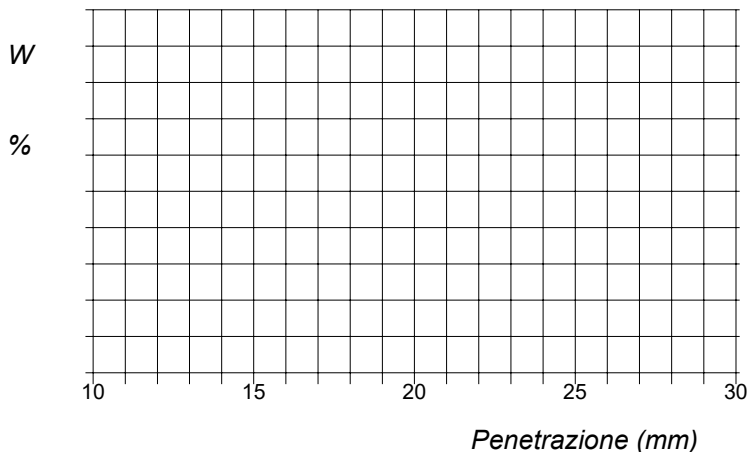
CAMPIONE: CR 2

PROFONDITA': m 2.0-2.4

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità N.D. %
Limite di plasticità N.D. %
Indice di plasticità %
Indice di consistenza
Passante al set. n° 42

Determinazione del Limite di liquidità**C - Argille inorganiche**

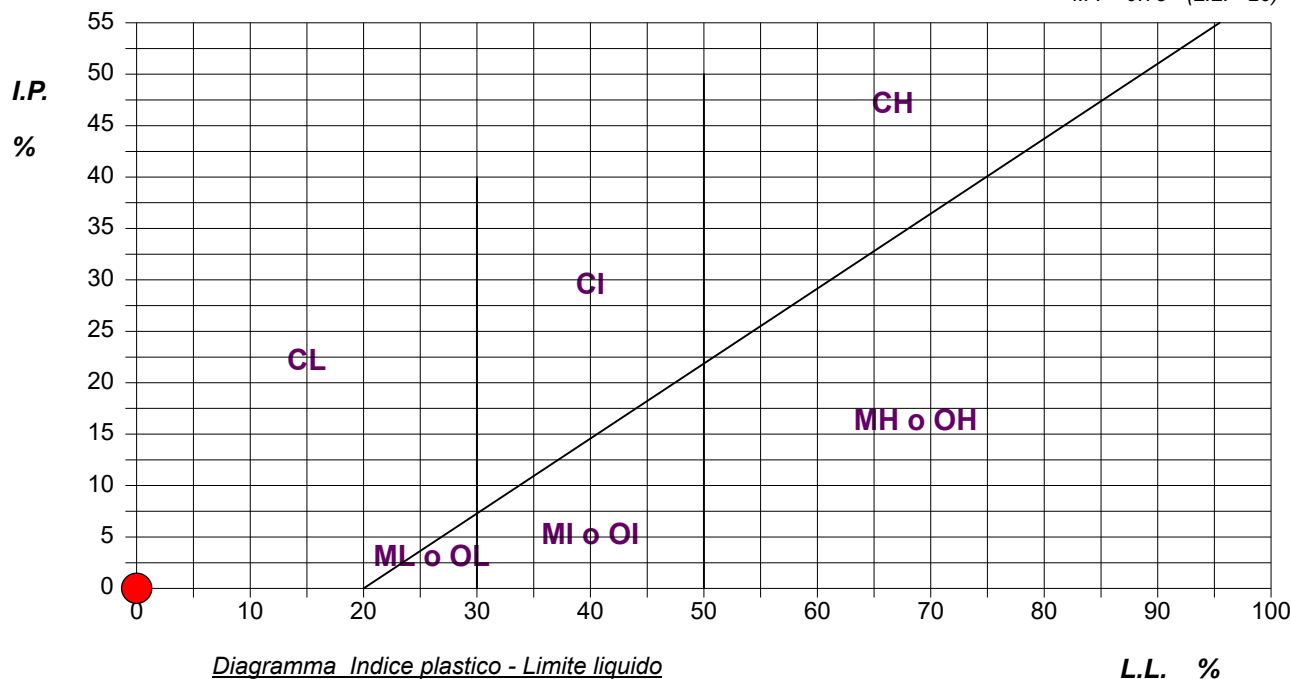
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

L - Bassa plasticità

I - Media plasticità

H - Alta plasticità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01389 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24

Inizio analisi: 05/03/24

Apertura campione: 04/03/24

Fine analisi: 08/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 2

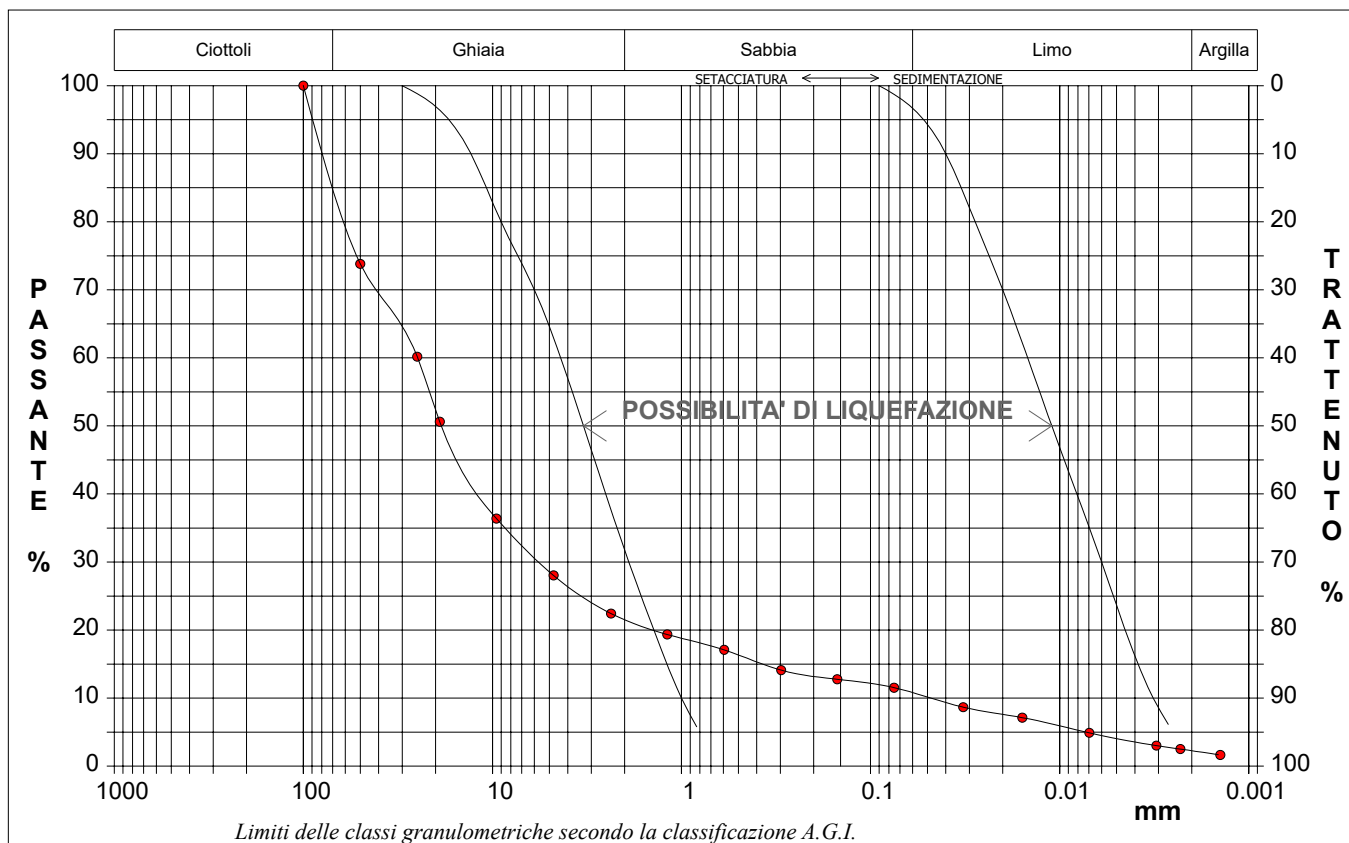
CAMPIONE: CR 2

PROFONDITA': m 2.0-2.4

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia e ciottoli	78,3 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	21,7 %	D10	0,04781 mm
Sabbia	10,9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	15,6 %	D30	5,59823 mm
Limo	8,5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	11,5 %	D50	18,43510 mm
Argilla	2,3 %			D60	24,87109 mm
				D90	76,74656 mm
Coefficiente di uniformità		520,22	Coefficiente di curvatura		26,36



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
100,0000	100,00	4,7500	28,03	0,1500	12,77	0,0031	3,02		
50,0000	73,81	2,3600	22,43	0,0750	11,53	0,0023	2,51		
25,0000	60,18	1,1900	19,35	0,0323	8,67	0,0014	1,66		
19,0000	50,62	0,5950	17,09	0,0157	7,13			Setacci	11
9,5200	36,38	0,2970	14,12	0,0070	4,91			Punti sediment.	6

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO:	2	CAMPIONE:	CR 3	PROFONDITA': m 3.0-3.4

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	7,1	%
Peso di volume		kN/m ³
Peso di volume secco		kN/m ³
Peso di volume saturo		kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti		
Porosità		%
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 42		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A1-a	I.G. = 0

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	75,4	%
Sabbia	15,9	%
Limo	8,1	%
Argilla	0,6	%
D 10	0,079558	mm
D 50	15,969170	mm
D 60	23,765250	mm
D 90	78,843850	mm
Passante set. 10	24,6	%
Passante set. 42	16,7	%
Passante set. 200	9,8	%

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u \text{ Rim}}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta	
c'	kPa
ϕ'	°
c'_{Res}	kPa
ϕ'_{Res}	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C _d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C' _{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C _{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C _u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA



OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Massivo	Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove		cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR					
		0				Ghiaia e ciottoli in scarsa matrice MUNSELL SOIL COLOR: 2.5Y 6/2 Light brownish gray
		10				
		20				Le caratteristiche naturali del campione (consistenza e granulometria) non hanno permesso la preparazione di provini idonei ad esser sottoposti a prova di taglio
		30				
		40			40	

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01390	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 04/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 05/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 2		CAMPIONE: CR 3		PROFONDITA': m 3.0-3.4

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale = 7,1 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo

☐ Stratificato

☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01391 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24

Inizio analisi: 04/03/24

Apertura campione: 04/03/24

Fine analisi: 04/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 2

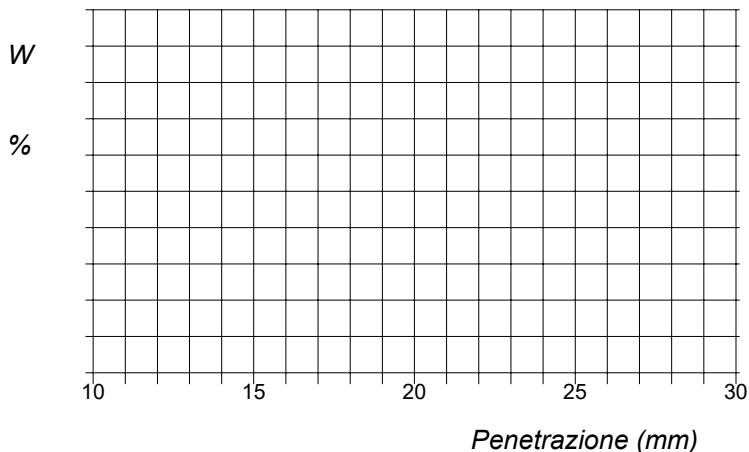
CAMPIONE: CR 3

PROFONDITA': m 3.0-3.4

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità N.D. %
Limite di plasticità N.D. %
Indice di plasticità %
Indice di consistenza
Passante al set. n° 42

Determinazione del Limite di liquidità**C - Argille inorganiche**

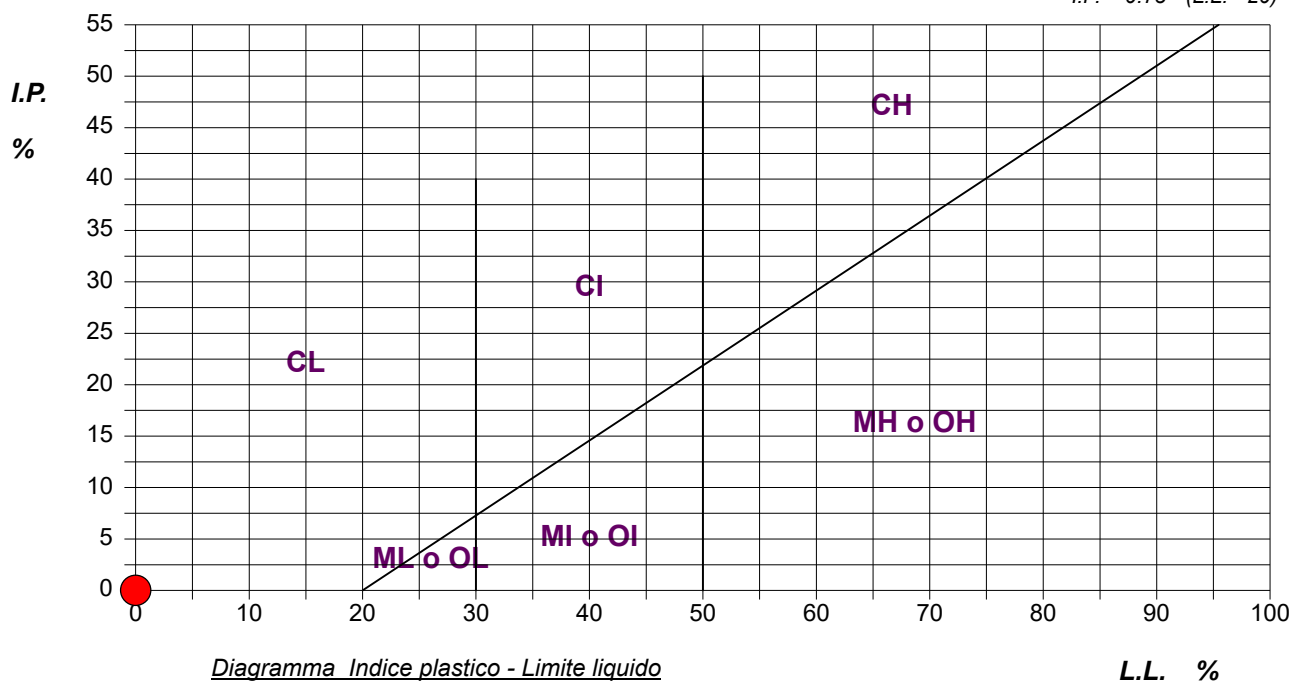
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

L - Bassa plasticità

I - Media plasticità

H - Alta plasticità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01392 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24

