



REGIONE
LAZIO



LAZIO
crea

REGIONE LAZIO - LAZIO CREA S.p.A.
via del Serafico n.107 - 00142 ROMA

Progetto preliminare - Studio di fattibilità tecnico-economica per la riconversione funzionale dell'ex stabilimento vitivinicolo ubicato nel Comune di Capena (RM) per la realizzazione di un centro logistico della Protezione Civile della Regione Lazio



Responsabile del Procedimento:
Arch. Francesca Fabbri

Progettista:
Ing. Roberto Corrieri

UBICAZIONE IMMOBILE:

Ex stabilimento ARSIAL
SP di Capena snc - CAPENA (RM)

Relazione Geologica

TAVOLA:

RGE

SCALA:

AGGIORNAMENTI:

Giugno 2019

DATA:

Marzo 2019

SCALA PLOT:



SOLUZIONI PROGETTUALI S.r.l.
Servizi per l'ingegneria
Via della Magliana, 256- 00146 ROMA
tel. 06/89026308 - fax 06/89026311



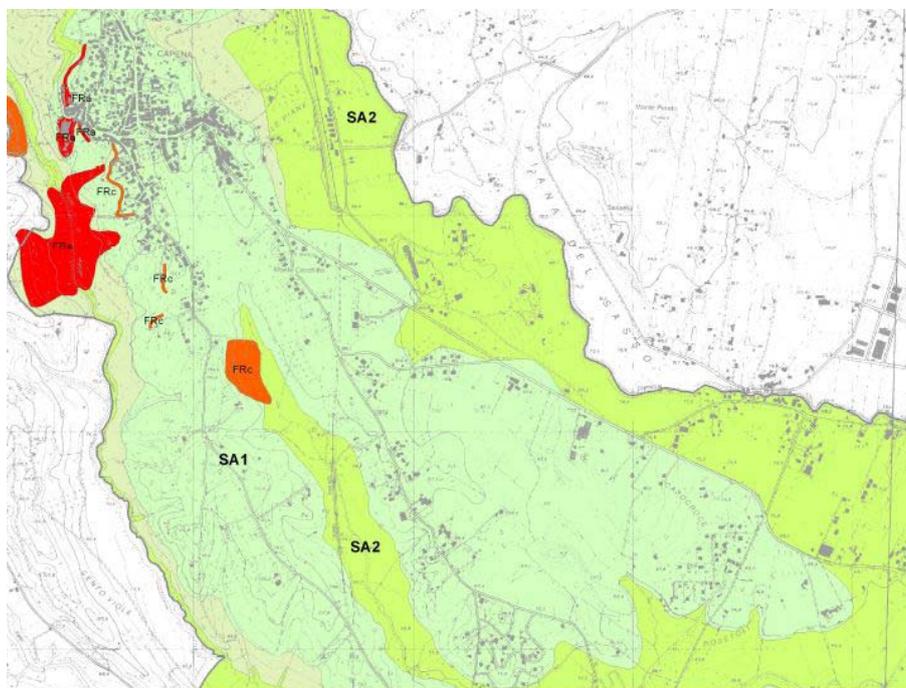


REGIONE
LAZIO



Studio geologico in relazione al "Progetto preliminare – Studio di fattibilità tecnico-economica per la riconversione funzionale dell'ex stabilimento vitivinicolo ubicato nel Comune di Capena (RM) per la realizzazione di un centro logistico della Protezione Civile regionale e del Centro Regionale per il deposito e la dematerializzazione dei documenti della Regione Lazio"

Rif. D.G.R.Lazio 5 luglio 2016, n. 375



RELAZIONE GEOLOGICA



Soluzioni Progettuali srl

Via della Magliana, 256 Pal."C" int. A1

00146 ROMA

tel. 06/89026308 fax 06/89026311

P.iva 10581871000

e-mail soluzioniprogettuali@pec.it

www.soluzioniprogettuali.com

(Dott. Geol. Maurizio Scarapazzi)



CONTENUTI MINIMI DELLA RELAZIONE GEOLOGICA
(D.G.R. Lazio n. 375 del 5 luglio 2016)

1 - Indicazione del Livello di Vulnerabilità dell'Opera	Appendice 1
2 - Carta Geologica di dettaglio in scala 1:1.000	Paragrafo 7 (Tavola C)
3 - Caratteristiche idrogeologiche e interazione con la falda idrica	Paragrafo 4
4 - Categoria di sottosuolo di fondazione e categoria dell'amplificazione topografica	Paragrafo 6 (Pag. 22)
5 - Sezione tipo di carattere geologico e sismico (con indicazione opera di progetto)	Paragrafo 7 (Tavola B)
6 - Planimetria ubicativa delle prove, nuove e/o pregresse	Paragrafo 7 (Tavola A)
7 - Elaborati numerici e grafici di ogni indagine eseguita nuova e/o pregressa	Allegato 2, 3, 4, 6 e 7
8 - Stralcio della Cartografia del P.A.I. dell'Autorità di Bacino competente	Paragrafo 2 (Fig. 1)
9 - Stralcio del Livello 1 di Microzonazione Sismica validato	Paragrafo 2 (Fig. 2)
10 - Documentazione fotografica, attestante l'esecuzione delle indagini e delle prove	Allegato 5
11 - Stratigrafia dei litotipi estesa a - 30 m dal piano di imposta delle fondazioni, con l'indicazione dell'eventuale falda acquifera	Paragrafo 7 (Tavola B)
12 - Conclusioni sulla fattibilità dell'intervento e prescrizioni progettuali	Paragrafo 10

INDICE

Normativa

1. Premessa	pag. 4
2. Ubicazione, riferimenti cartografici e tematici	pag. 6
3. Inquadramento geologico e geomorfologico	pag. 7
4. Inquadramento idrogeologico	pag. 11
5. Indagini geognostiche eseguite	pag. 13
6. Sismicità dell'area (modello sismico del sito)	pag. 14
7. Definizione unità litotecniche (modello geologico)	pag. 24
8. Caratterizzazione fisico-meccanica delle unità litotecniche	pag. 25
9. Pericolosità geologica	pag. 28
10. Considerazioni	pag. 29

BIBLIOGRAFIA

Appendice 1: Vulnerabilità geologica

Allegato 1 - Pericolosità sismica di base

Allegato 2 – Report delle indagini

Allegato 3 – Risposta Sismica Locale

NORMATIVA

La relazione è redatta in conformità alle disposizioni legislative di seguito riportate.

C.S.L.L.P.P. Circolare 21 gennaio 2019 n. 7. Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018;

D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018 Aggiornamento "Norme tecniche per le costruzioni";

D.G.R. Lazio n. 375 del 5 luglio 2016. Regolamento sullo snellimento delle procedure in tema di prevenzione sismica, con prescrizioni sulle tipologie di indagini geologiche obbligatorie da eseguire;

C.S.L.L.P.P. Circolare 2 febbraio 2009 n. 617. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;

D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 Norme tecniche per le costruzioni;

State of California - Department of Transportation - Division of Engineering Services- Geotechnical Services
Soil and Rock Logging, Classification and Presentation Manual (June 2007);

UNI EN 1997-1 (2005) Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - parte 1: Regole generali;

UNI EN 1997-2 (2007) Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;

UNI EN 1998-1 (2005) Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1:
Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;

UNI EN ISO 14688-2: 2004 Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni -
Principi per una classificazione;

UNI EN ISO 14688-1: 2003 Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni -
Identificazione e descrizione;

D.P.R. 5 giugno 2001 n. 328 Attività professionali riservate agli iscritti alla classe A dell'Ordine dei Geologi;

Circolare 9 gennaio 1996 n. 218/24/3 Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici
11 marzo 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione
geotecnica;

Associazione Geotecnica Italiana (1994) Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio;

Associazione Geotecnica Italiana (1977) Raccomandazione sulla programmazione ed esecuzione delle
indagini geotecniche;

Legge 2 febbraio 1974, n. 64 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone
sismiche.

1. PREMESSA

La presente relazione geologica è stata redatta, su incarico conferito da LAZIO CREA S.p.A., nel mese di aprile 2019, allo scopo di fornire un inquadramento geologico e geotecnico del sottosuolo in relazione al “Progetto preliminare – Studio di fattibilità tecnico-economica per la riconversione funzionale dell'ex stabilimento vitivinicolo ubicato nel Comune di Capena (RM) per la realizzazione di un centro logistico della Protezione Civile regionale e del Centro Regionale per il deposito e la dematerializzazione dei documenti della Regione Lazio”.

La relazione geologica è stata redatta, per quanto specifica a quanto di cui sopra, ed in riferimento a quanto cogente nel *D.G.R. Lazio 5 luglio 2016, n. 375* (“Regolamento regionale per lo snellimento e la semplificazione delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico e di repressione delle violazioni della normativa sismica”) ed al *D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018 Aggiornamento “Norme tecniche per le costruzioni”*. A tale proposito, oltre ad un attento studio del materiale bibliografico disponibile in letteratura, sulla base della complessità dell'opera da realizzare e dei risentimenti sismici dell'area, è stata programmata una campagna d'indagine geognostica, conforme alla Classe di Vulnerabilità Alta dell'Allegato C (Appendice 1), costituita da:

- esecuzione di *n° 4 misure di rumore sismico ambientale mediante tecnica H.V.S.R.* per identificare le modalità di vibrazione del terreno ed individuare la frequenza fondamentale di questa vibrazione;
- predisposizione di *n° 2 stese sismiche M.A.S.W.* per ricostruire l'andamento sismico stratigrafico del sottosuolo con obiettivo di ricavare la velocità delle onde “S” nei primi 30 m di profondità (V_{s30}) utili a classificare il terreno in base alla normativa sismica vigente;
- esecuzione di *n° 5 prove penetrometriche D.P.S.H.* per verificare in sito la resistenza meccanica del terreno attraversato;
- realizzazione di *n° 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo di 20 m ed esecuzione di prove S.P.T.* per verificare in sito la resistenza meccanica del terreno attraversato;
- realizzazione di *n° 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo di 30 m ed esecuzione di prove S.P.T.* per verificare in sito la resistenza meccanica del terreno attraversato all'interno del quale è stato installato *n° 1 piezometro a tubo aperto (tipo Norton)* al fine di misurare il livello dell'eventuale falda;
- realizzazione di *n° 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di 30 m ed esecuzione di prove S.P.T.* per verificare in sito la resistenza meccanica del terreno attraversato all'interno del quale è stata installata la tubazione, idoneamente cementata, per l'esecuzione della prova Down Hole;
- prelievo di *n° 13 campioni di terreno, di cui alcuni, sottoposti a prove geotecniche presso laboratorio in possesso di autorizzazione ministeriale ai sensi del D.P.R. n° 380/2001 e Circolare del Ministero II.TT. n° 7618/STC.*

Tali indagini hanno inoltre avuto lo scopo di:

- ricostruire la successione stratigrafica dei terreni del sottosuolo interessati dall'opera al fine di definire i caratteri litologici, stratigrafici e strutturali per la modellazione geologica del sito;
- valutare le condizioni idrogeologiche e geomorfologiche dell'area in oggetto e, più in generale, la pericolosità geologica del territorio;
- identificare le caratteristiche geomeccaniche del terreno di sedime delle fondazioni per la caratterizzazione del sito;
- valutare le condizioni sismiche dei terreni interessati dall'opera in esame.

Le prove citate sono ubicate in Tavola A presente nel Report delle indagini (Allegato 2).

Il lavoro è stato svolto in tre fasi:

- a) studio bibliografico preliminare;
- b) intervento in sito (esecuzione delle indagini);
- c) elaborazione e interpretazione dei dati.

Lo *studio bibliografico preliminare* è stato mirato alla raccolta di informazioni particolareggiate e specifiche alla geologia del sito indagato con particolare riguardo a eventuali sondaggi geognostici, spessore dei riporti e individuazione delle eventuali cavità.