Inizio analisi: 05/03/24

Apertura campione: 04/03/24

Fine analisi: 08/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 2

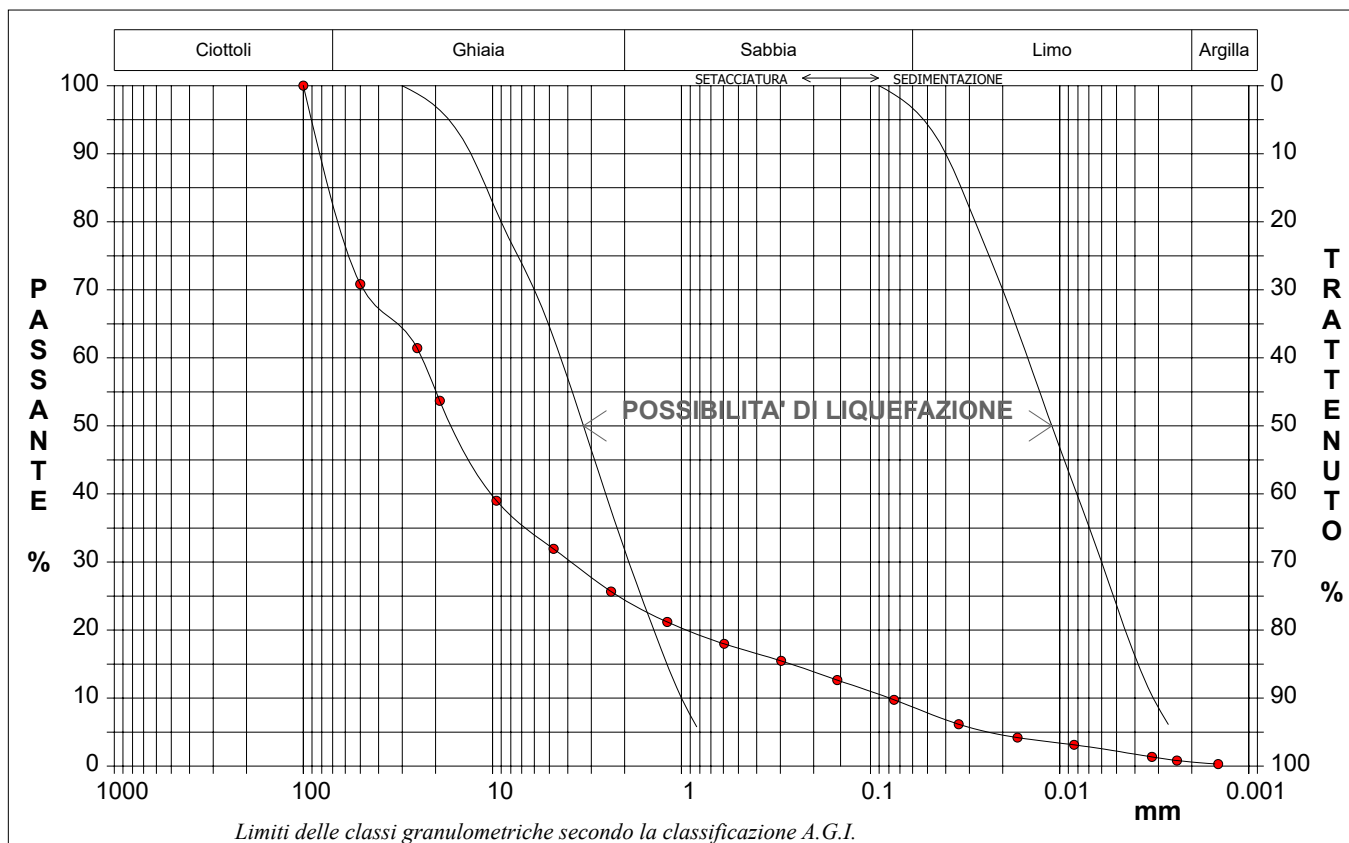
CAMPIONE: CR 3

PROFONDITA': m 3.0-3.4

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia e ciottoli	75,4 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	24,6 %	D ₁₀	0,07956 mm
Sabbia	15,9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	16,7 %	D ₃₀	3,82941 mm
Limo	8,1 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	9,8 %	D ₅₀	15,96917 mm
Argilla	0,6 %			D ₆₀	23,76525 mm
				D ₉₀	78,84385 mm
Coefficiente di uniformità		298,72	Coefficiente di curvatura		7,76



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
100,0000	100,00	4,7500	31,93	0,1500	12,66	0,0032	1,36		
50,0000	70,84	2,3600	25,67	0,0750	9,75	0,0024	0,83		
25,0000	61,43	1,1900	21,19	0,0342	6,16	0,0015	0,30		
19,0000	53,69	0,5950	17,97	0,0167	4,21			Setacci	11
9,5200	39,01	0,2970	15,47	0,0084	3,14			Punti sediment.	6

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

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO:	2	CAMPIONE:	CR 4	PROFONDITA': m 4.0-4.5

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	8,8	%
Peso di volume		kN/m ³
Peso di volume secco		kN/m ³
Peso di volume saturo		kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti		
Porosità		%
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità	28,0	%
Limite di plasticità	20,6	%
Indice di plasticità	7,4	%
Indice di consistenza	2,59	
Passante al set. n° 42	SI	
Limite di ritiro	17,0	%
CNR-UNI 10006/00	A2-4	I.G. = 0

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	77,2	%
Sabbia	14,3	%
Limo	8,2	%
Argilla	0,3	%
D 10	0,088838	mm
D 50	12,582870	mm
D 60	17,370120	mm
D 90	34,280140	mm
Passante set. 10	22,8	%
Passante set. 42	14,7	%
Passante set. 200	9,4	%

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u \text{ Rim}}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta	
c'	kPa
ϕ'	°
c'_{Res}	kPa
ϕ'_{Res}	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C _d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C' _{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C _{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C _u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA



OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Massivo	Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove		cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR					
		0				Argilliti con litici MUNSELL SOIL COLOR: 2.5Y 6/2 Light brownish gray
		10				
		20				Le caratteristiche naturali del campione (consistenza e granulometria) non hanno permesso la preparazione di provini idonei ad esser sottoposti a prova di taglio
		30				
		40				
		50			50	

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01396	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 05/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 08/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 2		CAMPIONE: CR 4		PROFONDITA': m 4.0-4.5

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	22,8	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	14,7	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	9,4	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	28,0	%
Limite di plasticità	20,6	%
Indice di plasticità	7,4	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A2-4

INDICE DI GRUPPO: 0

Tipi usuali dei materiali principali:

Ghiaia limosa o argillosa e sabbia

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01393	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 04/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 05/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 2		CAMPIONE: CR 4		PROFONDITA': m 4.0-4.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale = 8,8 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01394 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24 Inizio analisi: 06/03/24

Apertura campione: 04/03/24 Fine analisi: 07/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 2

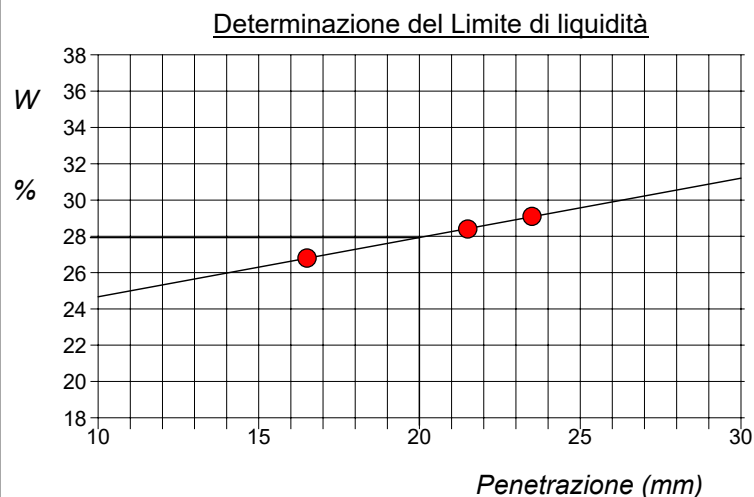
CAMPIONE: CR 4

PROFONDITA': m 4.0-4.5

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	28,0	%
Limite di plasticità	20,6	%
Indice di plasticità	7,4	%
Indice di consistenza	2,59	
Passante al set. n° 42	SI	

**C - Argille inorganiche**

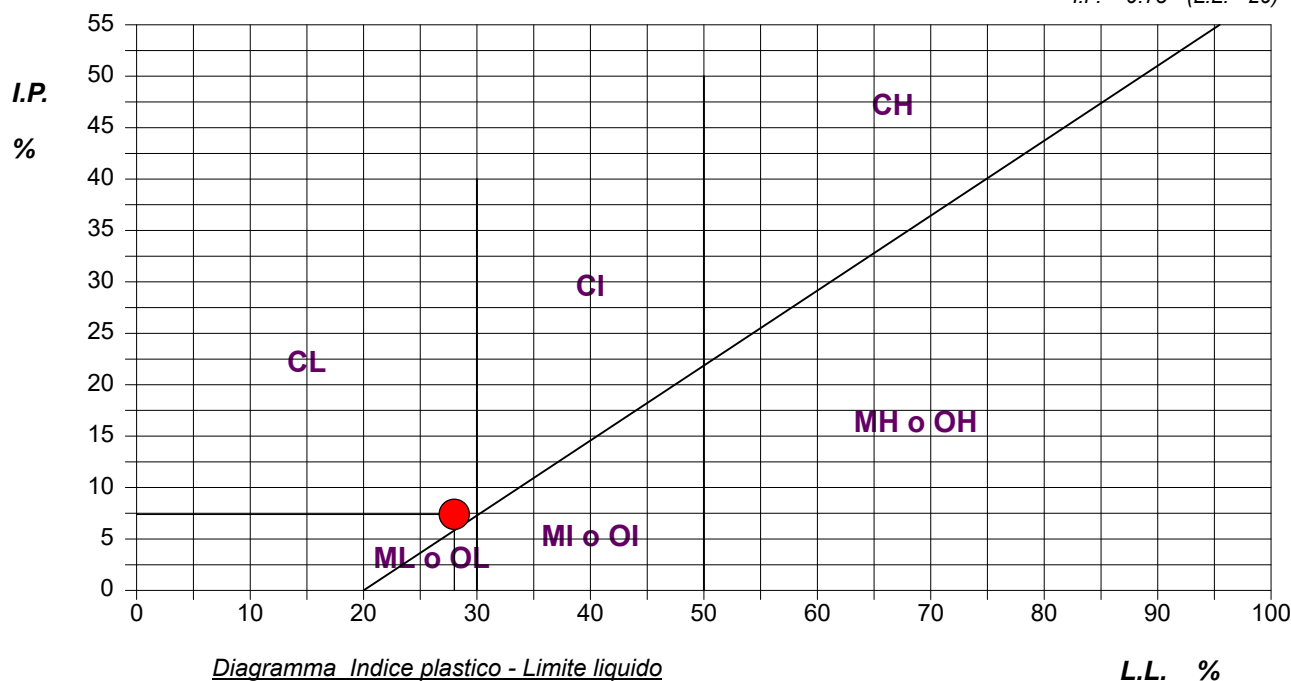
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

L - Bassa plasticità

I - Media plasticità

H - Alta plasticità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01395	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 06/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 07/03/24
COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze			
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: CR 4	PROFONDITA': m	4.0-4.5
<u>LIMITE DI RITIRO</u>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 427-04			

Materiale passante al setaccio n° 42 (0.400 mm): 15 %

Limite di ritiro = 17,0 %

Coefficiente di ritiro = 1,74

Ritiro di volume = 18,54

Ritiro lineare = 5,51

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01396 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24 Inizio analisi: 05/03/24

Apertura campione: 04/03/24 Fine analisi: 08/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 2

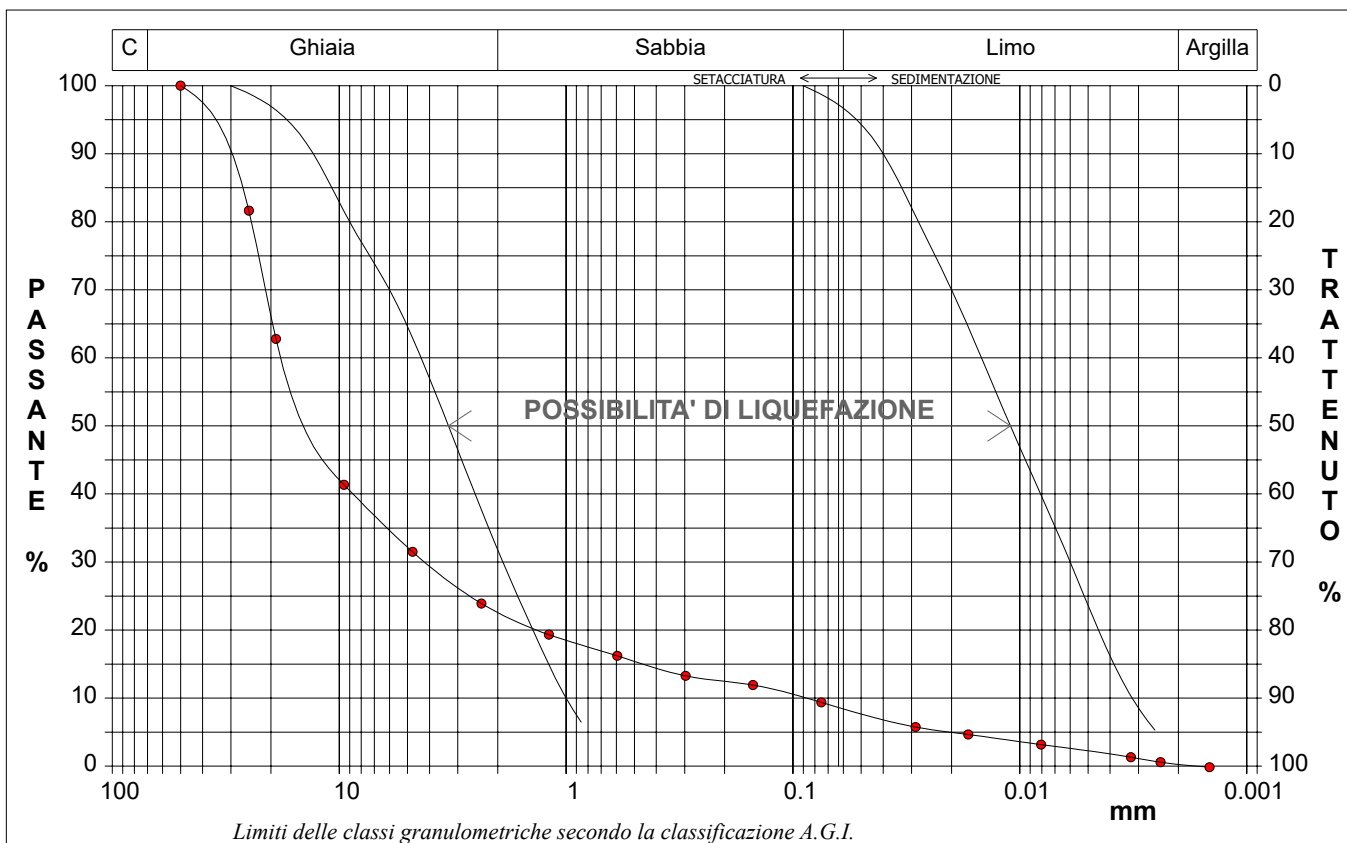
CAMPIONE: CR 4

PROFONDITA': m 4.0-4.5

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	77,2 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	22,8 %	D10	0,08884 mm
Sabbia	14,3 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	14,7 %	D30	4,13741 mm
Limo	8,2 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	9,4 %	D50	12,58287 mm
Argilla	0,3 %			D60	17,37012 mm
				D90	34,28014 mm
Coefficiente di uniformità		195,53	Coefficiente di curvatura	11,09	



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
50,0000	100,00	2,3600	23,91	0,0750	9,38	0,0024	0,59		
25,0000	81,64	1,1900	19,33	0,0288	5,75	0,0015	-0,15		
19,0000	62,78	0,5950	16,21	0,0169	4,65				
9,5200	41,35	0,2970	13,27	0,0081	3,17			Setacci	10
4,7500	31,50	0,1500	11,92	0,0032	1,33			Punti sediment.	6

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: CR 5	PROFONDITA': m	5.0-5.45	

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	12,0	%
Peso di volume	21,9	kN/m ³
Peso di volume secco	19,5	kN/m ³
Peso di volume saturo	22,1	kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,354	
Porosità	26,2	%
Grado di saturazione	91,5	%
Limite di liquidità	34,5	%
Limite di plasticità	20,6	%
Indice di plasticità	13,9	%
Indice di consistenza	1,62	
Passante al set. n° 42	SI	
Limite di ritiro	18,9	%
CNR-UNI 10006/00	A2-6	I.G. = 0

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	60,8	%
Sabbia	17,8	%
Limo	16,7	%
Argilla	4,7	%
D 10	0,007013	mm
D 50	7,493553	mm
D 60	13,590250	mm
D 90	59,071530	mm
Passante set. 10	39,2	%
Passante set. 42	31,0	%
Passante set. 200	22,8	%

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u \text{ Rim}}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta		
c'	10,7	kPa
ϕ'	26,5	°
c'_{Res}		kPa
ϕ'_{Res}		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C _d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C' _{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C _{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C _u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA



OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Massivo Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove			cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	TD	0				Detrito arenaceo: ghiaia sabbiosa e limosa MUNSELL SOIL COLOR: 2.5Y 6/2 Light brownish gray
			10				
			20				
			30				
			40			45	

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01401	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 05/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 08/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 2		CAMPIONE: CR 5		PROFONDITA': m 5.0-5.45

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	39,2	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	31,0	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	22,8	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	34,5	%
Limite di plasticità	20,6	%
Indice di plasticità	13,9	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A2-6

INDICE DI GRUPPO: 0

Tipi usuali dei materiali principali:

Ghiaia limosa o argillosa e sabbia

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01397	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 04/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 05/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 2		CAMPIONE: CR 5		PROFONDITA': m 5.0-5.45

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 12,0 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01398	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 04/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 04/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 2		CAMPIONE: CR 5		PROFONDITA': m 5.0-5.45

<u>PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE</u>

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 21,9 kN/m³

--

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01399 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24 Inizio analisi: 06/03/24

Apertura campione: 04/03/24 Fine analisi: 07/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: CR 5

PROFONDITA': m 5.0-5.45

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	34,5	%
Limite di plasticità	20,6	%
Indice di plasticità	13,9	%
Indice di consistenza	1,62	
Passante al set. n° 42	SI	