L'intervento in sito, eseguito tra marzo e aprile 2019, è stato mirato in particolare:

- al rilievo di eventuali affioramenti del terreno di sedime,
- alle valutazioni delle condizioni geomorfologiche ed idrogeologiche di insieme dell'area,
- all'eventuale presenza di segni di dissesto idrogeologico che coinvolgano o meno le aree di pertinenza del fabbricato in oggetto;
- all'esecuzione dell'indagine geognostica suddetta.

Lo studio in oggetto è stato svolto dal Dott. Geol. Maurizio Scarapazzi (OdG del Lazio n° 855 - Polizza professionale N. B080123720P13 certificato n° 59 stipulata con la TORUS INSURANCE (UK) Limited, sede italiana Willis Italia S.p.A., Piazzale Don Luigi Sturzo 31 - 00144 Rome) in collaborazione con la Dott.ssa Franca Muscolo.

Le prove penetrometriche e sismiche sono state eseguite ed elaborate dal Geol. Marco Conforti della Geocompany S.r.l. Le prove di laboratorio sono state eseguite presso la struttura con autorizzazione ministeriale II.TT della Geoplanning Servizi per il Territorio S.r.l. di Roma

Questa relazione e tutti gli elaborati sono stati redatti ai sensi dell'Art. 41 del D.P.R. 328/2001 nonché in riferimento alle Raccomandazioni per la redazione della "Relazione Geologica" ai sensi delle Norme Tecniche sulle Costruzioni redatte dal Consiglio Nazionale dei Geologi (2015).

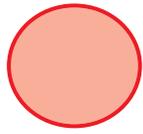
2. UBICAZIONE, RIFERIMENTI CARTOGRAFICI E TEMATICI

Lo studio eseguito ha messo in evidenza la relazione tra il sito di progetto e l'ambito territoriale in cui esso insiste.

L'area in esame dal punto di vista amministrativo ricade nel territorio appartenente al Comune di Capena (RM). Come ubicazione topografica precisa, il centro dell'area in studio (Latitudine 42.130052 e Longitudine 12.566173 in coordinate ED₅₀) ricade nel Foglio I.G.M. 144, "Palombara Sabina" della Carta d'Italia 1:100.000 e nella Carta Tecnica Regionale in scala 1:10000 nel n°365070 (Figura 1a) e in scala 1:5000 nel n° 365071 (Figura 1b) .

Il sito in esame non ricade nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), – Autorità di Bacino del Fiume Tevere e pertanto la figura non è stata realizzata.

In data odierna sul sito della Regione Lazio risulta validato lo studio di microzonazione di cui si riporta lo stralcio in scala 1:10.000 (Figura 2) da cui risulta che il sito ricade in *area stabile suscettibile di amplificazione* denominata SA1.



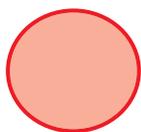
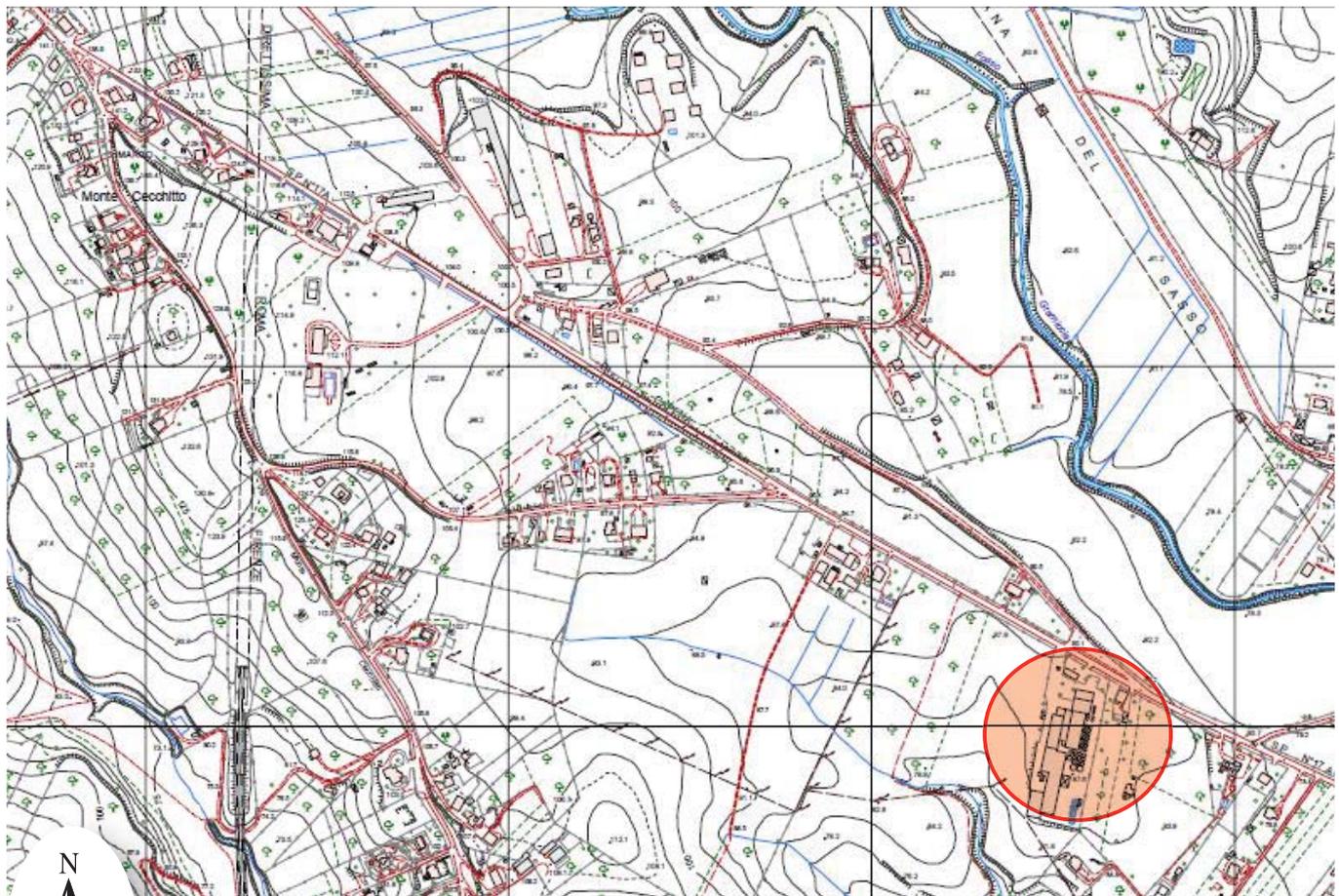
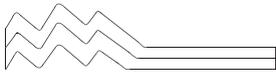
DELIMITAZIONE DELL'AREA IN OGGETTO

LEGENDA



UBICAZIONE DEL SITO

Figura 1a - Ubicazione dell'area in oggetto (da C.T.R. Regione Lazio, sez. 365070)



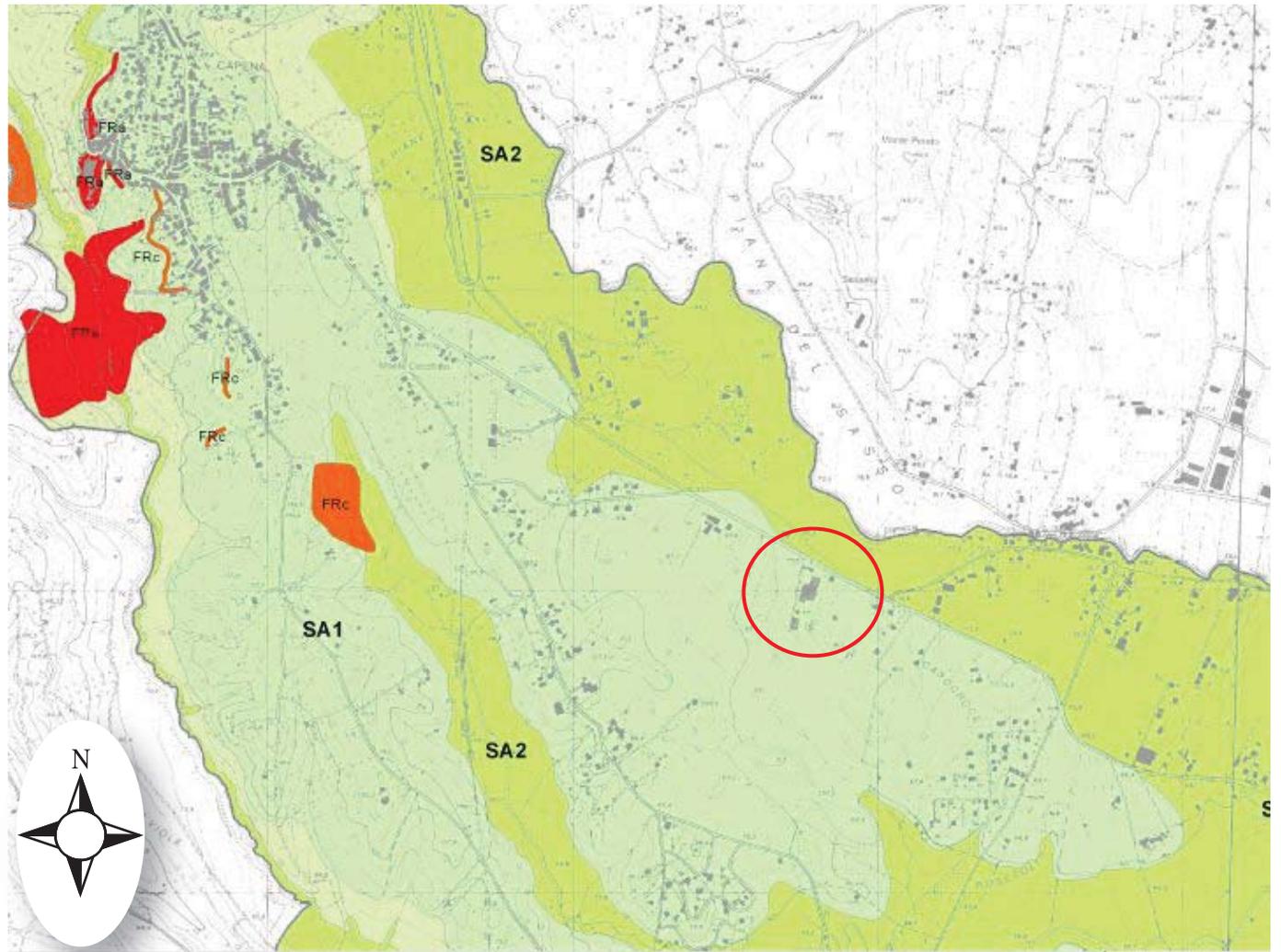
DELIMITAZIONE DELL'AREA IN OGGETTO

LEGENDA



UBICAZIONE DEL SITO

Figura 1b - Ubicazione dell'area in oggetto (da C.T.R. Regione Lazio, sez. 365071)



LEGENDA

ZONE SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI

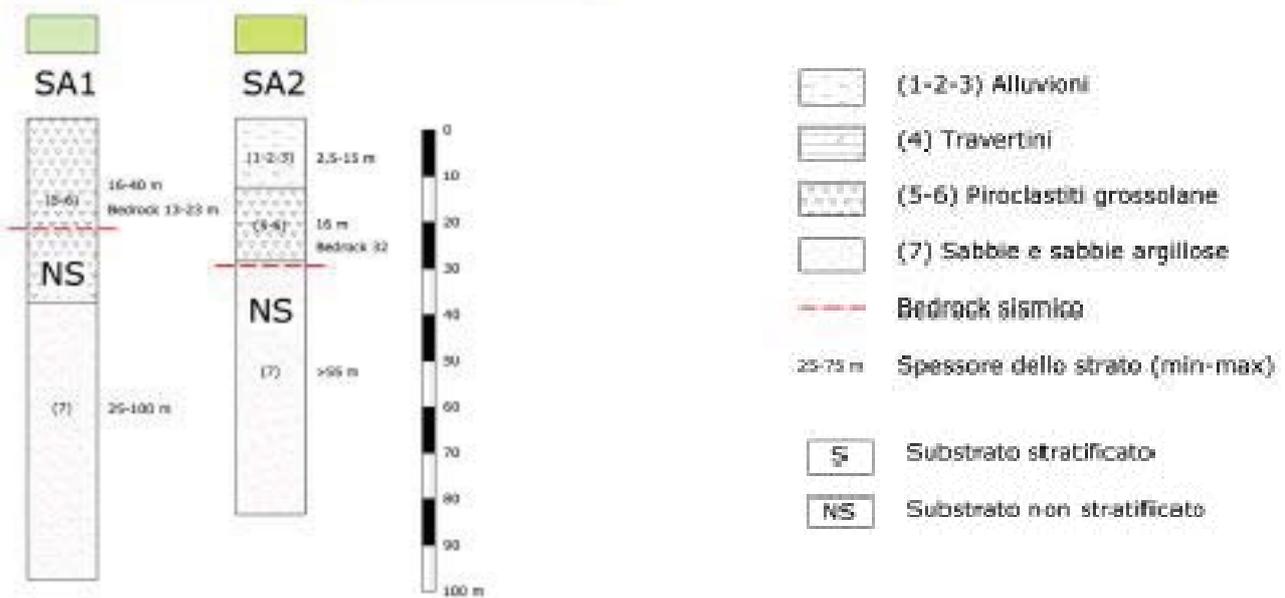
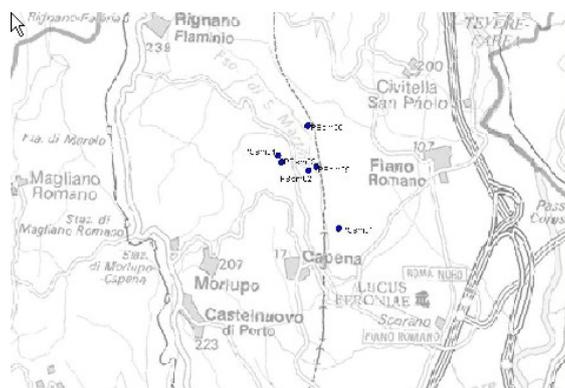


Figura 2 - Carta della Microzonazione Omogenee in prospettiva sismica
2

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Per meglio inquadrare le problematiche geologiche del settore in esame viene di seguito descritta brevemente l'*evoluzione geologica dell'area* a cui questo appartiene.

L'area in esame ricade nella valle del Fosso di San Martino. Il Fosso di S. Martino si origina nei pressi di Rignano Flaminio e dopo circa 4 km con decorrenza NW-SE assume un andamento pressochè meridiano, per altri 5 km circa per poi volgere in direzione E e sfociare nel Tevere.



Le litologie affioranti in questo settore sono caratterizzate da materiali riferibili al ciclo marino plio-pleistocenico e da terreni vulcanici provenienti dal Distretto Sabatino (Pleistocene medio-sup.). Tali termini poggiano direttamente su un substrato carbonatico di età meso-cenozoica, disarticolato e ribassato nel corso della tettonica distensiva post-miocenica. I materiali vulcanici affioranti nell'area in studio vanno riferiti alle prime manifestazioni del Complesso Vulcanico Sabatino. Questi presentano una facies piroclastica e sono caratterizzati da prodotti prevalentemente sciolti o poco coerenti che a luoghi possono raggiungere anche spessori di 100 m.

Nell'area sono inoltre presenti estesi affioramenti di travertino con spessori dell'ordine di qualche decina di metri, sono presenti inoltre depositi di natura fluvio-lacustre costituiti da limi ed argille grigie a luoghi varvate, osservate soprattutto in corrispondenza delle depressioni sub-circolari note come Lago Vecchio, Lago Nuovo e Lago Puzzo dove fino a tempi recentissimi si riscontrava la presenza di veri e propri specchi d'acqua.



Il tratto della valle del Fosso San Martino immediatamente a Nord del sito in studio, ha andamento NW-SE ed è posto in corrispondenza di un elemento tettonico a carattere distensivo. Tale elemento tettonico, attivo a partire dal Pliocene inferiore al Pleistocene inferiore, è responsabile di un gradino tettonico già presente durante l'ingressione marina pliocenica. Da tale piano di faglia risulta una risalita di fluidi di origine profonda ricchi di gas, che alimentano una serie di sorgenti di portata modesta ubicate lungo il fosso S. Martino. Nel settore compreso tra Castelnuovo di Porto e Fiano Romano alcune dislocazioni tettoniche a direzione N-S interessano sia i depositi marini plio-pleistocenici che i terreni vulcano clastici con movimenti distensivi e trascorrenti destri. "Trascorrente destra", in un contesto geologico regionale, viene interpretata come conseguenza di riattivazioni tettoniche di strutture profonde preesistenti.

Un'indagine geomorfologica ha evidenziato come le aste fluviali a direzione NW-SE vengono troncate, in corrispondenza di catture fluviali, da corsi d'acqua ad andamento meridiano. Pertanto le dislocazioni tettoniche a direzione N-S sono sovrainposte a quelle a direzione NW-SE.

Durante la fase tettonica miocenica di raccorciamento, la sovrapposizione di scaglie tettoniche interessa i termini carbonatici meso-ceozoiici. Di tale fase sono ben riconoscibili i piani di accavallamento, con direzione NNW-SSE e vergenza nord-orientale. La successiva fase distensiva post-miocenica vede in particolare nel settore posto ad occidente del M. Soratte, l'impostazione di un settore subsidente, orientato NNW-SSE, il cui margine orientale coincide, nella sua porzione meridionale, con la depressione del Fosso S. Martino.



Schema geologico-strutturale dei settori settentrionale e orientale della Campagna romana. In rosso è evidenziata la porzione della Valle del Fosso San Martino.

Per quanto attiene i lineamenti orientati in senso appenninico e anti-appenninico mostrano una certa coincidenza con direttrici tettoniche di rilevanza regionale che in questo settore hanno guidato l'evoluzione del Distretto Sabatino.

L'area di Capena è interessata inoltre da fenomeni di sprofondamento con la creazione di piccoli laghi. Sulla sponda destra del fosso di San Martino è ubicato il Lago Puzzo, generatosi in seguito ad una dislocazione tettonica a direzione meridiana facenti parte di un sistema di faglie. La cavità si riempì subito d'acqua e andò ampliandosi nel tempo a seguito di successivi franamenti delle sponde. Nel corso del tempo il Lago Puzzo era stato colmato per apporti detritici provenienti dal vicino torrente S. Martino e si è riaperto nella medesima posizione in tempi più recenti accompagnato da emissioni di gas, lanci di detriti e boati.

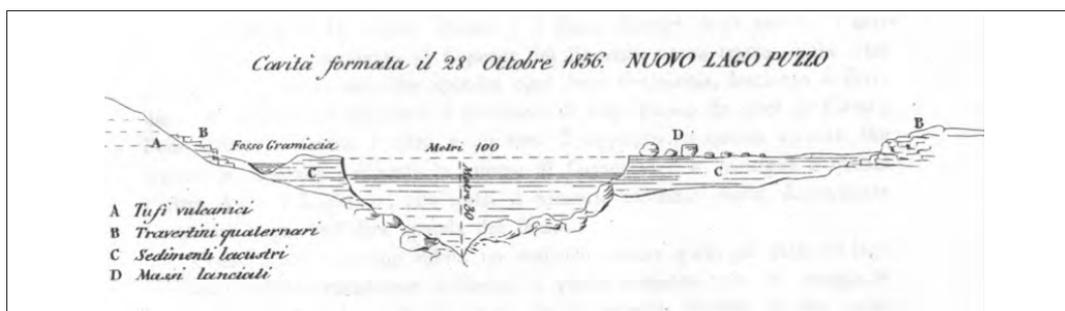
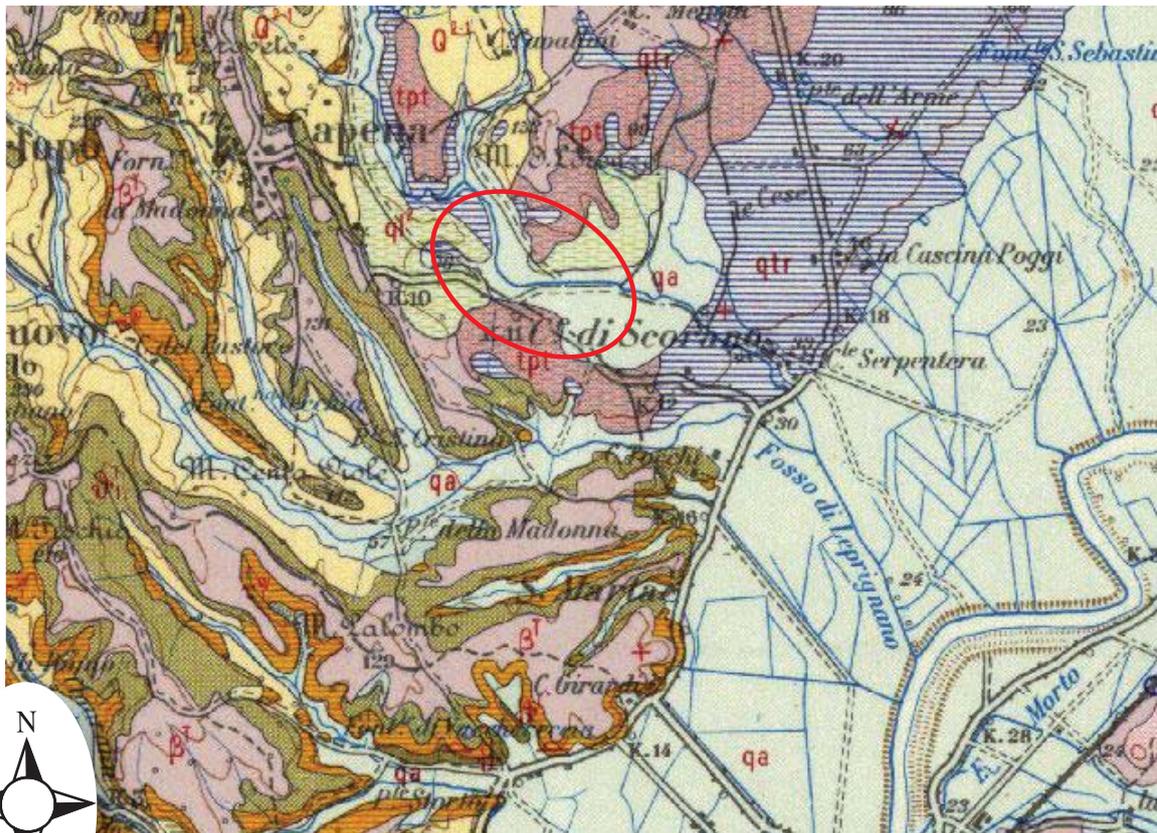


Fig. 92 - Sezione E-W attraverso il Lago Puzzo a seguito dello sprofondamento del 28 Ottobre 1856; da: PONZI, 1856.
- Puzzo lake: E-W section, after the collapse of the 28 October 1856; from: PONZI, 1856.

Le dimensioni della voragine aumentarono “per effetto delle frane che si producevano alle sue sponde tagliate a picco”, e successivamente venne colmata dalle acque generando una superficie lacustre. Attualmente il Lago Puzzo è in via di estinzione, si apre a contatto tra i travertini e le sabbie marine, presenta forma ellittica con asse maggiore orientato in direzione N-S, con profondità molto scarsa.