C - Argille inorganiche

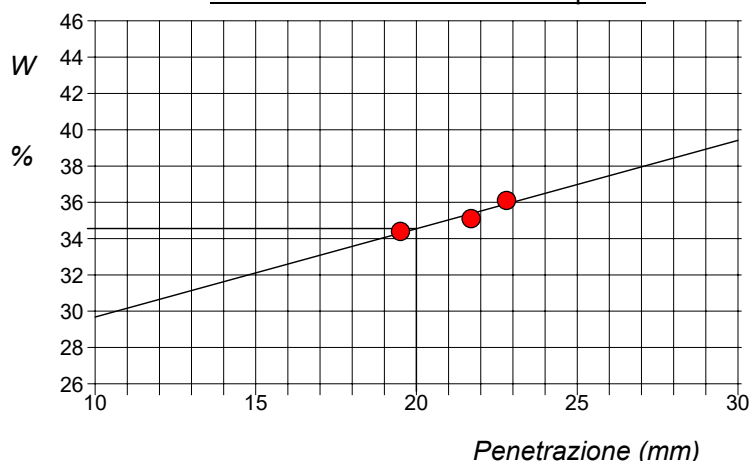
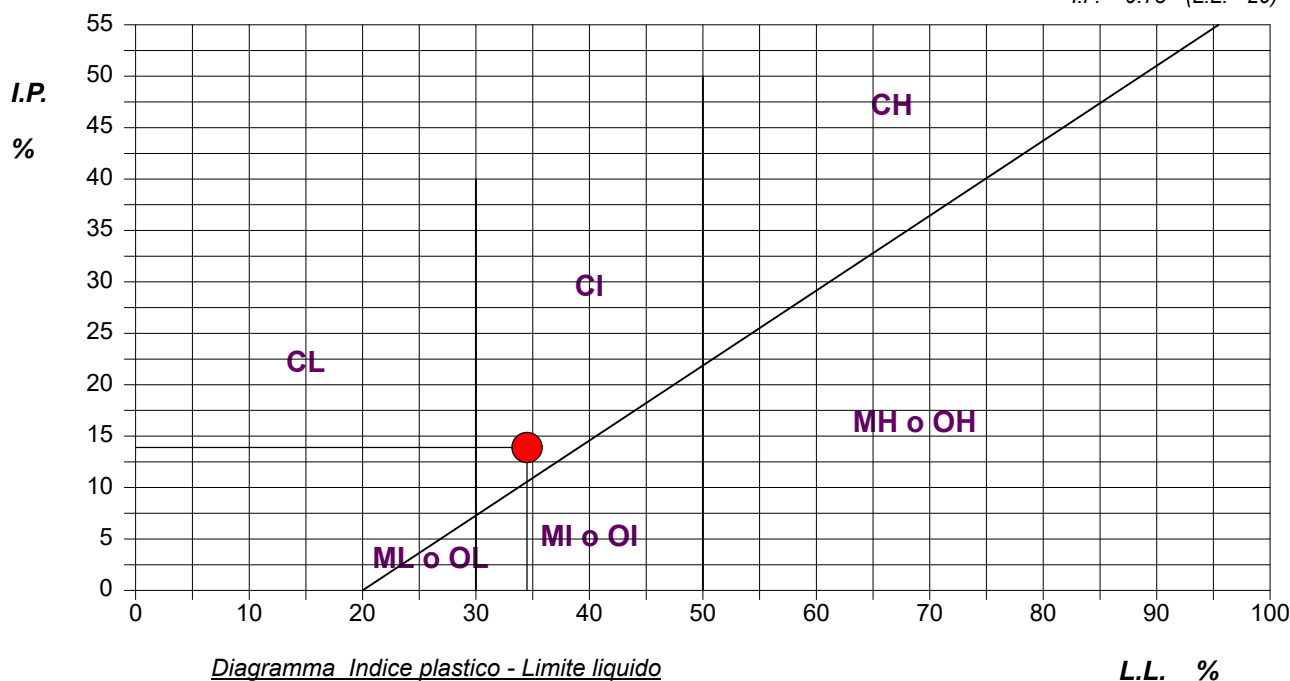
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

L - Bassa plasticità

I - Media plasticità

H - Alta plasticità

Determinazione del Limite di liquidità**ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE** $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01400	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 06/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 07/03/24
COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze			
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: CR 5	PROFONDITA': m 5.0-5.45	
<u>LIMITE DI RITIRO</u>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 427-04			

Materiale passante al setaccio n° 42 (0.400 mm): 31 %

Limite di ritiro = 18,9 %

Coefficiente di ritiro = 1,73

Ritiro di volume = 37,67

Ritiro lineare = 10,11

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01401 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24

Inizio analisi: 05/03/24

Apertura campione: 04/03/24

Fine analisi: 08/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 2

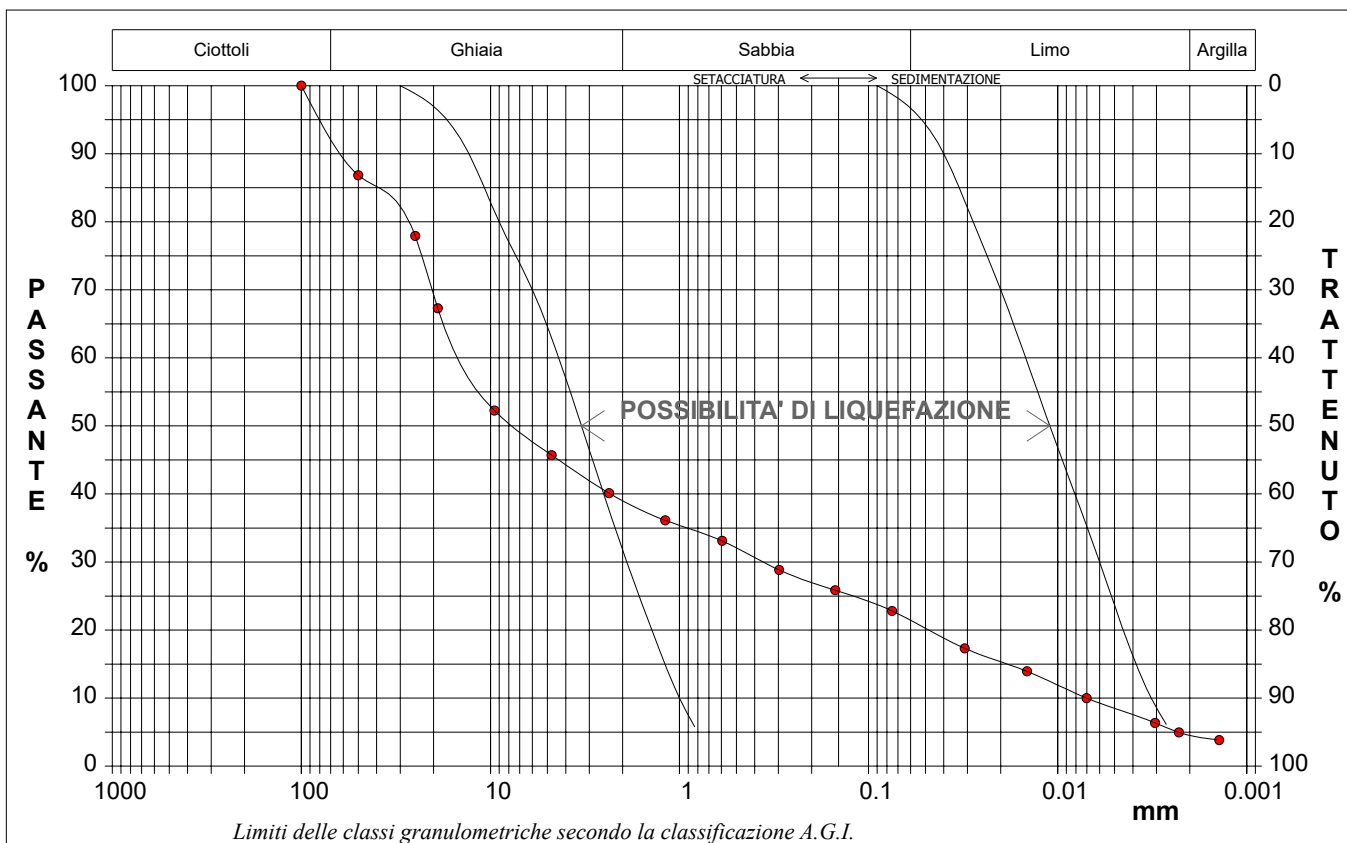
CAMPIONE: CR 5

PROFONDITA': m 5.0-5.45

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia e ciottoli	60,8 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	39,2 %	D ₁₀	0,00701 mm
Sabbia	17,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	31,0 %	D ₃₀	0,35906 mm
Limo	16,7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	22,8 %	D ₅₀	7,49355 mm
Argilla	4,7 %			D ₆₀	13,59025 mm
				D ₉₀	59,07153 mm
Coefficiente di uniformità		1937,77	Coefficiente di curvatura		1,35



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
100,0000	100,00	4,7500	45,71	0,1500	25,86	0,0031	6,36		
50,0000	86,83	2,3600	40,13	0,0750	22,80	0,0023	4,96		
25,0000	77,92	1,1900	36,13	0,0310	17,31	0,0014	3,84		
19,0000	67,29	0,5950	33,11	0,0145	13,94			Setacci	11
9,5200	52,25	0,2970	28,83	0,0070	10,01			Punti sediment.	6

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 01402** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24 Inizio analisi: 04/03/24

Apertura campione: 04/03/24 Fine analisi: 08/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: CR 5

PROFONDITA': m 5.0-5.45

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

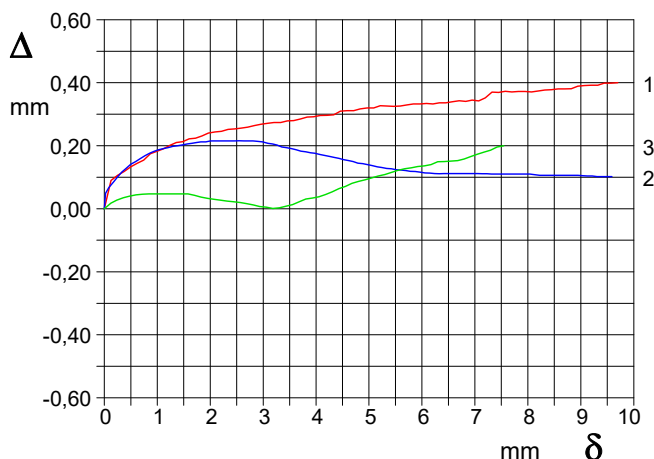
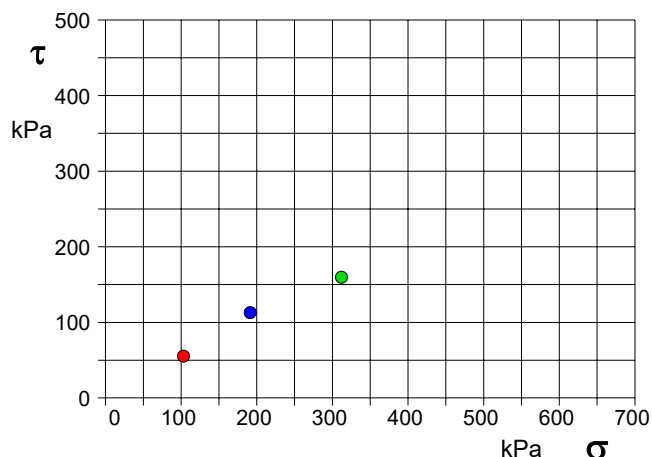
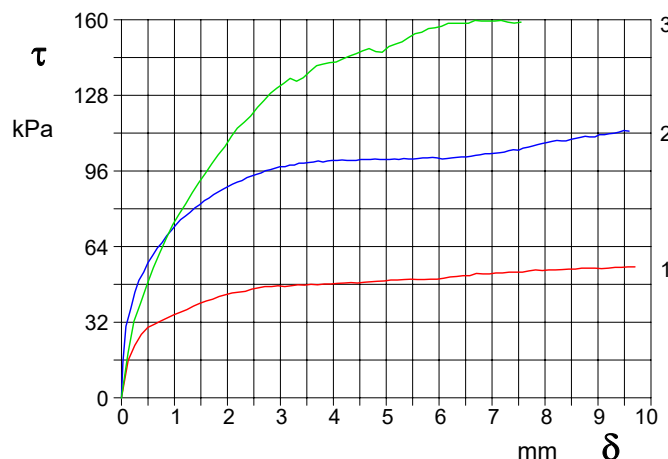
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Semidisturbato	Semidisturbato	Semidisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	55	113	160
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	9,57	9,49	6,68
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,40	0,10	0,15
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 14,5	--- 14,6	--- 12,9
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	22,2 25,4	21,4 24,5	22,1 24,9

DIAGRAMMATensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,015 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01402	Pagina 0/4	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 04/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 08/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: CR 5	PROFONDITA': m	5.0-5.45	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

[illegible]

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01402 Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24

DATA DI EMISSIONE: 18/03/24 Inizio analisi: 04/03/24

Apertura campione: 04/03/24 Fine analisi: 08/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze

RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: CR 5

PROFONDITA': m 5.0-5.45

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1

Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,858
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

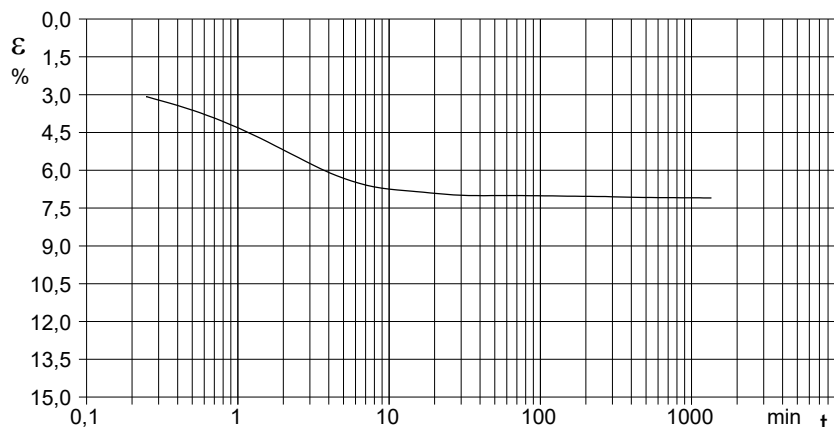


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2

Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,797
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

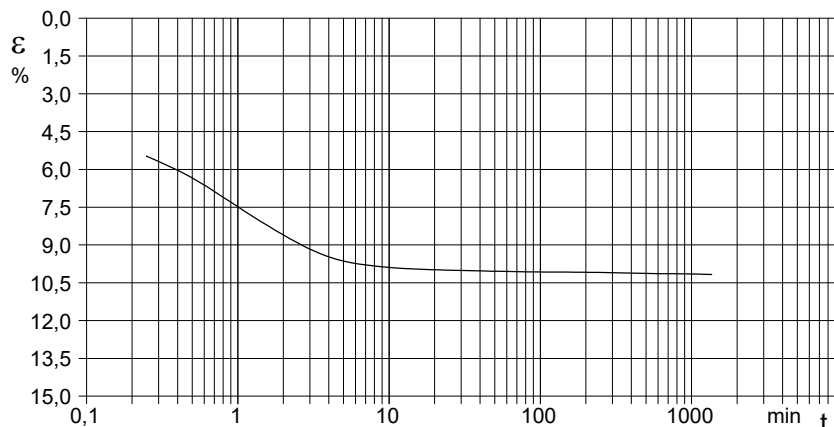
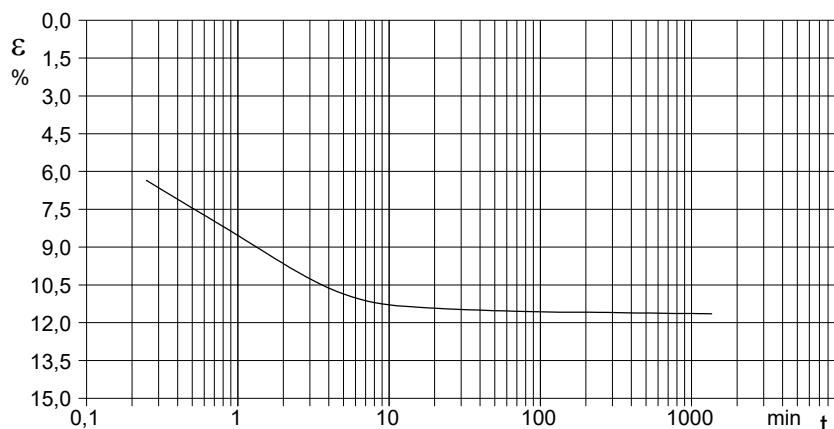


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3

Pressione (kPa)	312
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,767
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01402	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 18/03/24	Inizio analisi: 04/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 77 del 12/02/24		Apertura campione: 04/03/24	Fine analisi: 08/03/24

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze				
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)				
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: CR 5	PROFONDITA': m	5.0-5.45	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

[illegible]

COMMITTENTE: SOGET per Città Metropolitana di Firenze			
RIFERIMENTO: S.P. 86 (Reggello-Donnini-Tosi) - Loc. Tosi - Reggello (FI)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: CR 5	PROFONDITA': m 5.0-5.45	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Semidisturbato		Semidisturbato		Semidisturbato	
Pressione verticale (kPa):	103		191		312	
Tensione a rottura (kPa):	55		113		160	
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	9,57		9,49		6,68	
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,40		0,10		0,15	
Umidità iniziale e umidità finale (%):	---	14,5	---	14,6	---	12,9
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	22,2	25,4	21,4	24,5	22,1	24,9

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 10,7 kPa
Angolo di attrito interno: 26,5 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,015 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

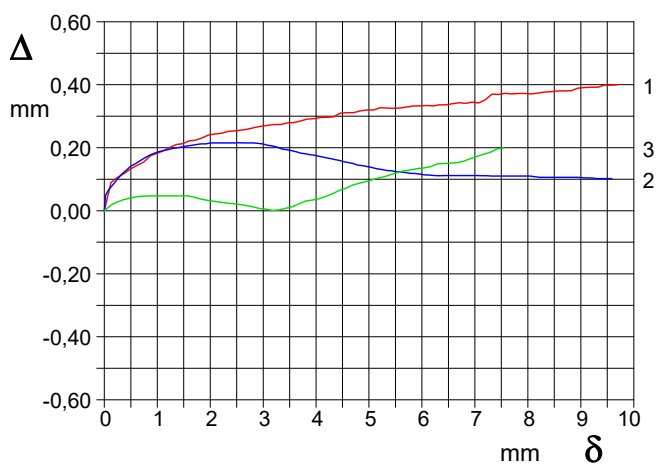
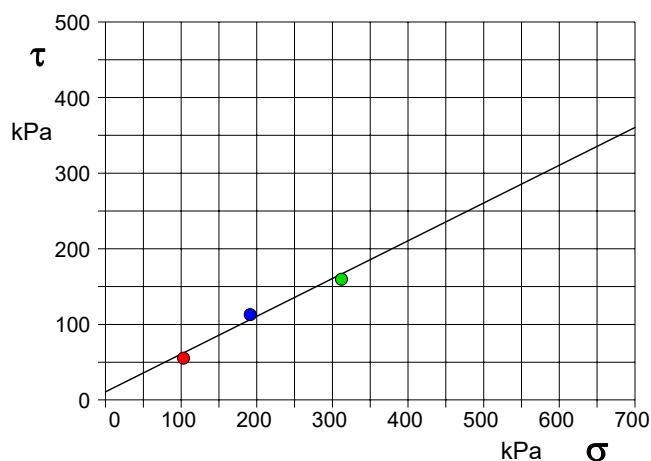


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

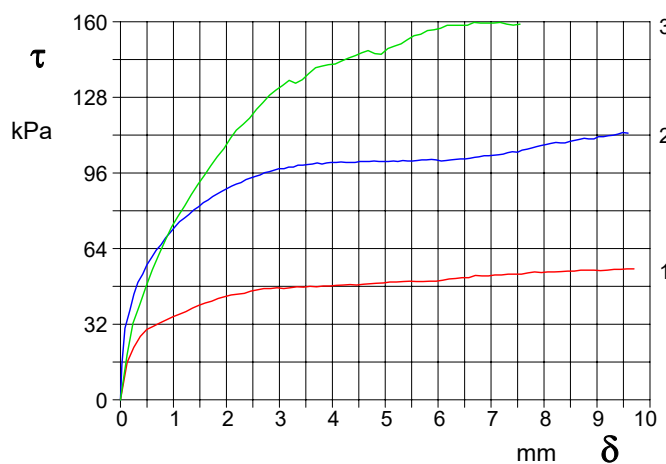


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



Servizi integrati di Geofisica per il Territorio

Via per S. Alessio, 1733/C

5100 Lucca

+39 0583-343380

info@soget.biz

RAPPORTO N° 20240326

Committente	Città Metropolitana di Firenze	
Tipo di indagine	Indagine HVSr	
Cantiere	SP86 di Donnini, Comune di Tosi (FI)	
Data Campagna	06 Marzo 2024	
Data emissione rapporto	26 Marzo 2024	



Redazione

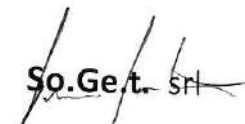
Dott. Raffaele Gazzola

Verifica

Dott. Alessandro Bianchi

Dott. Simone Sartini


So.Ge.t. srl


So.Ge.t. srl

Sommario

1. Scopo dell'indagine	1
2. Il metodo HVSR.....	2
2.1 Principi del metodo HVSR.....	2
2.2 Modalità di acquisizione e strumentazione.....	3
2.3 Elaborazione e analisi dei dati	4
3. Proposta di interpretazione conclusiva.....	6
3.1 Tosi 01.....	6
3.2 Tosi 02	7

Allegato 1: *Schede di elaborazione delle prove HVSR*

Allegato 2: *Criteri per la classificazione della Curva H/V*

1. Scopo dell'indagine

Su richiesta della Committenza è stata eseguita un'indagine geofisica avente come scopo la caratterizzazione sismica dei terreni lungo la SP86 di Donnini nel Comune di Tosi (FI). Nello specifico, sono state effettuate n°2 prove, HVSr il giorno 06 Marzo 2024 (Figura 1).

Nel presente documento si intende illustrare e commentare i risultati a cui si è pervenuti tramite la prova HVSr, dopo aver fornito una breve illustrazione del metodo e della strumentazione adoperati.

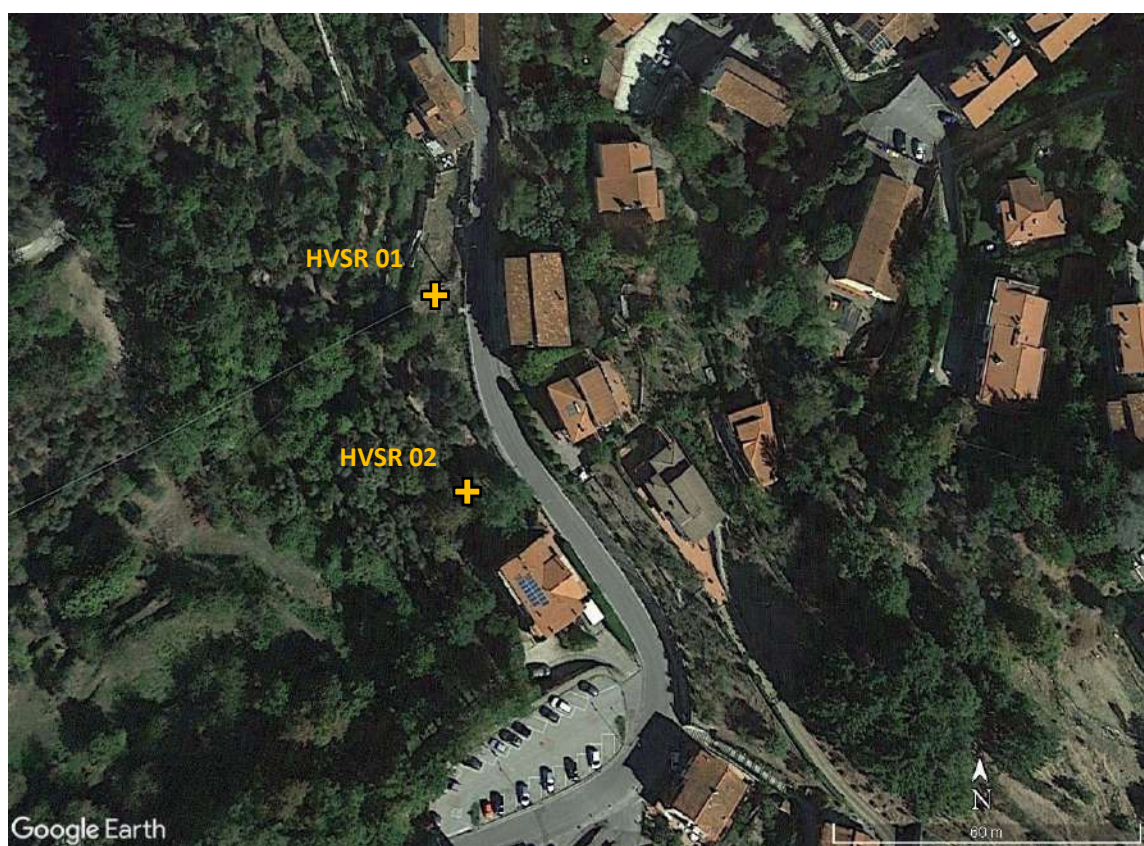


FIGURA 1 - UBICAZIONE PROVE HVSr

2. Il metodo HVSR

2.1 Principi del metodo HVSR

Il metodo HVSR consiste in un'indagine sismica passiva che si basa sulla misura della risposta in frequenza di un particolare sito e che consente di effettuare un'analisi spettrale delle diverse componenti della vibrazione del suolo (*microtremore*) generata sia da fenomeni naturali (es: moto ondoso, vento, terremoti...) che da attività antropiche, il cosiddetto rumore sismico ambientale. Nel dettaglio, questo metodo prevede il calcolo del rapporto spettrale, tipicamente indicato come rapporto H/V (o HVSR), della media delle componenti orizzontali rispetto alla componente verticale dello spettro di Fourier del rumore ambientale, registrato in un unico sito da un sismometro a tre componenti. Con questa procedura è possibile individuare eventuali fenomeni di risonanza sismica e le relative frequenze (frequenza di risonanza f_0). L'evidenza empirica, supportata da simulazioni numeriche, infatti, indica che in corrispondenza o intorno alla frequenza di risonanza del sito si osserva un massimo (picco) nella curva rappresentante il rapporto spettrale H/V.

Il fenomeno di risonanza sismica è strettamente legato all'amplificazione del moto sismico. Una tipica condizione capace di amplificare il moto sismico nei terreni è data dall'assetto geologico-stratigrafico. Quando questo è costituito da un basamento rigido coperto da sedimenti soffici, l'onda emergente dal basso rimane intrappolata all'interno dello strato sedimentario a causa della presenza di forti contrasti di impedenza sismica sia alla base, all'interfaccia fra il basamento sismico e le coperture, che alla superficie, all'interfaccia fra i sedimenti e l'aria. Se il contrasto alla base è molto grande, l'intrappolamento è rilevante e tutta l'energia rimane all'interno del sedimento. Le onde che si propagano all'interno del sedimento interferiscono fra loro e quando questa interferenza è costruttiva si ha l'amplificazione. Nel caso di un contrasto di impedenza significativo l'amplificazione è massima per determinate frequenze, dette per l'appunto frequenze di risonanza f_0 , che sono legate allo spessore della copertura e alla velocità con cui le onde di taglio si propagano al suo interno dalla seguente relazione:

$$f_0 = V_s / 4H$$

dove:

f_0 = frequenza di risonanza

V_s = velocità delle onde S nello strato

H = spessore dello strato

Tramite questa relazione nota, avendo a disposizione informazioni riguardo le velocità di taglio della copertura sedimentaria (informazione data da prove sismiche attive MASW, ad esempio) è possibile stimare la profondità del bedrock sismico e ricostruire così la geometria sismo-acustica del sottosuolo.

Negli anni sono state sviluppate diverse metodologie per lo studio dei microtremoni, ma, fra tutte, quella che ha avuto il maggior riconoscimento dalla comunità scientifica è proprio quella che impiega i rapporti spettrali H/V, introdotta nei primi anni '70 dagli scienziati giapponesi Nogoshi e Igarashi (1971) e Shiono et al. (1979), e successivamente sviluppata e diffusa nel mondo occidentale da Nakamura (1989).

Per ottenere una valutazione corretta della risposta di sito tramite le misure H/V bisogna seguire opportune procedure, sia in fase di acquisizione che in fase di analisi del segnale. Tali procedure sono state definite in ambito del progetto europeo SESAME (Site Effects Assessment Using Ambient Excitations).

2.2 Modalità di acquisizione e strumentazione

Come indicato dai criteri SESAME per la corretta acquisizione delle componenti del rumore sismico ambientale, per l'esecuzione di misure affidabili e di buona qualità è necessario curare in campagna due aspetti fondamentali:

- il posizionamento e l'accoppiamento dello strumento di acquisizione sul terreno (Figura 2);
- la scelta dei parametri di acquisizione.

Le misure in oggetto sono state eseguite in condizioni meteo stabili.

Per quanto riguarda la scelta dei parametri di acquisizione la misura è stata eseguita con una frequenza di campionamento di 128 Hz su una finestra temporale di 20 minuti (1200 sec). La scelta della durata della registrazione si basa sulla seguente considerazione: supponendo di voler osservare la risonanza di una coltre sedimentaria su un *bedrock* piuttosto profondo con una frequenza di risonanza dell'ordine di 0,5 Hz, il segnale si ripeterà con un periodo di 2 sec che rappresenta il tempo minimo di ascolto utile per l'osservazione della frequenza attesa. A questo punto però è necessario (per garantire una adeguata risoluzione spettrale) che il segnale venga analizzato su finestre temporali almeno 10 volte maggiori del periodo di ripetizione del segnale (in questo esempio almeno 20 sec). Infine, il segnale deve essere mediato a livello statistico campionando almeno 30-40 finestre da 20 secondi (800 sec). Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromografo digitale **TROMINO™** (Figura 2) prodotto dalla *Micromed* (serial no. TRZ-0195/01-12).



FIGURA 2 – STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E POSIZIONAMENTO PROVA HVSR 01

2.3 Elaborazione e analisi dei dati

I dati acquisiti sono stati visualizzati ed elaborati con il software *Grilla*, sviluppato per analizzare le misure acquisite con **TROMINO™**.

Il software consente di calcolare il rapporto H/V a partire dalla registrazione del rumore ambientale nelle tre componenti (due orizzontali, N ed E, e una verticale V) tramite queste fasi consecutive:

- 1) *Scomposizione del segnale in finestre temporali, con l'obiettivo di isolare le parti della registrazione in cui il segnale risulta maggiormente stazionario ed eliminare i rumori transitori, o transienti (i.e. passaggio di un automezzo o di una persona che cammina in vicinanza del sensore);*
- 2) *calcolo e smussamento dello spettro di ampiezza ricavato tramite la trasformata di Fourier per ognuna delle finestre selezionate su tutte e tre le componenti (N, E e V);*

- 3) *combinazione H, con un'operazione di media, delle due componenti orizzontali (N ed E) per ognuna delle finestre selezionate;*
- 4) *calcolo del rapporto H/V per ogni finestra;*
- 5) *calcolo della media dei rapporti H/V delle singole finestre, che rappresenterà la curva H/V definitiva.*

La qualità delle misurazioni è da valutarsi sulla base della direzionalità e della stazionarietà della funzione H/V e verificando che i picchi H/V ritenuti significativi coincidano con minimi locali nella componente spettrale verticale. Questa è la circostanza caratteristica di discontinuità stratigrafiche. Spesso si osservano dei picchi alti, stretti e ben definiti sulle tre componenti attribuibili a vibrazioni concentrate attorno ad una specifica frequenza, dovuti a rumore incoerente transiente di tipo artificiale.

In Allegato 1 e 2 sono riportati i risultati dell'elaborazione dei dati acquisiti. In particolare, sono riportati:

- grafico del rapporto spettrale H/V
- serie temporale H/V
- direzionalità H/V
- grafico degli spettri delle singole componenti
- scheda con i criteri SESAME per curva H/V affidabile e picco H/V chiaro

Inoltre, in Allegato 3 viene riportata la Classificazione della Curva H/V secondo i criteri definiti da Albarello D. e Castellaro S. (2011) (Tecniche sismiche passive indagini a stazione singola. Supplemento alla rivista Ingegneria sismica Anno XXVIII, n. 2-2011).

3. Proposta di interpretazione conclusiva

3.1 Tosi 01

Analizzando i risultati della prova HVSR, si osserva un picco a 4.69 Hz (Figura 3) con ampiezza di circa 4.06. In virtù delle caratteristiche dello spettro delle singole componenti (vedi allegato 1) e delle caratteristiche spaziali e temporali, tale picco è riconducibile ad una discontinuità stratigrafica. Dalla tabella 1, è possibile stimare una profondità di tale discontinuità stratigrafica compresa tra i 20 ed i 30 m.

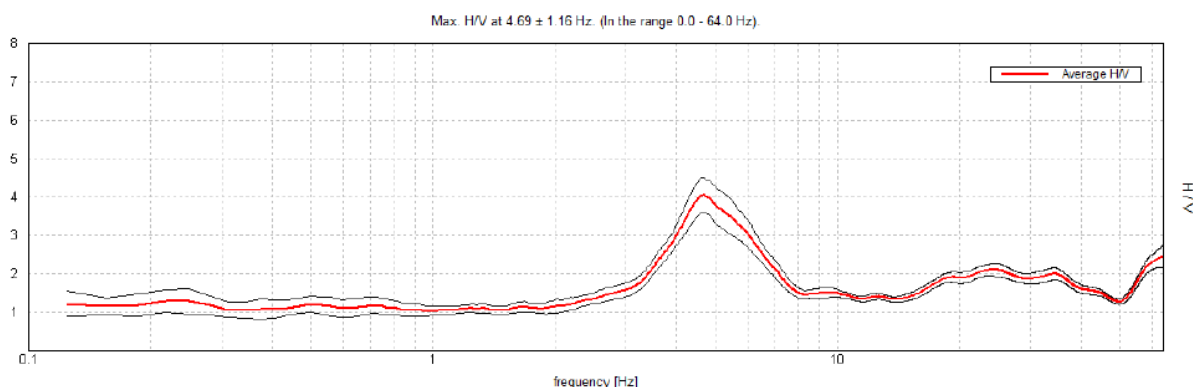


FIGURA 3 - PICCO RIFERIBILE A DISCONTINUITÀ STRATIGRAFICA

Dalla lettura delle schede allegate (Allegato 2) si denota che la misura HVSR, può essere considerata di **Classe A**.