LEGENDA

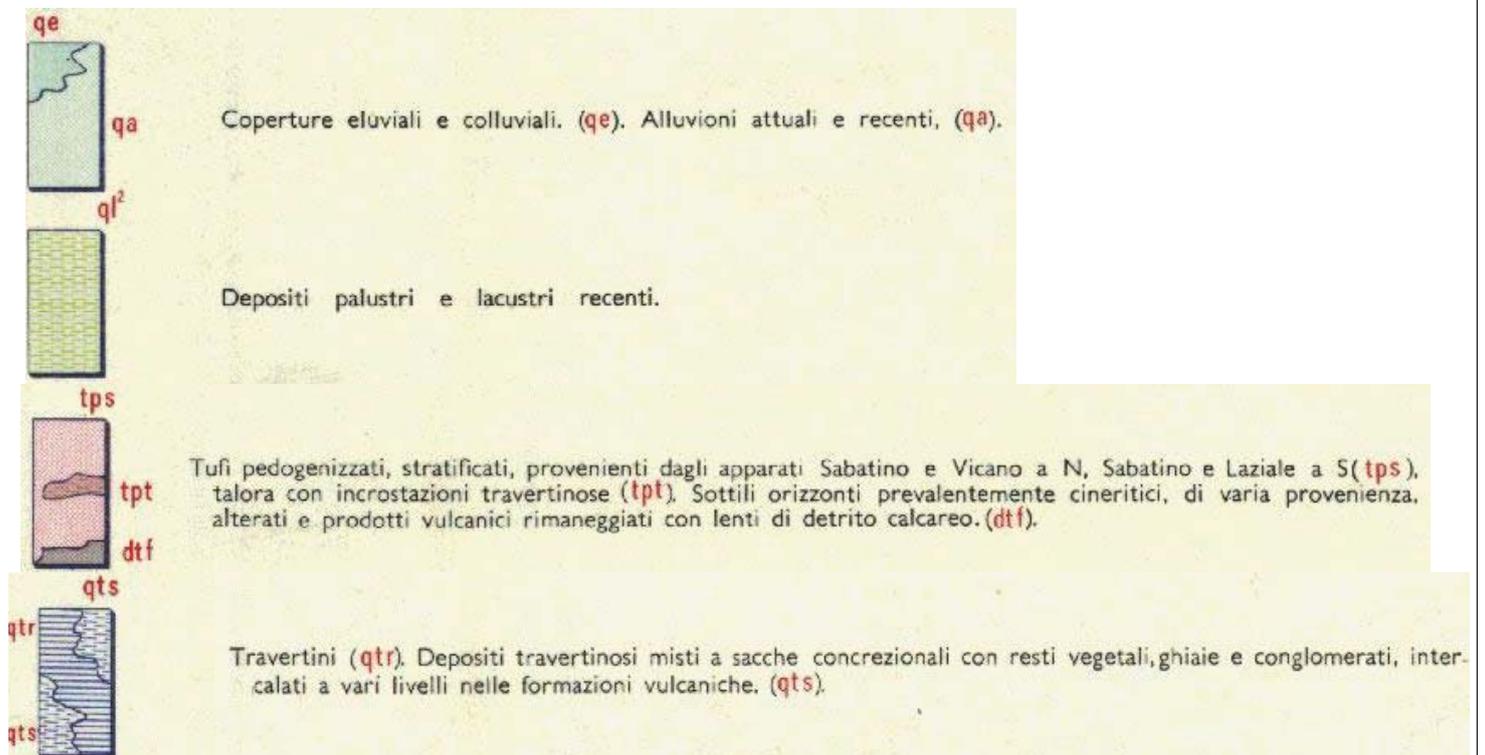


Figura 3 - geologia dell'area in esame (da Funicello 2008 , scala non definita)

In riferimento all'assetto suddetto l'area in studio è caratterizzata, al di sotto di una coltre detritica di natura antropica, di termini ascrivibili ai depositi vulcanici sabatini ed alla formazione dei travertini.

Dalla bibliografia consultata, dall'osservazione della carta geologica (Figura 3), e sulla base del sopralluogo eseguito sul posto è stato possibile ipotizzare, in prima approssimazione, la seguente *successione stratigrafica* dell'area che interessa il sito in oggetto.

Livello 1 – Terreno di riporto (Olocene)

Deposito eterogeneo ed eterometrico di colorazione variabile, di natura antropica, si presenta normalmente con basso addensamento.

Livello 2 – Depositi palustri e lacustri recenti (Pleistocene-Olocene)

Terreni prevalentemente limoso argillosi in facies lacustre-palustre con locali intercalazioni ghiaiose o travertinose.

Livello 3 – Complesso dei tufi stratificati e facies freatomagmatica (Pleistocene)

Tufi pedogenizzati, stratificati, provenienti dagli apparati Sabatino e Vicano a N, Sabatino e Laziale a S, talora con incrostazioni travertinose. Sottili orizzonti prevalentemente cineritici, di varia provenienza alterati a prodotti vulcanici rimaneggiati con lenti di detrito calcareo.

Livello 4 – Travertini (Pleistocene)

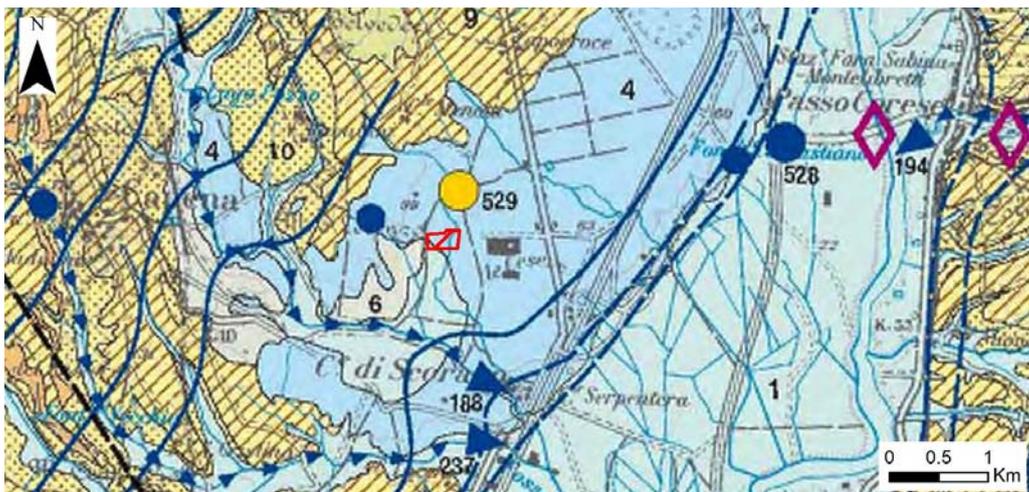
Depositi travertinosi misti a sacche concrezionali con resti vegetali, ghiaie e conglomerati, intercalati a vari livelli nelle formazioni vulcaniche.

La *morfologia* dell'area investigata è caratterizzata da blandi rilievi collinari; in particolare l'edificio in esame si trova alla quota di circa 90 metri sul livello del mare (da Google Earth).

Nell'area in studio non sono note carte tematiche specifiche alla presenza di *ipogei in senso stretto*. Dallo studio bibliografico (*I Sinkhole nel Lazio – S. Nisio*) risulta che nell'area in oggetto sono presenti fenomeni di sinkhole e pertanto questa presenta alta suscettibilità in tal senso.

4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

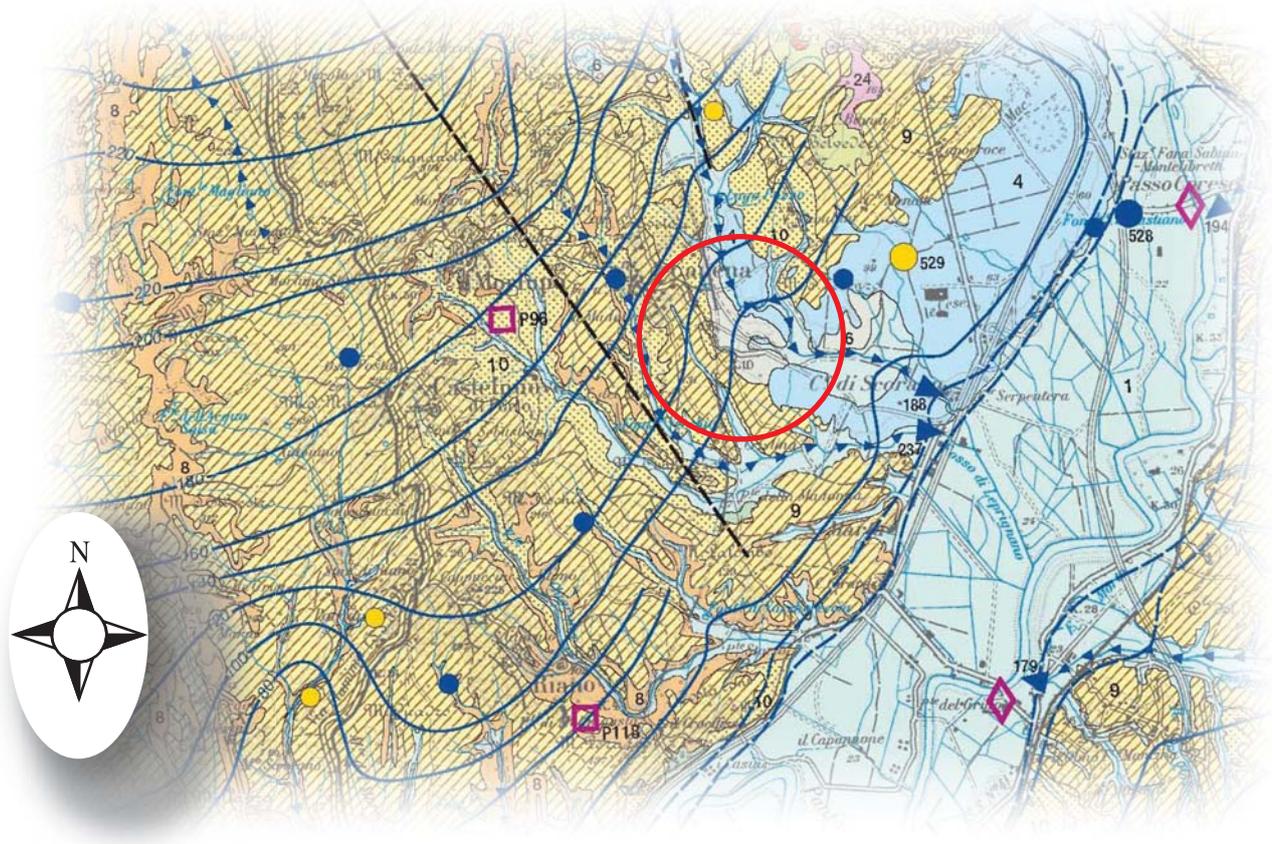
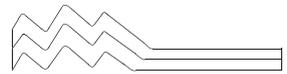
L'area in esame ricade, da un punto di vista idrogeologico, nella media valle del Tevere. La presenza del fiume rappresenta l'elemento di drenaggio principale delle acque sotterranee, che nell'area di studio mostrano un andamento generale con direzione di flusso NW-SE. I complessi idrogeologici presenti nell'area sono i seguenti.



Inquadramento idrogeologico dell'area. In rosso è rappresentata l'area di intervento; i cerchi blu e gialli rappresentano l'ubicazione delle sorgenti presenti. (Capelli et. al., 2004 - Carta idrogeologica del Lazio, foglio 4, **1:100.000**)

1. Complesso dei depositi alluvionali recenti, con potenzialità acquifera da bassa a medio alta.
4. Complesso dei travertini, con potenzialità acquifera medio alta.
6. Complesso dei depositi fluvio palustri, con potenzialità acquifera bassa.
9. Complesso dei tufi stratificati e delle facies freatomagmatiche, con potenzialità acquifera bassa.
10. Complesso dei depositi clastici eterogenei, con potenzialità acquifera bassa.

Dalla consultazione della Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio (Capelli et al. 2012,) l'area oggetto del presente lavoro è caratterizzata dalla presenza del "Complesso dei travertini" (contraddistinto in carta dal numero 4), dove in questa porzione di territorio forma un esteso corpo terrazzato poggiante sul substrato carbonatico mesozoico (Mancini et al, 2004). Il loro affioramento, nella parte più a monte intorno ai 100 metri slm, tende a degradare verso il f. Tevere fino a quota 30 metri slm. Tale acquifero risulta costituito dalla presenza di travertini antichi, recenti e attuali, concrezioni travertinose intercalate a depositi alluvionali e lacustri (PLEISTOCENE – OLOCENE). Lo spessore complessivo è variabile fino ad un massimo di un centinaio di metri. Dove affiora in estese placche isolate è sede di una circolazione idrica che dà luogo a falde locali di buona produttività; dove si trova in continuità idraulica con gli acquiferi alluvionali e/o carbonatici regionali, la produttività della falda aumenta perché ben alimentata. Dal punto di vista idrogeologico i travertini sono da considerare molto permeabili per discontinuità da dissoluzione, il resto delle litologie si presentano da mediamente a poco permeabili per porosità.