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

TABELLA 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 (ALBARELLO D. E CASTELLARO S., 2011).

3.2 Tosi 02

Analizzando i risultati della prova HVSR, si osserva un picco a 5.47 Hz (Figura 4) con ampiezza di circa 3.97. In virtù delle caratteristiche dello spettro delle singole componenti (vedi allegato 1) e delle caratteristiche spaziali e temporali, tale picco è riconducibile ad una discontinuità stratigrafica. Dalla tabella 1, è possibile stimare una profondità di tale discontinuità stratigrafica compresa tra i 10 ed i 20 m.

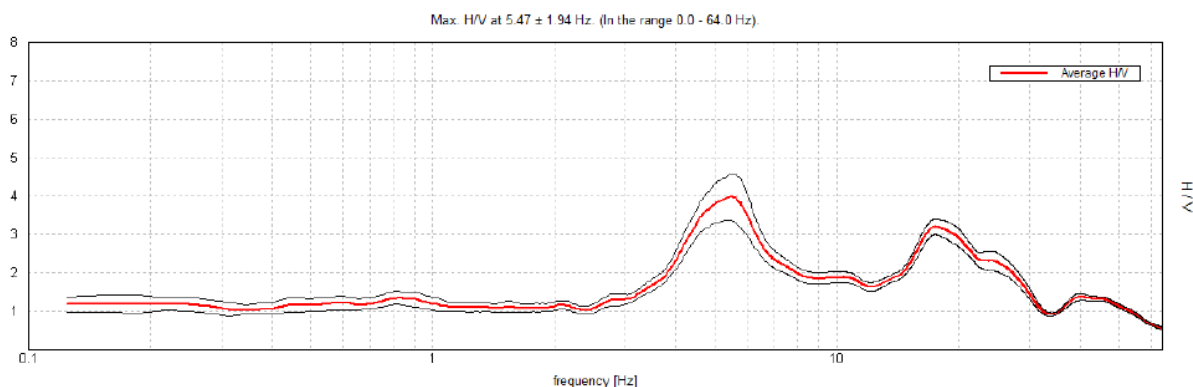


FIGURA 4 – PICCO RIFERIBILE A DISCONTINUITÀ STRATIGRAFICA

Dalla lettura delle schede allegate (Allegato 2) si denota che la misura HVSR, può essere considerata di **Classe A**.

Allegato 1: Schede di elaborazione delle prove HVSR

HVSR TOSI 1 - SP86 di Donnini, Comune di Tosi (FI)

Instrument: TRZ-0195/01-12

Data format: 16 bit

Full scale [mV]: 51

Start recording: 20/12/2023 12:48:31 End recording: 20/12/2023 13:08:31

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

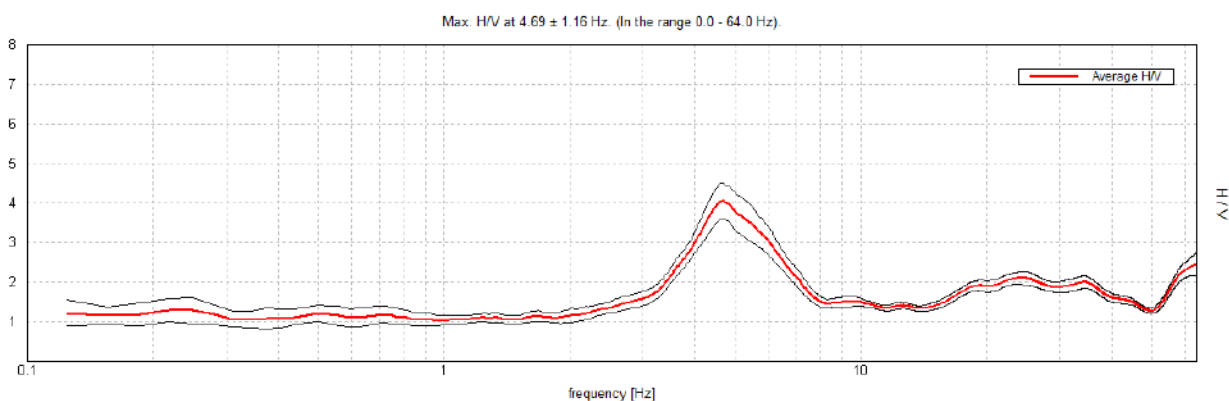
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

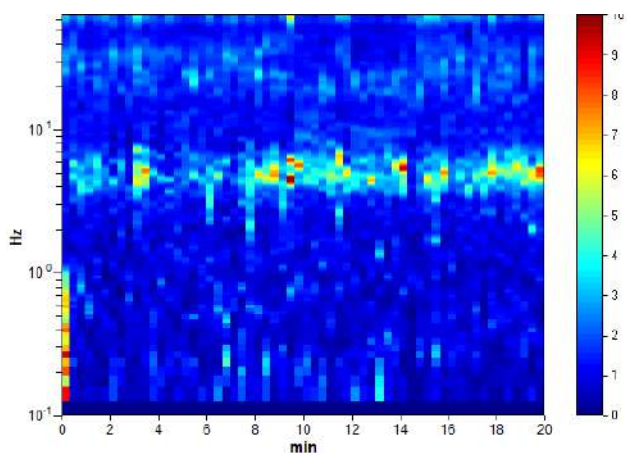
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

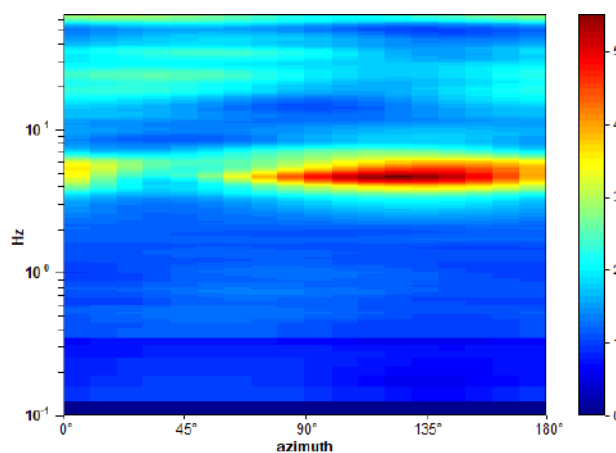
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



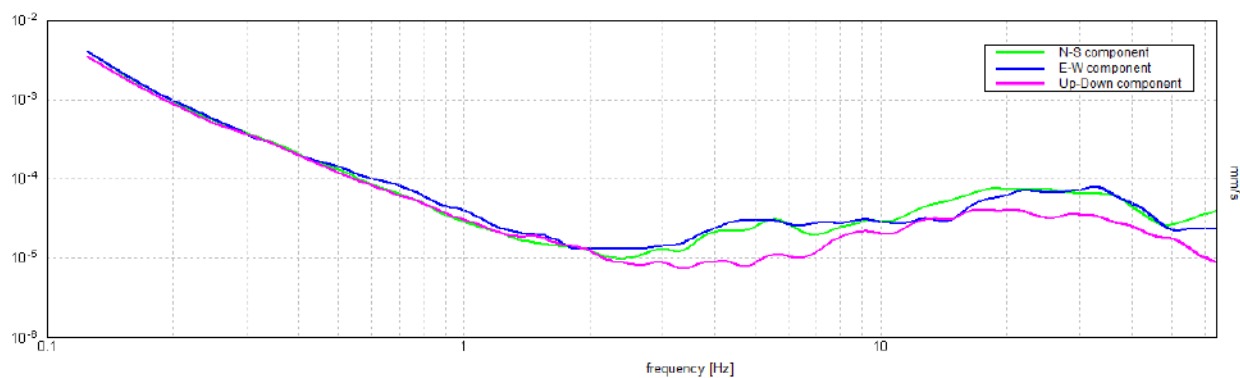
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 4.69 ± 1.16 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$4.69 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$5625.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 226 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.406 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.156 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.06 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.24661 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.156 < 0.23438$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4481 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

HVSR TOSI 2 - SP86 di Donnini, Comune di Tosi (FI)

Instrument: TRZ-0195/01-12

Data format: 16 bit

Full scale [mV]: 51

Start recording: 20/12/2023 13:15:36 End recording: 20/12/2023 13:35:36

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

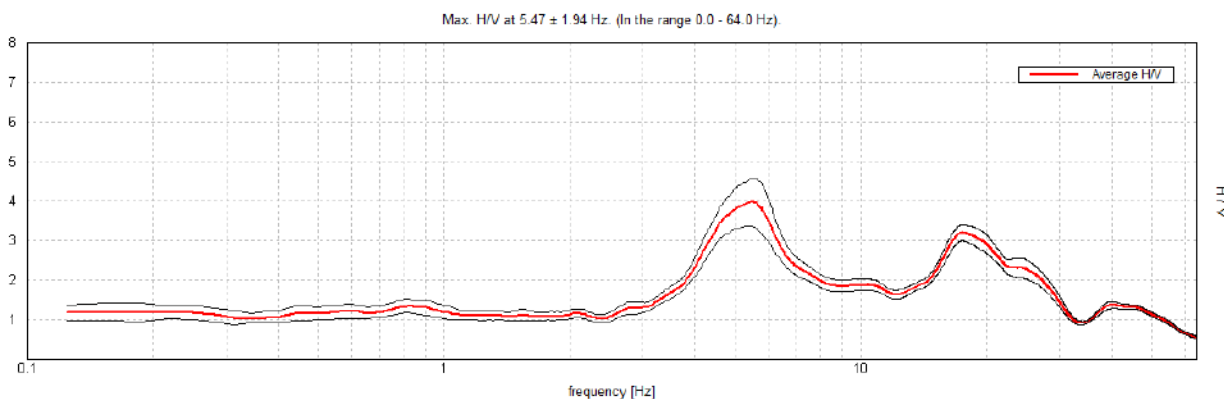
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

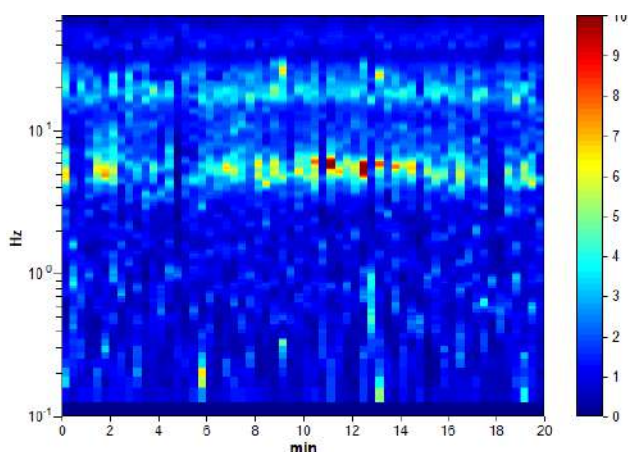
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

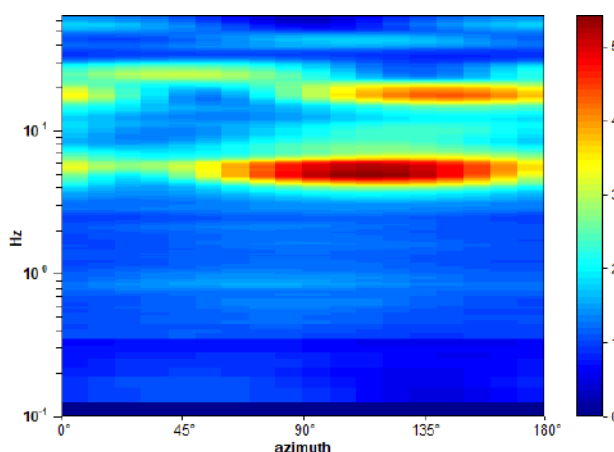
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



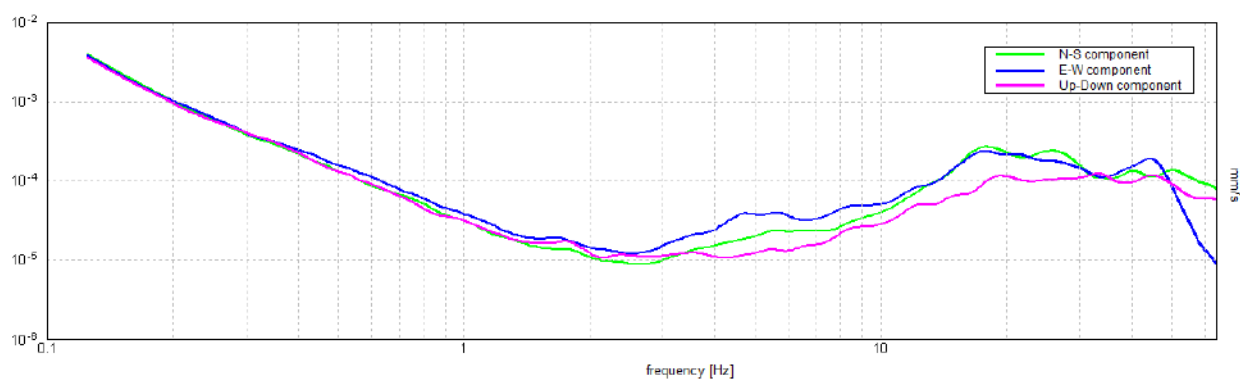
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 5.47 ± 1.94 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$5.47 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$6562.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 263 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.781 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.97 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.35437 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.93794 < 0.27344$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5966 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

ALLEGATO 2
**Criteri per la classificazione
della curva H/V**

Secondo quanto definito da Albarello D. e Castellaro S. (2011), la classificazione della Curva H/V avviene prendendo in considerazione tre classi di qualità:

CLASSE A - H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.

- 1) La forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (stazionarietà);
- 2) Le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (isotropia);
- 3) non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (assenza di disturbi);
- 4) i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (plausibilità fisica);
- 5) i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3 criteri) sono verificati (robustezza statistica);
- 6) la misura è durata almeno 15/20 minuti (durata).

Eccezione: misure effettuate su roccia integra affiorante o in zone alluvionali fini con basamento sismico molto profondo (tipicamente > 1Km) possono non mostrare alcun picco statisticamente significativo della curva H/V nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico, a causa dell'assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati. In questi casi, in cui la curva H/V apparirà piatta a con ampiezza circa pari a 1, il criterio 5 risulterà non verificato anche se la misura è di fatto attendibile. In questo solo caso la misura può ricadere nella classe A ma si consiglia di ripetere la misura per confermare l'effettiva assenza di massimi significativi.

CLASSE B - curva H/V sospetta (da "interpretare"): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze.

- 1) almeno una delle condizioni della classe A non è soddisfatta, a condizione che non si rientri nell'ECCEZIONE citata per la classe A.

CLASSE C - curva H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata.

- 1) misura di tipo B nella quale la curva H/V mostra una ampiezza crescente al diminuire della frequenza (deriva), indice di un movimento dello strumento durante la misura;
- 2) misura di tipo B nella quale si evidenzia la presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di potenziale interesse.

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

- **Tipo 1.** Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza;
- **Tipo 2.** Non presenta picchi “chiari” nell’intervallo di frequenze di interesse: assenza di risonanza.

È comunque necessario valutare attentamente ciascuna misura poiché in alcuni casi possono essere presenti ulteriori picchi con ampiezza inferiore ad A0 in corrispondenza di altri valori di frequenza. Questi picchi, se correlabili a minimi locali della componente spettrale verticale sono indice di discontinuità stratigrafiche che possono rivestire una certa importanza ai fini degli effetti amplificativi locali.



Servizi integrati di Geofisica per il Territorio

Via per S. Alessio, 1733/C

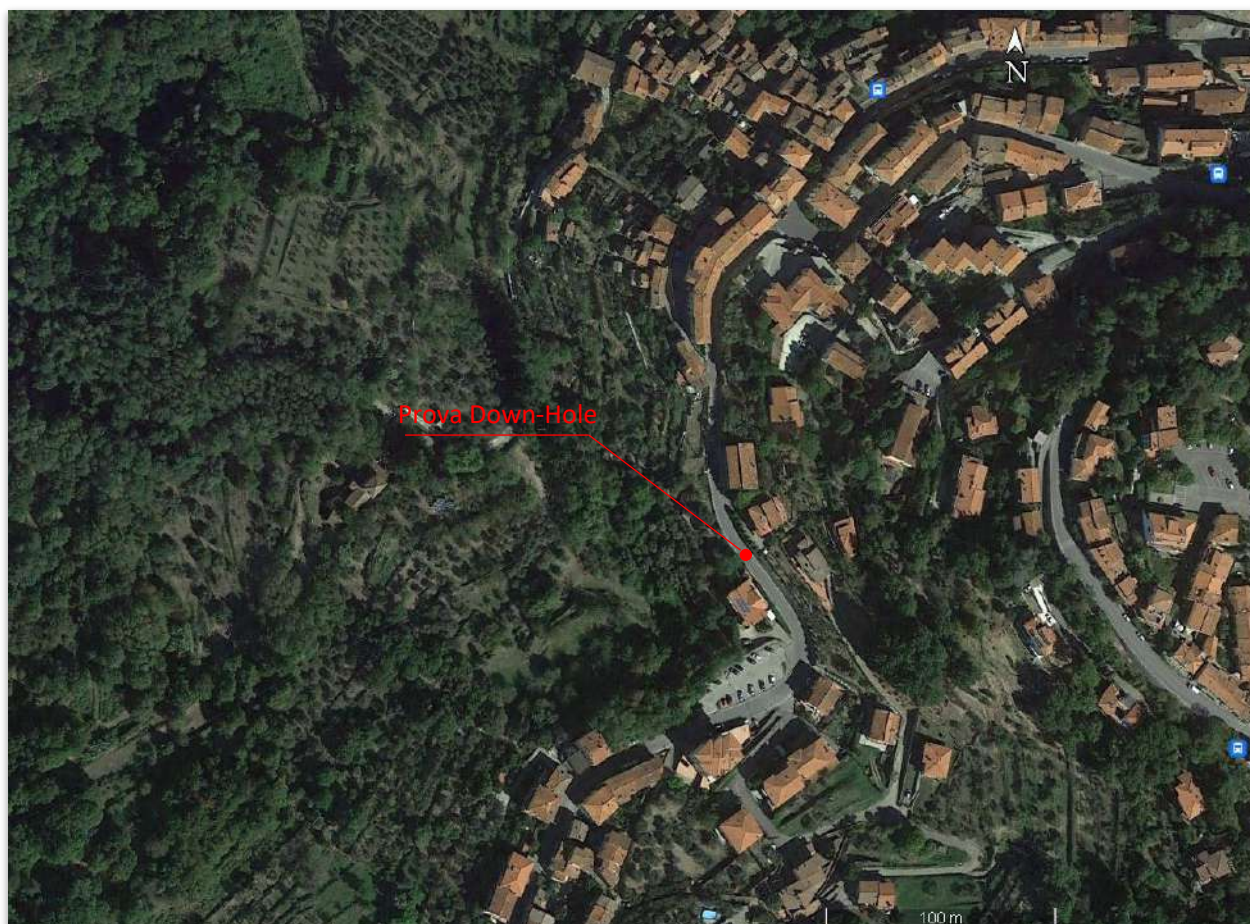
55100 Lucca

+39 0583-343380

info@soget.biz

RAPPORTO N° 20240326

Committente	Città Metropolitana di Firenze	
Tipo di indagine	Indagine sismica DOWN-HOLE	
Cantiere	SP86 di Donnini, Comune di Tosi (FI)	
Data campagna	6 marzo 2024	
Data emissione rapporto	26 marzo 2024	



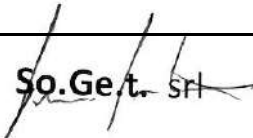
Redazione

Dott.ssa Giulia Landi

Verifica

Dott. Simone Sartini

Dott. Alessandro Bianchi


So.Ge.t. srl


So.Ge.t. srl

Sommario

1. Scopo dell'indagine.....	1
2. Prova sismica Down-Hole (DH)	2
2.1. Principi del metodo.....	2
2.2. Modalità di acquisizione e strumentazione.....	2
2.3. Elaborazione e risultati	3
3. Definizione della categoria di suolo sismico.....	5

Allegati

Tav.1:	<i>Ubicazione indagine e inquadramento area di interesse</i>
Tav.2:	<i>Risultati elaborazione DH - sismogrammi e dromocrone</i>
Tav.3:	<i>Risultati elaborazione DH - velocità sismostrati e tabelle riassuntive</i>

1. Scopo dell'indagine

L'indagine in oggetto è stata progettata, su incarico della Committenza, ai fini della caratterizzazione sismostratigrafica dei terreni lungo la SP86 di Donnini nel Comune di Tosi (Fi).

La categoria del suolo di fondazione può essere ottenuta mediante indagini di tipo sismico (Down-Hole, Cross-Hole, sismica a rifrazione, MASW, cono sismico). Nel caso specifico, è stata eseguita una prova Down-Hole, la cui ubicazione è riportata in Figura 1 .



FIGURA 1 UBICAZIONE DELLA PROVA DOWN-HOLE

Nel presente documento si intende illustrare e commentare i risultati a cui si è pervenuti, dopo aver fornito una breve illustrazione del metodo e della strumentazione adoperata.

2. Prova sismica Down-Hole (DH)

2.1. Principi del metodo

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

2.2. Modalità di acquisizione e strumentazione

Come sistema di energizzazione, le onde di compressione P e per le onde di taglio SH, è stata utilizzata una mazza da 8 Kg incidente su una piastra ed una trave metallica rispettivamente.



FIGURA 2 FASE DI PREPARAZIONE DELLA PROVA **DOWN-HOLE** E STRUMENTAZIONE ADOPERATA

Per ciò che concerne la strumentazione dedicata alla ricezione del segnale sismico, è stato impiegato un sistema costituito da due ricevitori triassiali posti alla distanza di 1,0 m calati in profondità nel perforo con step regolari di 1 metro fino alla profondità di 36 metri.

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

2.3. Elaborazione e risultati

Alla presente relazione tecnica sono allegate n.3 tavole in formato A3 denominate da Tav.1 a Tav.3 in cui sono contenuti l'inquadramento generale dell'area di indagine e l'ubicazione della prova (Tav.1), ed i risultati dell'elaborazione dei dati sismici acquisiti (Tav.2 e Tav.3).

In Tav.2 sono mostrati i sismogrammi registrati in onde P e SH, nonché le corrispondenti dromocrone relative ai primi arrivi. In Tav.3 sono illustrati:

- il grafico delle velocità (onde P e SH) dei sismostrati individuati che esprime la variazione della velocità delle onde sismiche con la profondità;
- la tabella profondità-velocità (Tabella 1);
- la tabella profondità-tempi: in cui si possono osservare i tempi di primo arrivo delle onde P e SH (Tabella 2).

Depth (m of gl)	Waves velocity P (m/s)	Waves velocity SH (m/s)
0.00-6.00	1040	350
6.00-10.00	1150	600
10.00-16.00	1550	690
16.00-20.00	1430	660
20.00-36.00	2190	910

TABELLA 1 TABELLA PROFONDITÀ-VELOCITÀ

Correct times (sec)			
Waves SH		Waves P	
0	0.0000	0	0.0000
1	0.0039	1	0.0009
2	0.0068	2	0.0018
3	0.0095	3	0.0030
4	0.0120	4	0.0038
5	0.0153	5	0.0047
6	0.0172	6	0.0057
7	0.0193	7	0.0066
8	0.0202	8	0.0075
9	0.0223	9	0.0083
10	0.0240	10	0.0092
11	0.0259	11	0.0096
12	0.0270	12	0.0105
13	0.0288	13	0.0109
14	0.0300	14	0.0117
15	0.0311	15	0.0123
16	0.0329	16	0.0130
17	0.0347	17	0.0137
18	0.0360	18	0.0144
19	0.0374	19	0.0151
20	0.0391	20	0.0158
21	0.0400	21	0.0162
22	0.0411	22	0.0166
23	0.0417	23	0.0171
24	0.0428	24	0.0174
25	0.0438	25	0.0179
26	0.0447	26	0.0183
27	0.0462	27	0.0186
28	0.0472	28	0.0193
29	0.0487	29	0.0196
30	0.0499	30	0.0201
31	0.0512	31	0.0208
32	0.0520	32	0.0211
33	0.0529	33	0.0215
34	0.0543	34	0.0221
35	0.0549	35	0.0226
36	0.0558	36	0.0230

TABELLA 2 TABELLA PROFONDITÀ-TEMPI PRIMO ARRIVO

3. Definizione della categoria di suolo sismico

L'impiego della prova sismica DOWN-HOLE consente di ottenere il profilo delle velocità delle onde di taglio S, che permette di calcolare il valore della $V_{s,eq}$ equivalente, parametro fondamentale per la definizione della categoria di suolo di fondazione come previsto dalla normativa vigente "Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 17 Gennaio 2018).

In ottemperanza a quanto definito dalla vigente normativa "Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018", la classificazione di suolo sismico relativo al sito oggetto di studio, è stata ottenuta sulla base delle condizioni stratigrafiche e del valore di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

h_i : spessore dell'i-esimo strato

$V_{s,i}$: velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato

N : numero di strati

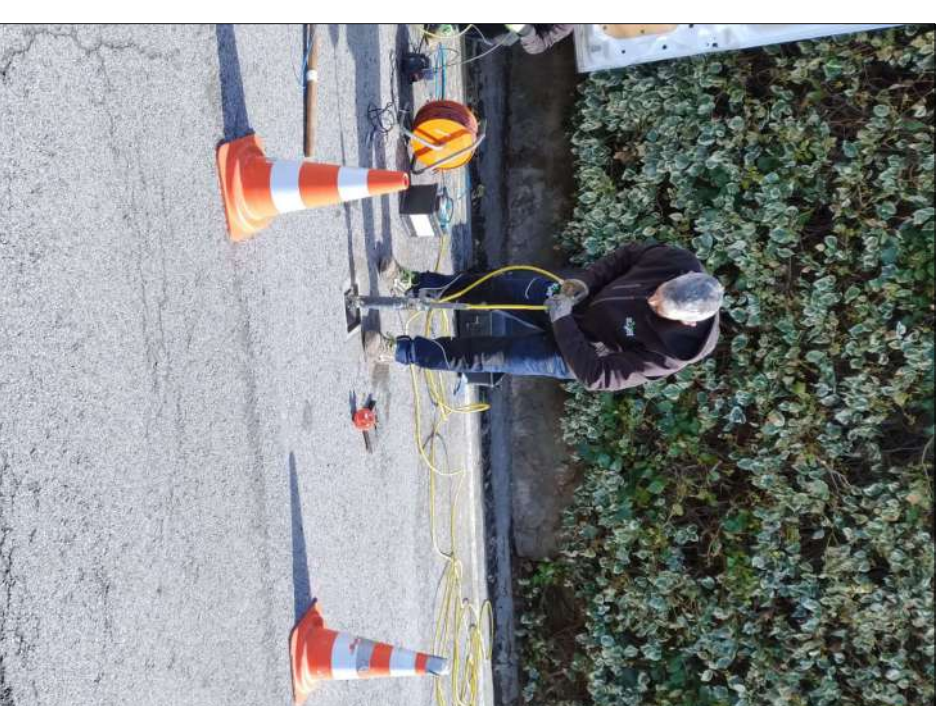
H : profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s superiore o uguale a 800 m/s

Nei depositi con profondità H del substrato inferiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita ponendo H uguale alla profondità del substrato (bedrock sismico). Nel caso in studio il bedrock sismico, V_s maggiore di 800 m/sec, è stato individuato ad una profondità di H=20 m. Il calcolo della $V_{s,eq}$ è stato eseguito ponendo il piano di fondazione alla quota di 0 metri dal p.c. Il valore ottenuto è pari a 515 m/s, corrispondente ad un suolo di **categoria B** (Tabella 3).

Categoria	Caratteristiche di sottosuolo
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m,</i> caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelli definiti per le categorie C o D,</i> con profondità del substrato non superiore a 30 m.

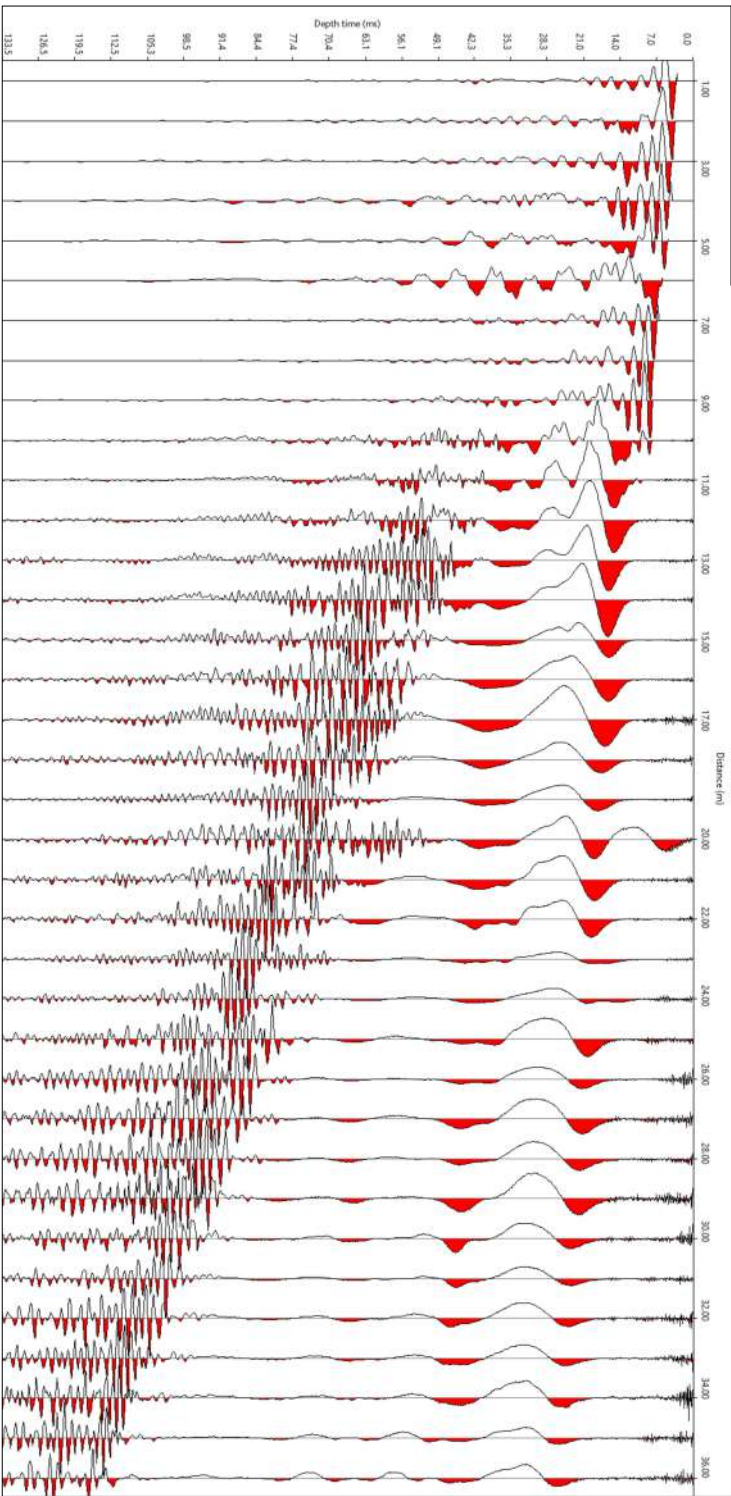
TABELLA 3 CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI DI FONDAZIONE