LEGENDA

- 4** **COMPLESSO DEI TRAVERTINI - potenzialità acquifera medio alta**
 Travertini antichi, recenti ed attuali, concrezioni travertinose intercalate a depositi alluvionali e lacustri (*PLEISTOCENE - OLOCENE*). Spessore variabile fino ad un massimo di un centinaio di metri. Dove affiora in estese placche isolate è sede di una circolazione idrica significativa che dà luogo a falde locali di buona produttività; dove si trova in continuità idraulica con gli acquiferi alluvionali e/o carbonatici regionali, la produttività della falda aumenta perché ben alimentata.
- 6** **COMPLESSO DEI DEPOSITI FLUVIO PALUSTRI E LACUSTRI - potenzialità acquifera bassa**
 Depositi prevalentemente limo - argillosi in facies palustre, lacustre e salmastra con locali intercalazioni ghiaiose e/o travertinose (*PLEISTOCENE - OLOCENE*). Spessore variabile da pochi metri ad alcune decine di metri. La prevalente componente argillosa di questo complesso impedisce una circolazione idrica sotterranea significativa; la presenza di ghiaie, sabbie e travertini può dare origine a limitate falde locali. Il complesso può assumere il ruolo di acquiclud confinando la circolazione idrica sotterranea degli acquiferi carbonatici (Piana Pontina e di Cassino).
- 9** **COMPLESSO DEI TUFI STRATIFICATI E DELLE FACIES FREATOMAGMATICHE - potenzialità acquifera bassa**
 Tufi stratificati, tufi terrosi, breccie piroclastiche, pomici, lapilli e blocchi lavici in matrice cineritica (*PLEISTOCENE*). I termini del complesso si presentano interdigerati tra gli altri complessi vulcanici per cui risulta difficile definirne lo spessore totale. Il complesso ha una rilevanza idrogeologica limitata anche se localmente può condizionare la circolazione idrica sotterranea, assumendo localmente il ruolo di limite di flusso e sostenendo esigue falde superficiali.

SORGENTI LINEARI



LINEAMENTI TETTONICI



SORGENTI PUNTUALI

- 25** Sorgente con numero di riferimento (Le sorgenti con portata inferiore a 10 L/s non sono numerate)
- termale ($T \geq 20\text{ }^\circ\text{C}$)
- minerale (TDS > 750 mg/L)
- termominerale ($T \geq 20\text{ }^\circ\text{C}$; TDS > 750 mg/L)

ISOPIEZE

La piezometria è stata ricostruita solo per gli acquiferi vulcanici e alluvionali



Figura 4 - Carta Idrogeologica del territorio della regione Lazio scala 1/100.000 (La Vigna e Mazza)

Nell'area in oggetto ricade il Complesso dei depositi fluvio palustri e il Complesso dei depositi alluvionali recenti, caratterizzati da depositi prevalentemente limo – argillosi con spessori variabili da pochi metri ad alcune decine di metri. La presenza di alcuni orizzonti a granulometria più grossolana, intercalati ai depositi più fini prevalenti, genera variazioni di permeabilità dando luogo a delle limitate falde locali sospese.

L'idrogeologia dell'area risulta essere caratterizzata dalla presenza di un'estesa falda principale, chiusa alla base da argille sabbiose marine del Pliocene, che si sviluppa con una certa continuità fra terreni vulcanici e sedimentari pleistocenici ed olocenici.

Nell'area sono presenti alcune sorgenti perenni che si rinvergono al contatto tra terreni vulcanici e sedimentari meno permeabili. Le risorgenze di acque mineralizzate a bassa termalità, localizzate lungo lineamenti ad andamento sostanzialmente N-S e che nel tratto meridionale del fosso hanno provocato la deposizione di estese placche di travertino.

In particolare per l'area in oggetto si possono riassumere le seguenti considerazioni.

- Le linee di infiltrazione superficiale dovrebbero essere orientate all'incirca verso Nord/Ovest – Sud/Est in direzione dell'asta fluviale del Tevere (Figura 4).
- Considerando le caratteristiche dei terreni presenti sulla verticale dell'area di studio descritta in precedenza si deduce che la permeabilità dipende prevalentemente dalla granulometria dei terreni e dal grado di addensamento/cementazione. Nel complesso il sottosuolo dell'area in studio è da mediamente a poco permeabile.
- La falda è indicata nelle carte idrogeologiche sopra menzionate ad una quota di circa 75 m s.l.m. ma, mediante le indagini meccaniche eseguite, è stata riscontrata la presenza di falda a 25 m circa di profondità e cioè ad una quota indicativa di 65 m s.l.m.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE

La campagna d'indagini geognostiche in oggetto è consistita nelle seguenti attività.

N° 4 sondaggi a carotaggio continuo, eseguiti dalla Geocompany S.r.l., di cui n. 2 ultimati con tubazione per l'esecuzione della prova sismica down-hole, spinti rispettivamente fino alla profondità di 30,00 m, e ulteriori n. 2 sondaggi, spinti rispettivamente fino alla profondità di 20 m dal p.c. e 31 m dal p.c. (quest'ultimo con installazione di un piezometro aperto).

N° 4 prove Spt in foro, eseguite rispettivamente nel sondaggio S2 (Spt1 a partire da 5,90 m dal p.c.), nel sondaggio S3 (Spt1 a partire da 4,80 m dal p.c.), nel sondaggio S4 (Spt1 a partire da 7,30 m dal p.c. e Spt2 a partire da 12,00 m dal p.c.).

N° 4 misure di rumore sismico ambientale mediante tecnica H.V.S.R. (Allegato 2).

N° 2 stese sismiche M.A.S.W. (Allegato 2).

N° 2 prova Down Hole (Allegato 2).

N° 5 prove penetrometriche D.P.S.H. per verificare in sito la resistenza meccanica del terreno attraversato (Allegato 2).

Prelievi di n° 13 campioni, di prove geotecniche presso laboratorio in possesso di autorizzazione ministeriale ai sensi del D.P.R. n° 380/2001 e Circolare del Ministero II.TT. n° 7618/STC (Allegato 2).

L'ubicazione delle indagini definita, in relazione ad esigenze tecniche e logistiche, in accordo con il progettista è riportata nella Tavola A dell'Allegato 2.

6. SISMICITA' DELL'AREA (modello sismico del sito)

Sismicità dell'area romana

La sismicità della città di Roma, che nonostante la sua modestia ha sempre costituito un pericolo per il patrimonio monumentale, ha permesso di suddividere la sua attività in funzione delle diverse zone sismogenetiche d'influenza, in particolare:

- a) Attività sismica di origine locale. Riguarda l'area compresa in un raggio di 15 km ed è caratterizzata da una frequenza alquanto scarsa e da intensità massima di VI - VII grado MCS, con ipocentri poco profondi (< 5 km).
- b) Attività sismica di aree prossime a Roma. Queste sono rappresentate dalla zona dei Colli Albani, sede di terremoti molto frequenti con magnitudo massime intorno a 5 e risentimenti a Roma di bassa intensità (< V grado MCS), e dalla zona del litorale tirrenico, sede invece di terremoti molto poco frequenti, ma a volte di entità molto rilevante, e risentimenti a Roma di medio-bassa intensità (V - VI grado MCS).
- c) Attività sismica di aree dell'Appennino Centrale. A distanze comprese tra i 60 e 130 km da Roma sono presenti importanti aree sismogenetiche, a cui terremoti sono dovuti i più forti risentimenti sismici osservati in città (intensità massima VII - VIII grado MCS). Le aree più rilevanti sono quelle dell'Aquilano e quelle del Fucino, in cui hanno avuto origine terremoti di magnitudo intorno a 7 che hanno prodotto a Roma danni riferibili a circa il VII grado MCS.
- d) Attività sismica di altre aree sismogenetiche. I terremoti con origine in settori diversi da quelli finora considerati risultano, relativamente alla sismicità di Roma, di scarsa importanza ed i relativi risentimenti non hanno mai superato il IV grado MCS.

In generale nell'area romana, nonostante le notizie sui rari eventi di epoca antica ed alto-medioevale sono vaghe e di difficile interpretazione e le informazioni sui terremoti basso-medioevali sono piuttosto scarse, gli eventi sismici risentiti con intensità di VI grado MCS si sono storicamente verificati ogni 100 anni circa, mentre quelli risentiti con intensità di VII grado MCS ogni 500 anni circa.

Più in dettaglio, nell'area Sabatina in cui rientra il Comune di Capena, non si sono verificati in tempi storici sismi di intensità tali da essere segnalati, e tanto meno si sono avuti risentimenti di sismi avvenuti all'esterno dell'area in esame. Gli unici eventi sismici che si ricordano sono: quello di Rignano Flaminio del 20/01/1968 di III°÷IV° grado della scala Mercalli-Sieberg (MS), di profondità ipocentrale di 5 km e di magnitudo 2,5; quello di Trevignano-Capranica di IV° grado MS e di magnitudo 3; quelli di Roma del 06/11/1895 di IV° MS, del 09/02/1916 IV°÷V° MS e del 02/08/1964 di V° MS e magnitudo 4. Tra i terremoti avvenuti in regioni limitrofe sono da ricordare per la minore distanza e la massima intensità quello della Tolfa del 02/07/1969 di intensità VII° MS, quello di Tuscania del 06/02/1971 di intensità VIII° MS, profondità ipocentrale 4 km e di magnitudo 4,5. Nessuno di questi terremoti ha fatto per altro risentire la sua influenza nell'ambito dell'area in esame. Ultimi eventi significativi da menzionare sono quelli avvenuti il 6 Aprile 2009 alle ore 03:33 con epicentro L'Aquila e la sequenza sismica iniziata il 24 Agosto 2016 con il sisma con epicentro ad Accumoli (RI) e continuata con le scosse del 26 e 30 ottobre

(scossa principale) con magnitudo della scossa principale Mw 6.5. In particolare si segnala nella zona la presenza di lineamenti tettonici NW-SE e presumibilmente più recenti N-S connessi alla tettonica appenninica e al più recente graben tiberino, che potrebbero generare sismo-induzioni.

Classificazione sismica del territorio italiano

Per ridurre gli effetti di un evento sismico, lo Stato si è concentrato sulla classificazione del territorio, in base all'intensità e frequenza dei terremoti del passato, e sull'applicazione di speciali norme per le costruzioni nelle zone classificate sismiche. La legislazione antisismica italiana, allineata alle più moderne normative a livello internazionale, prescrive norme tecniche in base alle quali un edificio debba sopportare senza gravi danni i terremoti meno forti e senza crollare i terremoti più forti, salvaguardando prima di tutto le vite umane. Il territorio nazionale, fino al 2003, era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102 (dati da Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione Civile), che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione. Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo. Nel 2012 il territorio nazionale è suddiviso in quattro zone, a pericolosità decrescente:

Zona 1 - E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti
Zona 2 - Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti
Zona 3 - I Comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti
Zona 4 - E' la zona meno pericolosa



Mappa della Classificazione sismica al 2012 (Dipartimento della Protezione Civile - Presidenza del Consiglio dei Ministri).

In seguito a nuovi studi è stato eseguito un aggiornamento dello studio di pericolosità, adottato con l'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006. Il 22 maggio 2009 la Giunta Regionale del Lazio con l'approvazione della D.G.R.L. n. 387 ha riclassificato il territorio laziale sulla base dei criteri nazionali stabiliti dall'O.P.C.M. n. 3519/2006. Queste nuove disposizioni normative hanno permesso di svincolare la classificazione sismica del territorio dal solo criterio politico del limite amministrativo utilizzato in precedenza. Nella proposta di nuova riclassificazione sismica dell'area romana si è tenuto conto soprattutto dell'analisi della sismicità storica che evidenzia come gli effetti risentiti durante gli eventi sismici siano variabili, eterogenei e diseguali nelle diverse zone del territorio Romano.