Ubicazione della prova Down-Hole - Scala 1:1000

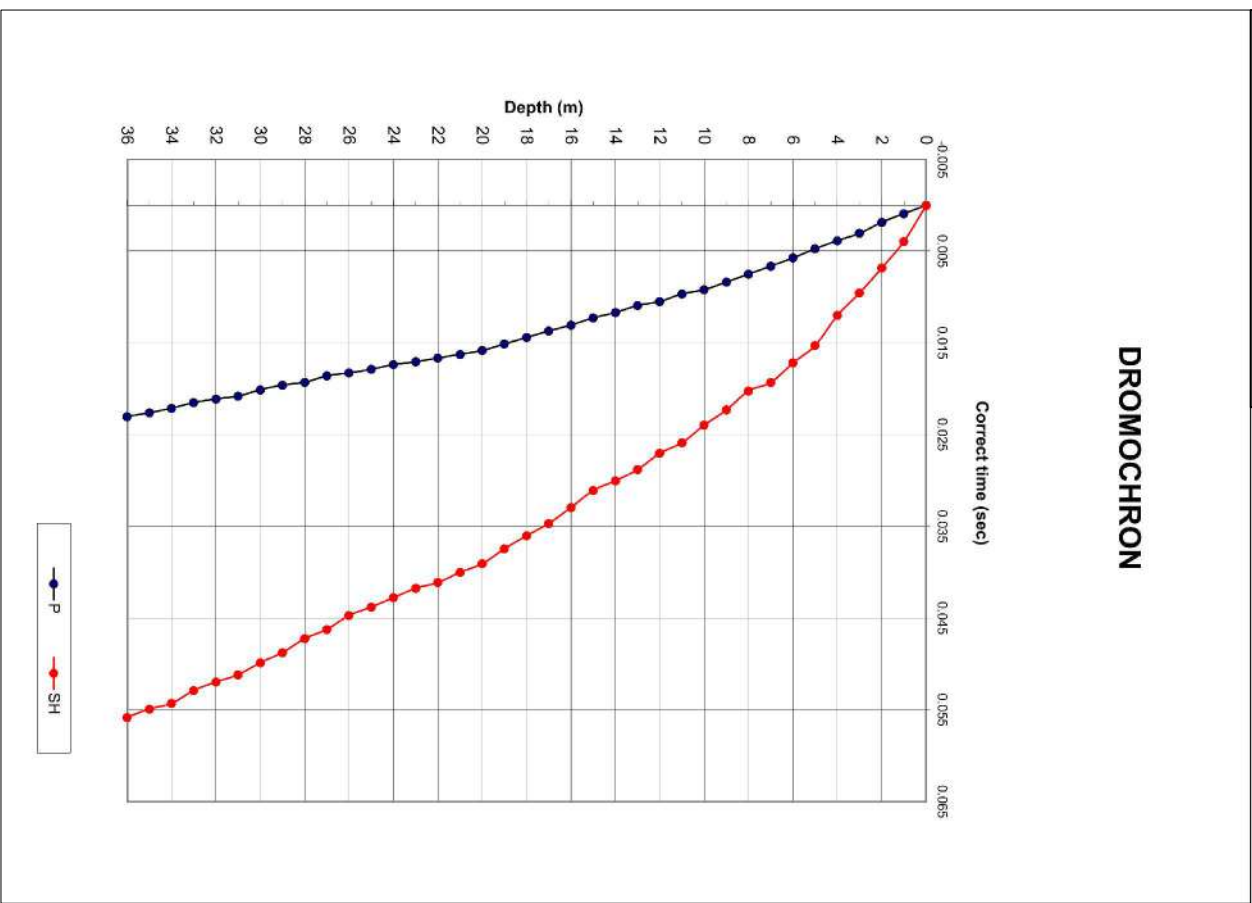


Soget So.Ge.T. srl via per S. Alessio 1733/C, 55100 Lucca P.I./ C.F.: 02115540466 e.mail: info@soget.biz web: www.soget.biz - Tel e Fax +39 0583 343380		Committente: Città Metropolitana di Firenze 	Oggetto: PROVA SISMICA DOWNHOLE Ubicazione della prova e inquadramento dell'area di interesse	Acquisizione: I. Cavirani, P. Mannucci	Elaborazione: A. Bianchi
Cantiere: Comune di Tosi		Approvazione: S. Sartini, A. Bianchi	Revisione: 00	Formato A3	
				Tav 1	

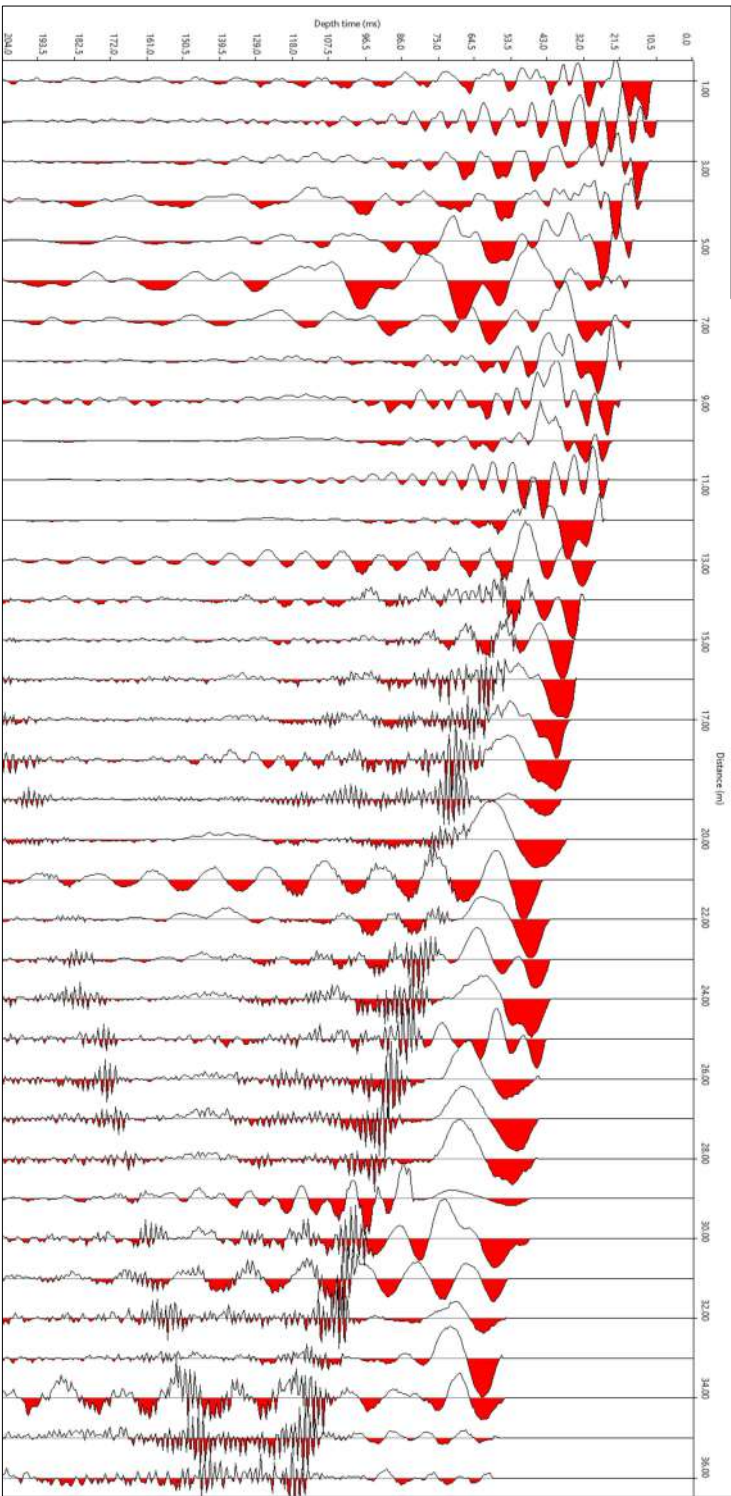
Sismogramma Onde P



Dromocrone - Onde P e onde SH



Sismogramma Onde SH



So.Ge.T. srl

via per S. Alessio 1733/C, 55100 Lucca



P.I./C.F. 02115540466 e.mail: info@soget.biz
web: www.soget.biz - Tel e Fax +39 0583 343380

web: www.soget.biz - Tel e Fax +39 0583 343380

Committente:

Città Metropolitana di Firenze



Oggetto:

PROVA SISMICA DOWNHOLE

Risultati

(Sismogrammi e Dromocrone)

Acquisizione:

I. Cavirani, P. Mannucci

Elaborazione:

A. Bianchi

Approvazione:

S. Sartini, A. Bianchi

Revisione: 00

Formato A3

Tav 2

Velocità degli strati

Seismic layers

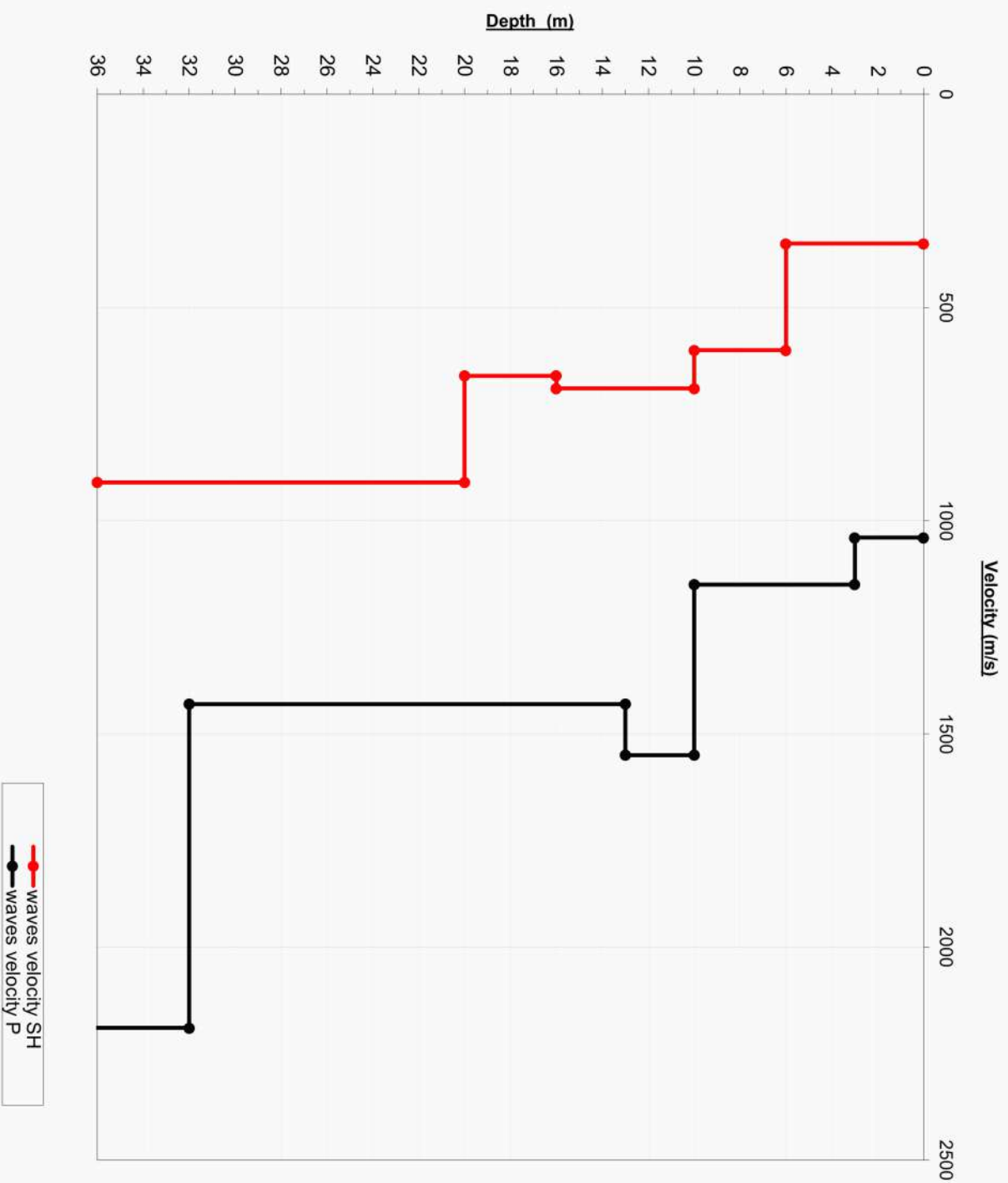


Tabella profondità-velocità

Depth	Waves velocity P	Waves velocity SH
(m of gl)	(m/s)	(m/s)
0.00-6.00	1040	350
6.00-10.00	1150	600
10.00-16.00	1550	690
16.00-20.00	1430	660
20.00-36.00	2190	910

Tabella profondità-tempi

Correct times (sec)		Waves P	
Waves SH			
0	0.0000	0	0.00000
1	0.0039	1	0.0009
2	0.0068	2	0.0018
3	0.0095	3	0.0030
4	0.0120	4	0.0038
5	0.0153	5	0.0047
6	0.0172	6	0.0057
7	0.0193	7	0.0066
8	0.0202	8	0.0075
9	0.0223	9	0.0083
10	0.0240	10	0.0092
11	0.0259	11	0.0096
12	0.0270	12	0.0105
13	0.0288	13	0.0109
14	0.0300	14	0.0117
15	0.0311	15	0.0123
16	0.0329	16	0.0130
17	0.0347	17	0.0137
18	0.0360	18	0.0144
19	0.0374	19	0.0151
20	0.0391	20	0.0158
21	0.0400	21	0.0162
22	0.0411	22	0.0166
23	0.0417	23	0.0171
24	0.0428	24	0.0174
25	0.0438	25	0.0179
26	0.0447	26	0.0183
27	0.0462	27	0.0186
28	0.0472	28	0.0193
29	0.0487	29	0.0196
30	0.0499	30	0.0201
31	0.0512	31	0.0208
32	0.0520	32	0.0211
33	0.0529	33	0.0215
34	0.0543	34	0.0221
35	0.0549	35	0.0226
36	0.0558	36	0.0230

So.Ge.T. srl

via per S. Alessio 1733/C, 55100 Lucca

P.I./ C.F. 02115540466 e.mail: info@soget.biz

web: www.soget.biz - Tel e Fax +39 0583 343380

Commitente:

Città Metropolitana di Firenze

**Cantiere:**

Comune di Tosi

Oggetto:

PROVA SISMICA DOWNHOLE

Risultati

(Velocità sismostati e tabelle riassuntive)

Acquisizione:

I. Cavarani, P. Mannucci

Corporazione:

A. Bianchi

Approvazione:

S. Sartini, A. Bianchi

Revisione: 00

Formato A3

Tav 3





Servizi integrati di Geofisica per il Territorio

Via per S. Alessio, 1733/C

55100 Lucca

+39 0583-343380

info@soget.biz

RAPPORTO N° 20240326

Committente	Città Metropolitana di Firenze	
Tipo di indagine	Prova MASW (Multi-Channel Analysis of Surface Waves)	
Cantiere	SP86 di Donnini, Comune di Tosi (FI)	
Data Campagna	6 marzo 2024	
Data emissione rapporto	26 marzo 2024	



Redazione

Dott.ssa Giulia Landi

Verifica

Dott. Simone Sartini

Dott. Alessandro Bianchi

So.Ge.t. srl

So.Ge.t. srl

Sommario

1 Scopo dell'indagine.....	1
2 Il metodo MASW.....	2
2.1 Principi del metodo	2
2.2 Modalità di acquisizione e strumentazione	3
2.3 Elaborazione e analisi dei dati	4
3 Proposta di interpretazione conclusiva.....	4

Indice delle figure

Fig. 1: *Ubicazione della linea sismica MASW*

Fig. 2: *Strumentazione utilizzata*

Allegati

Tavola 1,2,3: *Risultati della prova MASW*

1. Scopo dell'indagine

Su incarico specifico della Committenza è stata progettata un'indagine geofisica avente come scopo la caratterizzazione sismica dei terreni lungo la SP86 di Donnini nel Comune di Tosi (Fi). L'indagine in oggetto è stata eseguita in data 06/03/2024 facendo ricorso al metodo M.A.S.W. (Multi-Channel Analysis of Surface Waves), basato sull'analisi della propagazione delle onde sismiche di superficie (Onde di Rayleigh). In Figura 1 è riportata l'ubicazione della linea sismica acquisita durante la campagna.

L'impiego di tale metodologia consente di ottenere il profilo delle velocità delle onde di taglio S, che permette di calcolare il valore della Vs equivalente, parametro fondamentale per la definizione della categoria di suolo di fondazione come previsto dalla normativa vigente "Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 17 Gennaio 2018).

Nel presente documento si intende illustrare e commentare i risultati a cui si è pervenuti, dopo aver fornito una breve illustrazione del metodo e della strumentazione adoperati.



Figura 1 - Ubicazione della linea sismica MASW (linea rossa)

2. Il metodo MASW

2.1 Principi del metodo

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine geofisica che si basa sull'analisi spettrale della propagazione delle onde sismiche di superficie, misurate in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sul piano campagna, lungo uno stendimento lineare.

Per essere più precisi, ciò che viene studiato è il fenomeno della dispersione delle onde di superficie. Questo è legato al fatto che le onde sono costituite da varie componenti (frequenze) e ognuna di queste si propaga nel sottosuolo con una velocità di fase, influenzata dalle proprietà del mezzo fino a una profondità massima proporzionale alla frequenza stessa. Le componenti ad alta frequenza hanno lunghezza d'onda corta e si propagano negli strati più superficiali dando, di conseguenza, informazioni sulla parte più superficiale del suolo. Onde a bassa frequenza, invece, sono caratterizzate da ampie lunghezze d'onda e si propagano negli strati più profondi fornendo così informazioni sugli strati più profondi.

In un mezzo stratificato o non omogeneo, l'ondina, inizialmente compatta, si disperde durante la propagazione perdendo la sua iniziale compattezza: il segnale si spalma su una maggiore lunghezza in quanto alcune componenti viaggiano a velocità maggiore rispetto ad altre. Se ad ogni componente si associa una certa velocità di propagazione e si uniscono poi tutti i punti si ottiene una curva in grado di descrivere in modo quantitativo il segnale in esame (**curva di dispersione**). In un mezzo omogeneo invece, tutte le componenti viaggeranno alla stessa velocità e l'ondina rimarrà compatta.

Nelle analisi MASW le velocità che si vanno a definire si riferiscono a specifiche frequenze e per questo vengono definite velocità di fase; queste non sono da confondere con le velocità di gruppo che si riferiscono a pacchetti di frequenze attorno a una frequenza centrale.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno attraversata. Le proprietà del mezzo che determinano con maggior peso la velocità delle onde di Rayleigh (V_r) misurata superficialmente sono la velocità delle onde S (V_s) e lo spessore degli strati mentre densità e velocità delle onde di compressione giocano un ruolo marginale. Esiste un rapporto preciso tra V_r e V_s :

$$V_r = 0.9 V_s$$

La profondità investigata dalle onde di Rayleigh dipende dalla lunghezza d'onda, dalla velocità delle onde di taglio V_s e dalla frequenza (Stokoe II and Santamarina, 2000): onde di Rayleigh con diversa lunghezza d'onda forniscono informazioni a diverse profondità del sito. Le informazioni sulla velocità delle onde di taglio V_s del sito fornite, sono da intendersi come informazioni medie lungo la profondità.

I vantaggi della tecnica M.A.S.W. possono essere così riassunti:

- particolarmente indicata per terreni attenuanti ed ambienti rumorosi;

- è in grado di evidenziare inversioni di velocità nel profilo di velocità;
- buona risoluzione.

Tali caratteristiche ne hanno reso particolarmente indicato l'uso nel sito in oggetto.

2.2 Modalità di acquisizione e strumentazione

Durante una prova sismica di tipo MASW le onde superficiali vengono generate in un punto sulla superficie tramite energizzazione con mazza battente, consentendo di ottenere una curva di dispersione sperimentale apparente nel range di frequenze compreso generalmente tra 4 Hz e 70 Hz. Questa curva fornisce informazioni sulla parte del suolo, compresa tra il piano campagna e una profondità massima che varia tra i 30 e i 50 m di profondità, funzione della rigidezza del suolo e dell'array utilizzato per l'acquisizione.

La strumentazione (Figura 2) utilizzata per l'acquisizione dei dati è costituita da:

- un sismografo a 24 canali *Summit COMPACT della DMT (Germania)*;
- n° 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz;
- un cavo sismico con 24 takeouts intervallati di 2 m;
- mazza battente di 8 kg;
- piastra di battuta in alluminio.

In mancanza di informazioni precise la densità dei terreni è stata assunta pari a 1800 Kg/m³.



Figura 2 - Strumentazione utilizzata.

2.3 Elaborazione e analisi dei dati

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software *Swan*, sviluppato da GeoStudi Astier s.r.l. Schematicamente il processo di analisi è consistito in tre fasi principali:

- calcolo dello spettro F-K, tramite la Trasformata 2D di Fourier, partendo dal sismogramma registrato in campagna;
- derivazione della curva di dispersione sperimentale a partire dallo spettro F-K;
- processo di inversione tramite ricerca del miglior fit tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica;
- individuazione del profilo di velocità delle onde S che fornisce il miglior fit tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica.

Nelle Tavole 1, 2 e 3 sono riportati i risultati dell'elaborazione dei dati acquisiti. In particolare, vengono riportati:

- ubicazione della stesa sismica (Tav. 1);
- sismogramma acquisito (Tav. 2);
- spettro F-K (Tav. 2);
- curve di dispersione F-V (Tav. 3);
- modello 1D della velocità delle onde S (Tav. 3);
- spessori considerati (Tav. 3).

3. Proposta di interpretazione

In ottemperanza a quanto definito dalla vigente normativa "Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018", la classificazione di suolo sismico relativo al sito oggetto di studio, è stata ottenuta sulla base delle condizioni stratigrafiche e del valore di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

h_i : spessore dell'i-esimo strato

$V_{s,i}$: velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato

N : numero di strati

H : profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s superiore o uguale a 800 m/s

Nei depositi con profondità H del substrato inferiori a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s_{eq}}$ è definita ponendo H uguale alla profondità del substrato (bedrock sismico). Nel caso in studio il bedrock sismico, V_s maggiore di 800 m/sec, è stato individuato ad una profondità di $H=22$ m.

Considerando il piano campagna il calcolo della velocità equivalente è pari a **510 m/s** nei primi 22 m che risulta riconducibile ad un suolo di **Categoria B (Tabella 2)**.

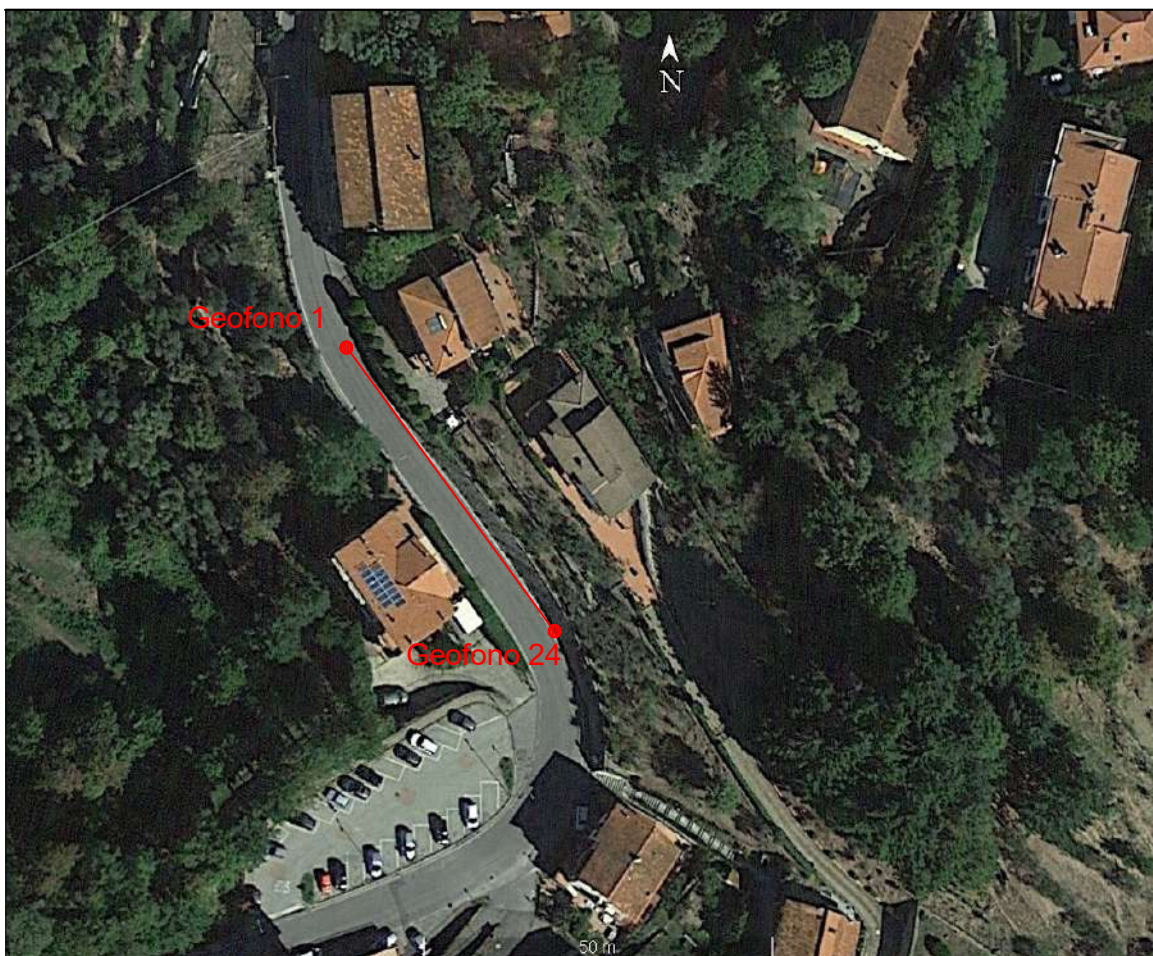
Riferimento calcolo V_s equivalente	Velocità equivalente
p.c.	510 m/s

Tabella 1 - Velocità equivalente rispetto al piano campagna.

Categoria	Caratteristiche di sottosuolo
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelli definiti per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 2 - Classificazione dei suoli di fondazione.

Ubicazione della stesa sismica (tratto rosso) - Scala 1:1000



Cliente:

Città Metropolitana di Firenze



Data acquisizione: 6/03/2024

Acquisizione: I. Cavarani, P. Mannucci, R. Gazzola

Elaborazione: A. Bianchi

Approvato:

S. Sartini

Formato: A4

Revisione: 00



So.Ge.T. s.r.l.

Via Per S. Alessio, 1733/C - 55100 S. Alessio (Lucca)

P.I./ C.F. 02115540466 e.mail: info@soget.biz
web: www.soget.biz - Tel e Fax +39 0583 343380

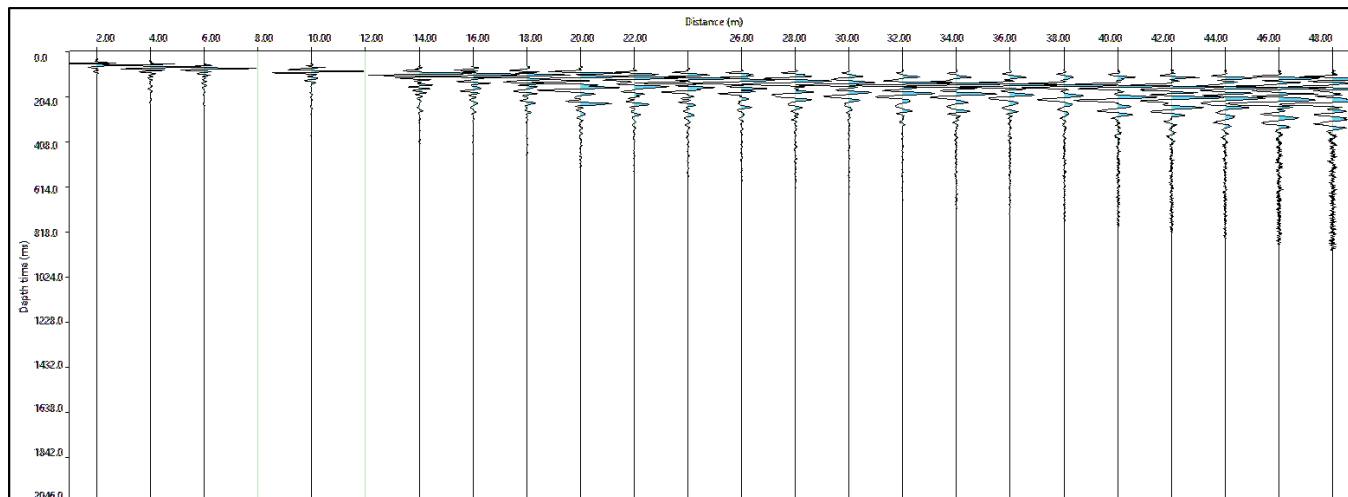
Risultati:

MASW

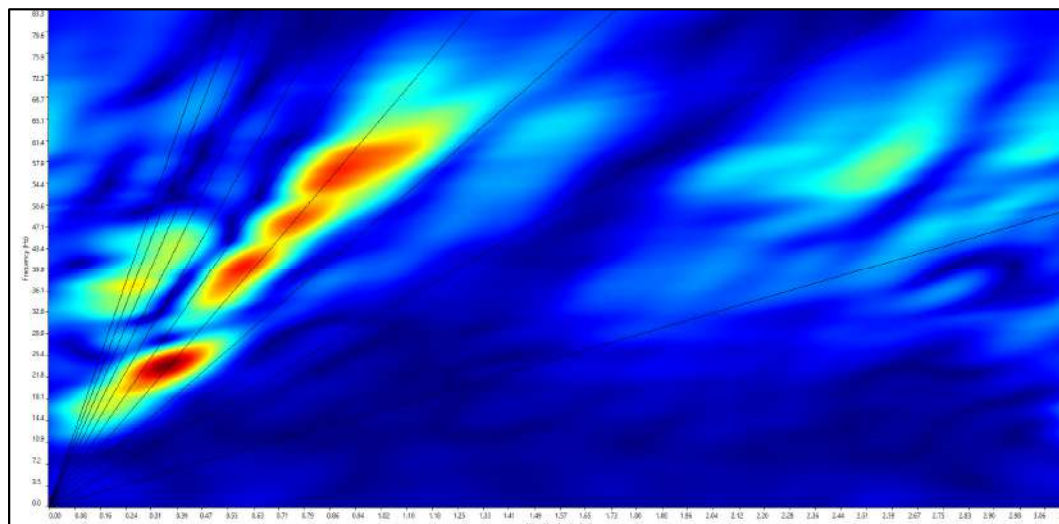
Multichannel Analysis of Surface Waves

Tav. 2

Sismogramma



Spettro F-K - frequenze/numeri d'onda



Cliente:

Città Metropolitana di Firenze



Data acquisizione: 6/03/2024

Acquisizione: I. Cavarani, P. Mannucci, R. Gazzola

Elaborazione: A. Bianchi

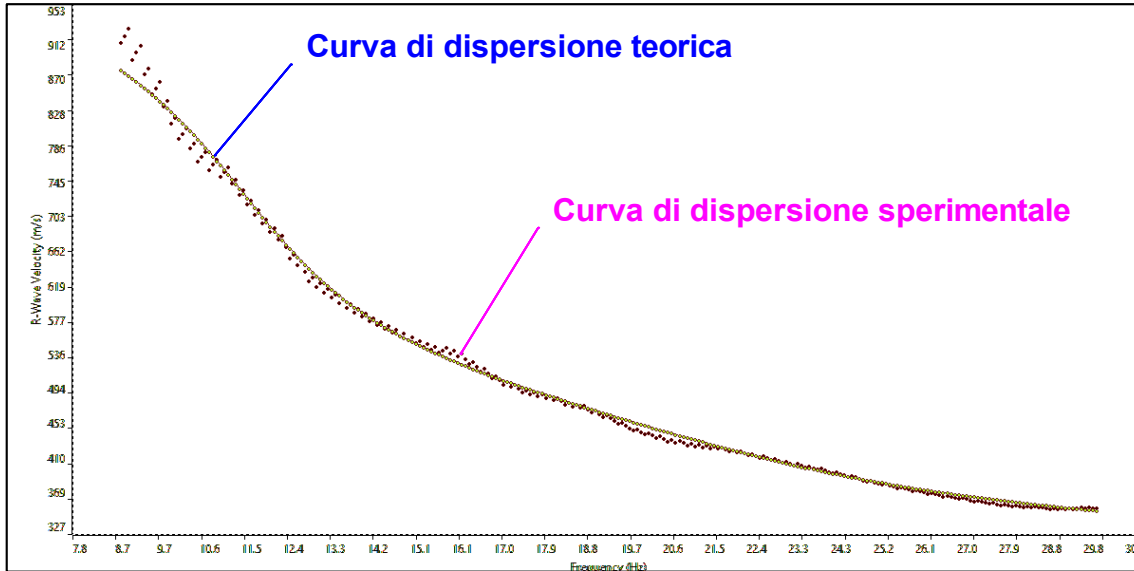
Approvato:

S. Sartini

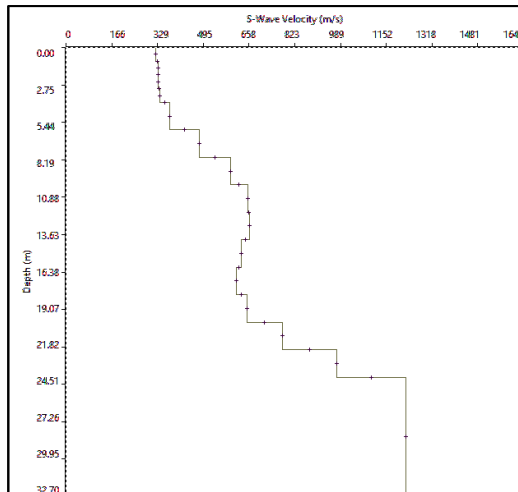
Formato: A4

Revisione: 00

Curve di dispersione FV - frequenza/velocità



Profilo di velocità - Vs



Spessori (m) - Velocità onde S (m/s)

	Thickness	Depth	Vs
Layer 1	1.00	0.00	324
Layer 2	1.00	1.00	331
Layer 3	1.00	2.00	332
Layer 4	1.00	3.00	338
Layer 5	2.00	4.00	374
Layer 6	2.00	6.00	481
Layer 7	2.00	8.00	592
Layer 8	2.00	10.00	654
Layer 9	2.00	12.00	660
Layer 10	2.00	14.00	631
Layer 11	2.00	16.00	612
Layer 12	2.00	18.00	652
Layer 13	2.00	20.00	778
Layer 14	2.00	22.00	976
Layer 15	INF	24.00	1222

Cliente:

Città Metropolitana di Firenze



Data acquisizione: 6/03/2024

Acquisizione: I. Cavarani, P. Mannucci, R. Gazzola

Elaborazione: A. Bianchi

Approvato:

S. Sartini

Formato: A4

Revisione: 00