A tal proposito, in base a questi nuovi criteri di riclassificazione sismica della Regione Lazio, l'area di Capena, viene inserita nella **Zona Sismica 2B**. Inoltre, poiché ciascuna zona viene individuata in base all'accelerazione di picco al suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo lo schema seguente:

Zona Sismica	Sottozona sismica	Correlazione con a_g con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1		$0,25 \leq a_g \leq 0,278g$ (val. Max per il Lazio)
2	A	$0,20 \leq a_g \leq 0,25$
	B	$0,15 \leq a_g \leq 0,20$
3	A	$0,10 \leq a_g \leq 0,15$

	B	(val. min.) $0,062 \leq a_g \leq 0,10$
--	----------	--

Suddivisione delle sottozone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido utilizzate per lo scenario di riclassificazione sismica della Regione Lazio.

In relazione a ciò si considera quindi un'accelerazione orizzontale dello spettro elastico a_g compresa tra 0,15g e 0,20g.

Alla data odierna risulta validato lo Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1, ai sensi del D.G.R. n° 545/10, da parte della struttura regionale competente e le risultanze indicano che l'area ricada in *zona stabile suscettibile di amplificazione sismica* (Figura 2). Le prescrizioni riportate nella Determina specificano che la zona ricade in area suscettibile di amplificazione SA1.

Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Nel dettaglio, ai fini del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" e D.M. 17 gennaio 2018 Aggiornamento "Norme tecniche per le costruzioni", l'azione sismica di progetto, in base alla quale valutare il rispetto dei diversi "stati limite" presi in considerazione, si dovrà individuare partendo dalla pericolosità sismica di base per ogni sito di costruzione.

A tale proposito le NTC 2008 hanno suddiviso il territorio italiano in un reticolo composto da 10751 nodi; per ogni nodo del reticolo di riferimento e per ciascun periodo di ritorno T_R , al fine di poter determinare le azioni sismiche da applicare alle costruzioni, si avranno i seguenti parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_O = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale;
- T^*_C = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per la scelta dei periodi di ritorno da utilizzare, intervengono 2 fattori: la valutazione del periodo di riferimento V_R e la probabilità di superamento dello stato limite di progetto, in altre parole la richiesta prestazionale che "la struttura" deve soddisfare. Il periodo di riferimento V_R dell'evento sismico viene definito come prodotto tra la vita nominale V_N ed il coefficiente d'uso CU ottenendo:

$$V_R = V_N \times CU$$

La struttura in progetto è definita di "Classe d'uso IV", in riferimento alla sottostante Tabella del § 2.4.2 delle NTC 2018.

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 5/11/2001, 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.

e come indicato dal progettista, in riferimento alla tabellazione 2.4.I del § 2.4.1 delle NTC 2018, di “tipo 3”

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

e con Coefficiente d'uso $C_u = 2.0$, in riferimento alla tabellazione 2.4.II del § 2.4.3 delle NTC 2018

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

pertanto per l'opera in progetto, il periodo di riferimento V_R sarà di 200 anni.

Inoltre, come è indicato in figura dell'Allegato 1 (da “Spettri NTC ver. 1.0.3”) verrà considerato un periodo di ritorno $T_R = 1898$ anni per lo SLV.

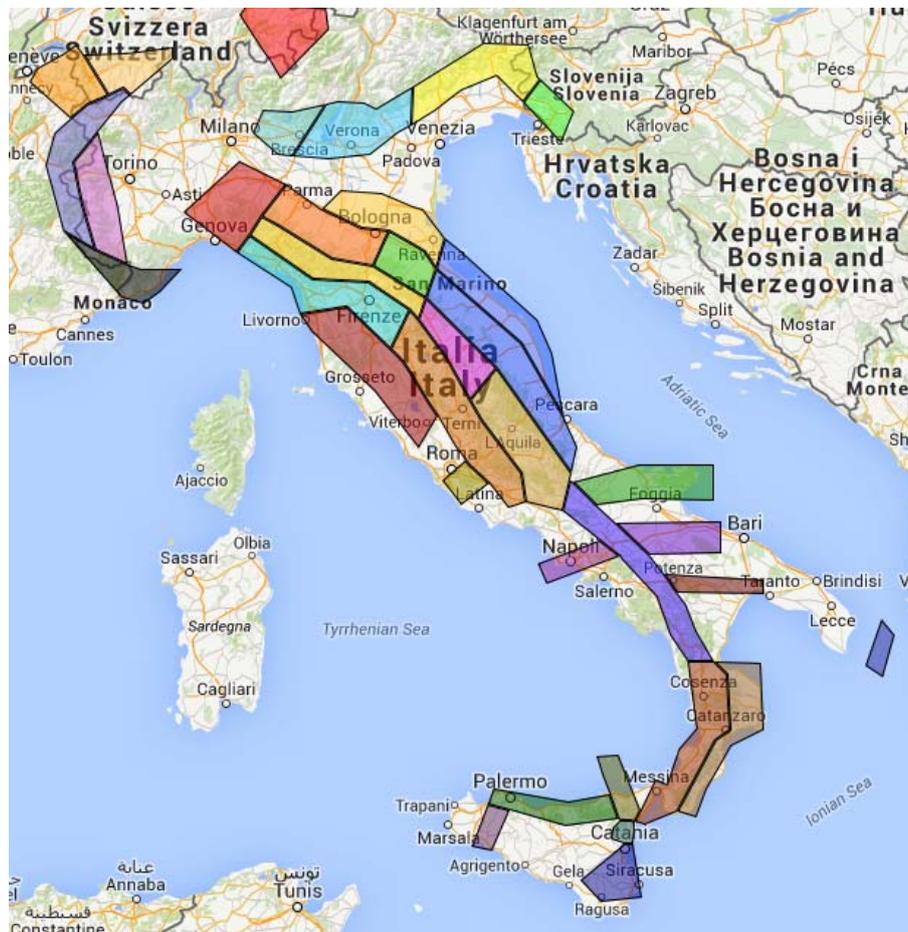
A tale proposito, per il sito in esame di Lat. 42,130052° e Long. 12,566173° (coordinate ED50) tramite il software specifico “Spettri NTC vers. 1.0.3” sono stati definiti i valori a_g , F_o , e T_C^* calcolati come media dei valori dei nodi della griglia di riferimento, riferiti al suolo rigido, orizzontale e campo libero.

Effetto della risposta sismica locale

Lo studio è riportato in Allegato 3

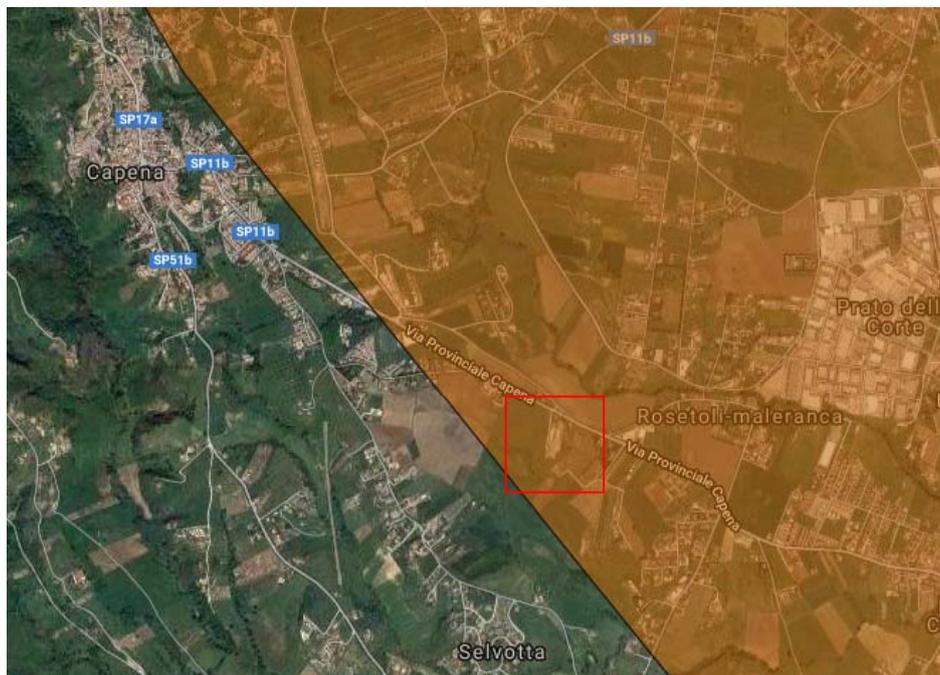
Magnitudo massima attesa al sito

Per valutare la magnitudo massima attesa al sito si è fatto riferimento al modello sismogenetico d'Italia ZS9 ottenuto dalla Mappa di Pericolosità Sismica dell'INGV. Nel territorio nazionale sono state individuate diverse zone sismogenetiche i cui limiti sono stati tracciati considerando il contesto sismotettonico, le caratteristiche della sismicità e la magnitudo massima attesa. Praticamente l'INGV ha considerato zona sismogenetica i settori di territorio in cui la magnitudo massima risulta essere $M \leq 5$.



Zonazione sismogenetica ZS9 (da Mappa di Pericolosità Sismica dell'INGV).

Come si può notare dalla figura di seguito riportata, l'area in oggetto sita in Via dei Ciclisti 79 nel territorio comunale di Capena (RM), si trova all'interno della Zona Sismogenetica 920 : pertanto è ipotizzabile un evento sismico con $M \geq 5$



Particolare della Zonazione sismogenetica ZS9 nei pressi di via dei Ciclisti 79 a Roma (da Mappe di Pericolosità Sismica dell'INGV).

Valutazione del potenziale di liquefazione

Per liquefazione si intende la perdita di resistenza al taglio e/o di rigidità dei terreni saturi sotto sollecitazioni cicliche e dinamiche (causate dall'azione di scuotimento sismico); in conseguenza di tali azioni il terreno è soggetto all'instaurarsi di deformazioni permanenti significative o può addirittura raggiungere una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso. Quest'ultimo effetto si produce quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero.

Il D.M. 14 gennaio 2008 (paragrafo 7.11.3.4) e la successiva Circolare esplicativa n. 617/2009 (paragrafo C7.11.3.4) impongono che sia valutata la stabilità nei confronti della liquefazione mediante il ricorso a metodologie analitiche o a carattere semi-empirico. Tali verifiche, secondo le NTC 2008, devono essere condotte tutte le volte che il manufatto in progetto interagisce con terreni saturi a prevalente componente sabbiosa ed in presenza, ovviamente, di sollecitazioni cicliche e dinamiche per le quali il sottosuolo tende a comportarsi come un sistema idraulicamente chiuso, ovvero come un sistema non drenato.

L'aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni (D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018), riguardo alla stabilità nei confronti della liquefazione (cap 7.11.3.4), consentono di omettere la relativa verifica qualora si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano di campagna in assenza di manufatti (campo libero) $< 0,1$ g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., per p.c. sub orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (alla tensione efficace verticale di 100 kPa) $N_{60} > 30$ da prove SPT, oppure resistenza penetrometrica normalizzata (alla tensione efficace verticale di 100 kPa) q_{c1n} da prove statiche CPT;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura A nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e nella figura B nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$;

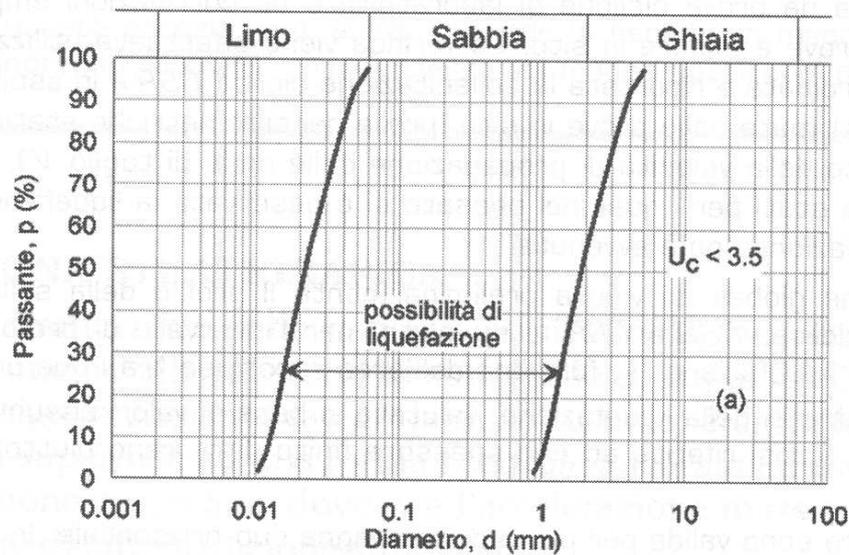


Figura A - fuso granulometrico di terreno suscettibile di liquefazione con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$

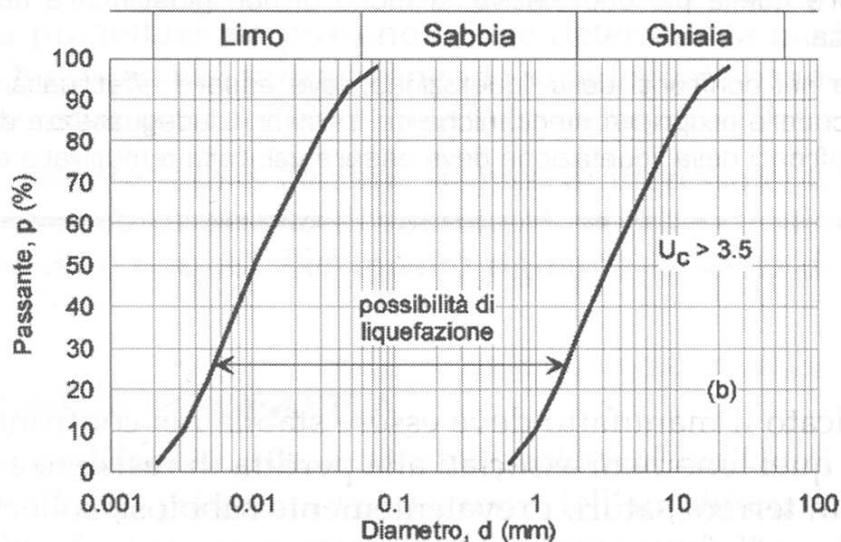


Figura B - fuso granulometrico di terreno suscettibile di liquefazione con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$

Pertanto, poiché nel nostro caso non è stata rinvenuta la presenza di falda nei primi 25 m e non sono presenti terreni a granulometria francamente “sabbiosa” e basso addensamento, la verifica a liquefazione può essere omessa.

7. DEFINIZIONE UNITÀ LITOTECNICHE (MODELLO GEOLOGICO)

Le indagini effettuate hanno permesso di ipotizzare una suddivisione del terreno nelle unità stratigrafiche schematizzate in Tabella A. Si segnala comunque, pur in un quadro di discreta omogeneità globale, una certa variabilità non ben definita in relazione alla discontinua presenza dei travertini e concrezioni travertinose irregolarmente presenti in eteropia con il complesso piroclastico.

Livello	Descrizione	Spessore (m)
1	Terreno di riporto	0-2
2	Argille limoso-sabbiose e limi sabbioso argillosi	1.5-4.5
3	Piroclastiti argillificate: sabbie limose/limi sabbiosi argillose/i	5.0-7.2
4	Alternanze di piroclastiti, da granulari a blandamente saldate, e depositi travertinosi, da concrezionari granulari ghiaioso-sabbiose a litoidi	>20

Tabella A: schema del modello geologico

La falda risulta presente ad una profondità di circa 24.5 – 25 m dal p.c. ma è comunque possibile, anche a carattere non permanente, la presenza di linee di infiltrazione temporanee più superficiali sostenute da livelli di impermeabili relativi.

Le stratigrafie di riferimento sono presenti nell'Allegato 2.

In conseguenza delle suddette considerazioni si ritiene che il grado di affidabilità del modello geologico di riferimento sia medio e comunque sufficiente in relazione al livello progettuale.

Si ribadisce la particolarità dell'area molto prossima ad una serie di sprofondamenti del tipo sink-hole.

8. CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DELLE UNITA' LITOTECNICHE

Con riferimento al suddetto modello geologico ed alle evidenze della campagna geognostica il sottosuolo è stato suddiviso in unità litotecniche in relazione al presunto volume significativo dell'opera in progetto.

La caratterizzazione geotecnica dei terreni di seguito esposta è stata ipotizzata mediante l'interpretazione geotecnica dei dati ottenuti dai sondaggi nonché nell'indagine penetrometrica D.P.S.H. e S.P.T. e nell'indagine di laboratorio, oltreché su base bibliografica. In tal senso si deve tenere conto che i dati ricavati dalle prove penetrometriche sono di tipo comunque indiretto in cui cioè non si ha visione del terreno; quest'ultimo è ipotizzato sulla base del numero di colpi necessari per produrre un avanzamento standard. E' inoltre è importante osservare che le interpretazioni più attendibili di tale prova si basano, peraltro esclusivamente sull'ipotesi di terreno a comportamento granulare, ed in conseguenza di ciò i dati aventi maggiore attendibilità risultano le caratteristiche di resistenza al taglio. In relazione a quanto esposto la parametrizzazione è una ipotesi ragionevole di tipo preliminare tenendo anch in considerazione che le varie correlazioni presente nella letteratura geotecnica, tra N_{spt} e parametri meccanici dei terreni, non fanno mai riferimento a terreni di natura piroclastica che sono invece definiti "complessi".

Le caratteristiche geotecniche indicativamente individuate (intese come "valori derivati" dalle prove) sono le seguenti:

- γ_n = peso di volume naturale.

per terreni a comportamento granulare

- c' = coesione drenata in condizioni di picco (tensione efficace);
- ϕ' = angolo d'attrito interno in condizioni di picco (tensione efficace);
- E' = modulo elastico di Young drenato.

per terreni a comportamento coesivo

- c' = coesione drenata in condizioni di picco (tensione efficace);
- ϕ' = angolo d'attrito interno in condizioni di picco (tensione efficace);
- C_u = coesione non drenata (in termini di tensione totale);
- E_d = modulo edometrico.

per terreni a varia cementazione

- σ_f = resistenza a compressione semplice.

Livello 1 – Terreno di riporto – spessore circa 0.0 – 2.0 m

Dati di letteratura, campione S2C11 e prove penetrometriche

γ_n	=	15.00 – 18.50	kN/m ³
ϕ'	=	24 – 30	°
c'	=	0	kPa
E'	=	2 - 4	MPa

Livello 2 – Argille limoso-sabbiose e limi sabbioso argillosi – spessore circa 1.5 – 4.3 m

Dati di letteratura, campione S1C11, S2C12, S4C11 e prove penetrometriche

γ_n	=	18.00 – 19.50	kN/m ³
ϕ'	=	18 – 22	°
c'	=	10 – 20	kPa
C_u	=	75 – 125	kPa
E'	=	10 - 12	MPa

Livello 3 – Alternanza di piroclastiti argillificate e granulari: sabbie limose/limi sabbiosi argillose/i – spessore circa 5.0 – 7.2 m

Dati di letteratura, campioni S3C11, S3C2, S4C12, prove penetrometriche DPSH e SPT1 in S2, SPT1 in S3 e SPT1 in S4

Sublivelli argillificati

γ_n	=	17.00 – 18.00	kN/m ³	
ϕ'	=	26 – 28	°	
c'	=	5 – 10	kPa	<i>la coesione drenata non è rilevata nelle prove di laboratorio eseguite in condizioni di saturazione</i>
C_u	=	N.D.	kPa	
E'	=	4 - 8	MPa	

Sublivelli granulari

γ_n	=	16.00 – 18.50	kN/m ³	
ϕ'	=	28 – 32	°	
c'	=	0 – 5	kPa	<i>la coesione drenata non è rilevata nelle prove di laboratorio eseguite in condizioni di saturazione</i>
E'	=	10 - 20	MPa	

Nota: le prove DPSH evidenziano in genere un graduale decadimento della resistenza alla penetrazione con la profondità.

Livello 4 – Alternanze di piroclastiti, da granulari a blandamente saldate, e depositi travertinosi, da concrezionari granulari ghiaioso-sabbiose a litoidi– spessore circa maggiore di 20 m

Sublivello piroclastico

Dati di letteratura, campioni S1CD3, S2CD3, S2CD4, S3CD3

γ_n	=	15.50 – 17.50	kN/m ³
ϕ'	=	30 – 32	°
c'	=	0 - 20	kPa
E'	=	10 - 20	MPa

Sublivello travertinoso

Dati di letteratura

γ_n	=	20.00 – 26.00	kN/m ³	
ϕ'	=	32 – 36	°	zone concrezionarie
c'	=	0	kPa	zone concrezionarie
σ_f	=	2 – 40	MPa	zone litoidi
E'	=	10 - 20	MPa	zone concrezionarie

I dati geotecnici di cui sopra, che costituiscono una *caratterizzazione preliminare* delle unità litotecniche proposte, sono definiti entro ragionevoli range di variabilità e costituiscono la base per la successiva definizione del modello geotecnico (specificato nell'omonima relazione); in essa saranno assunti i valori nominali sulla base dell'opera specifica e quindi in relazione alle varie problematiche geotecniche nonché allo stato tensionale indotto.

La falda è stata rilevata ad una profondità di circa 24.5 m dal piano campagna. Il regime delle pressioni interstiziali nei terreni posti a minore profondità non è definibile ed è certamente dominato dal campo insaturo (con sviluppo di pressioni negative variabili nel tempo e con la profondità) che possono localmente annullarsi a causa di zone di infiltrazione di acque meteoriche in genere comunque limitate ai terreni di riporto superficiali. Lo schema della circolazione idrica sotterranea è desumibile da quanto esposto al Paragrafo 4.

9. PERICOLOSITA' GEOLOGICA

In relazione a quanto precedentemente esposto le criticità del sito sono riassunte in Tabella B.

Tipologia del rischio geologico	Evidenze
Rischio idrogeologico per frana e/o crollo	Assente - vedere paragrafo 3
Rischio idrogeologico per erosione accelerata	Assente - vedere paragrafo 4
Rischio idrologico per alluvionabilità	Assente
Rischio cavità	Possibile presenza di cavità nell'area comunque non rilevate durante l'indagine - vedere paragrafo 3
Rischio liquefazione	Assente
Rischio gas endogeni	Possibile presenza di gas vulcanici in risalita soprattutto lungo gli allineamenti tettonici.
Rischio subsidenza e/o sinkhole	Zona ad alta vulnerabilità da sinkhole rilevati lungo il vicino fosso di S. Martino
Rischio tettonico	Presenza di allineamenti tettonici con direttrice prevalente N-S e NW-SE
Rischio sismico	Vedere paragrafo 6

Tabella B: schema riassuntivo dei rischi geologici

10. CONSIDERAZIONI

Sulla base delle evidenze di cui sopra ed in relazione al problema geotecnico in oggetto si espongono di seguito alcune considerazioni riassuntive ma si specifica che, a fine progettuale, è comunque imprescindibile la lettura completa della presente relazione.

In riferimento all'assetto suddetto l'area in studio è caratterizzata, al di sotto di una coltre detritica di natura antropica, di termini ascrivibili ai depositi vulcanici sabatini ed alla formazione dei travertini.

La morfologia dell'area investigata è caratterizzata da blandi rilievi collinari declinanti verso il corso del F. Tevere ad Est; in particolare l'edificio in esame si trova alla quota di circa 90 metri sul livello del mare.

Nell'area in studio non sono note carte tematiche specifiche alla presenza di ipogei in senso stretto. Dallo studio bibliografico (*I Sinkhole nel Lazio – S. Nisio*) risulta che nell'area in oggetto sono presenti fenomeni di sinkhole, di cui si ha riscontro lungo il Fosso di S. Martino, e pertanto questa area presenta alta suscettibilità in tal senso.

In relazione ad una caratterizzazione geomeccanica i terreni presenti nel "presunto" *volume significativo* dell'opera, come definito in D.M 17 gennaio 2018, presentano in generale caratteristiche mediocri fino a circa 10 m per poi migliorarle gradualmente, ma anche irregolarmente, in relazione alla presenza, discontinua, di bancate di travertini da semilitoidi e litoidi a concrezionari.

La falda superficiale, come misurata in fase di indagine, sia nel pozzo esistente e sia nel sondaggio S4 attrezzato con piezometro, è ubicata ad una profondità di circa 24.5 m dal piano campagna tale da non interessare presumibilmente la fondazione, né il volume significativo, dell'opera.

Lo studio preliminare svolto in questa sede evidenzia inoltre, come desunto da varie informazioni bibliografiche riportate, la suscettibilità dell'area alla potenziale presenza di gas vulcanici che dovrà essere approfondita mediante specifiche indagini al fine di un'ideale progettazione.

In conclusione, fatte salve le considerazioni di cui sopra con particolare riferimento ai sinkhole comunque rinvenuti nel passato lungo il fosso di S. Martino e su cui si deve meglio approfondire nelle successive fasi progettuali, attualmente nel sito in studio non sono manifesti fenomeni di dissesto geologico ed idrogeologico tali da pregiudicare la realizzazione dell'opera.

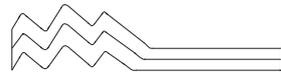
Roma 19 aprile 2019

Dott. Geol. Maurizio Scarapazzi



BIBLIOGRAFIA

- CAPELLI et al., 2012 – Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio, Foglio 4, 1:100,000.
- CARBONI M.G., FUNICIELLO R., PAROTTO M., MARRA F., SALVI S., CORAZZA A., LOMBARDI L. & FEROCI M. (1991) – *Geologia e idrogeologia del centro storico di Roma*. Progetto Strategico Roma Capitale, CNR.
- CECCONI M., SCARAPAZZI M., VIGGIANI G.B.M. (2010) - On the geology and the geotechnical properties of pyroclastic flow deposits of the Colli Albani - *Bullettin Engineerin and Geological Environmental* 1/2010.
- GIUSTINI F., BRILLI M., MANCINI M. (2017) Geochemical study of travertines along middle-lower Tiber valley (central Italy): genesis, palaeo-environmental and tectonic implications-
- ISPRA – Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984).
- Mancini, Girotti & Cavinato, 2004 – Il Pliocene e il Quaternario della media valle del Tevere (Appennino Centrale) – *Geologica Romana* 37 (2003 – 2004), 175 – 236
- NISIO S. – I sinkhole nel Lazio – *Memorie della Società Geologica*.
- VENTRIGLIA U. (1990) – *Idrogeologia della Provincia di Roma*. Provincia di Roma, Ass. LL. PP. Viab. e Trasp., Roma.



Appendice - 1

VULNERABILITA' GEOLOGICA

APPENDICE 1. LIVELLO DI VULNERABILITA' DELL'OPERA

L'area studiata, ubicata sulla Strada Provinciale, 79 a Capena, (RM), sulla base della zonazione sismica regionale (D.G.R. Lazio n. 387 del 22/05/2009), rientra in Zona Sismica 2B.

L'opera in oggetto, come indicato dal Committente e dal Progettista, rientra nella Classe d'Uso 4 e per le caratteristiche architettoniche e strutturali rientra, secondo l'art 5 del Regolamento Regionale n° 375 del 5/07/2016, tra le opere sottoposte a controllo, pertanto dall'Allegato C del suddetto regolamento, che identifica tre livelli di vulnerabilità dell'opera (Basso, Medio e Alto), è possibile definire in un livello di vulnerabilità Alto per il sito in esame.

	zona sismica 1	zona sismica 2a	zona sismica 2b	zona sismica 3a	zona sismica 3b
ASSEVERAZIONI	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A SORTEGGIO	ALTO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A CONTROLLO OBBLIGATORIO (classe d'uso II; classe d'uso III, escluse le strutture per l'istruzione - DGRL n. 489/2012)	ALTO	ALTO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A CONTROLLO OBBLIGATORIO (classe d'uso III - strutture per l'istruzione; classe d'uso IV e opere pubbliche)	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

Il livello di vulnerabilità Alto, sempre secondo l'Allegato C del Regolamento Regionale n° 375 del 5/07/2016, prevede delle indagini minime obbligatorie come esplicitato dalla sottostante tabella:

<p>Livello di Vulnerabilità dell'Opera</p> <p style="text-align: center;">Alto</p>	<p style="text-align: center;">SU TERRENI:</p> <p>Dovranno eseguirsi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Almeno 2 prove verticali di indagine di cui 1 sondaggio geognostico con prove SPT in foro; • Almeno 1 prova penetrometrica di tipo statico CPT, CPTe, CPTU) o dinamico (DPH, DPSH) per una profondità almeno pari al volume significativo; • Almeno 2 prove geofisiche indirette (tipo MASW, SASW, ecc.) per il calcolo delle V_{30}; • Almeno 1 misura di rumore (tipo RE.MI, HVSR, ecc.); • Prove di laboratorio per la caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni di fondazione; • Verifiche di stabilità ante e post-operam dei versanti, laddove necessario; • <u>Solo per i progetti a controllo obbligatorio - art. 5, c. 1, R.R. n. ... del:</u> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Almeno 1 prova geofisica diretta in foro di sondaggio (tipo Down Hole, Cross-Hole, ecc.); ✓ Almeno un secondo sondaggio geognostico, spinto alla profondità di 30 m, attrezzato per 1 prova sismica diretta; ✓ risposta sismica locale. <p style="text-align: center;">SU ROCCIA COMPATTA AFFIORANTE O CON SUBSTRATO ROCCIOSO ENTRO I PRIMI 3 MT DI PROFONDITÀ:</p> <p>Dovranno eseguirsi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Almeno 1 prova geofisica indiretta (tipo MASW, SASW, ecc.) per il calcolo delle V_{30}; • Determinazione delle caratteristiche geomeccaniche degli ammassi rocciosi con rilevamento geostrutturale; • Prove di laboratorio per la caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni di fondazione; • Verifiche di stabilità ante e post-operam dei versanti, se necessario; • <u>Solo per i progetti a controllo obbligatorio:</u> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Almeno 1 prova geofisica diretta in foro di sondaggio (tipo Down Hole, Cross-Hole, ecc.); ✓ Almeno un sondaggio geognostico, attrezzato per 1 prova sismica diretta.
--	--

Nel sito oggetto dello studio sono state eseguite le seguenti indagini:

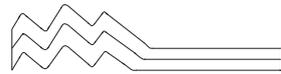
n° 5 prove penetrometriche DPSH;

n° 2 prove sismiche indirette tipo MASW;

n° 4 prova sismica indiretta tipo HVSR;

n° 4 sondaggi geognostici con SPT;

n° 13 prelievi di campione;



Allegato - 1

**PERICOLOSITA'
SISMICA
DI BASE**

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

12,56617

LATITUDINE

42,13005

Ricerca per comune

REGIONE

Lazio

PROVINCIA

Roma

COMUNE

Roma

Elaborazioni grafiche

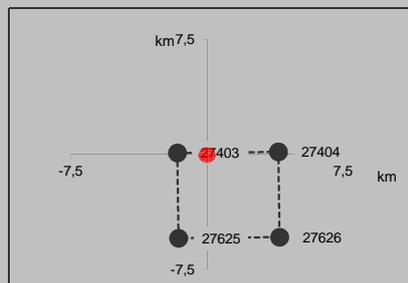
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

a le
per
che
> le
sere
così
, la

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

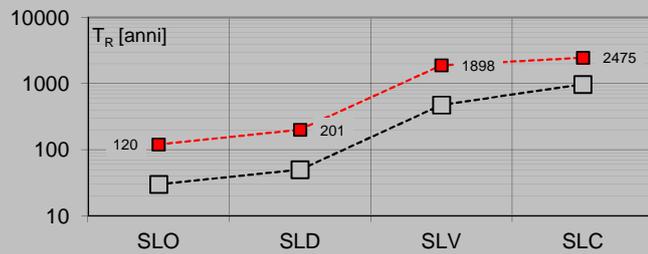
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="120"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="201"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1898"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2475"/>

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

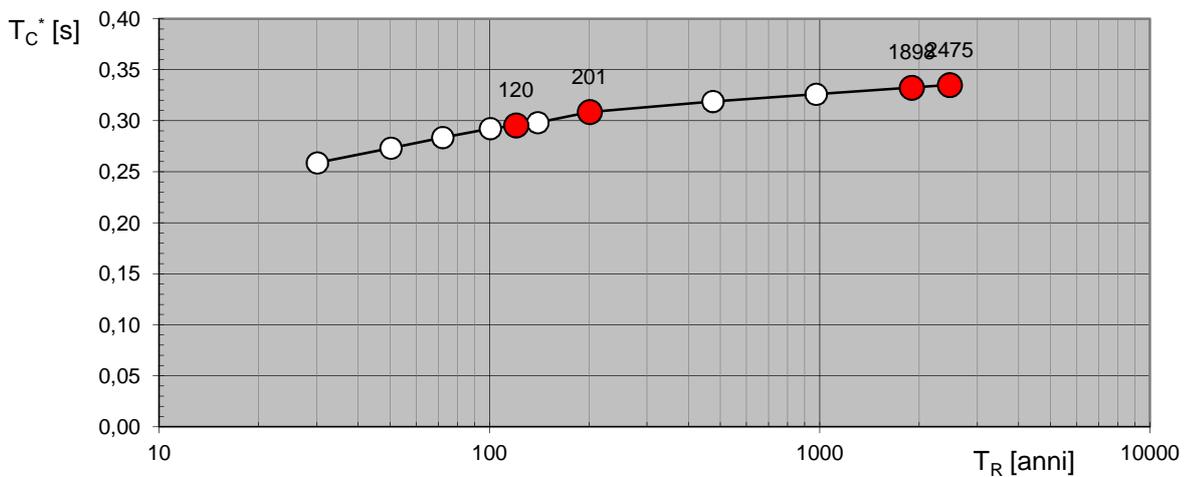
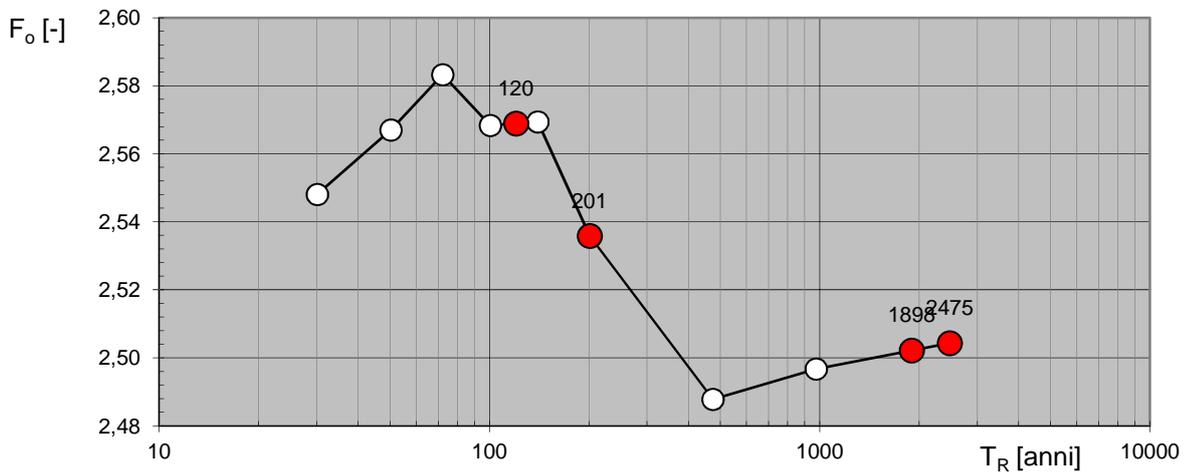
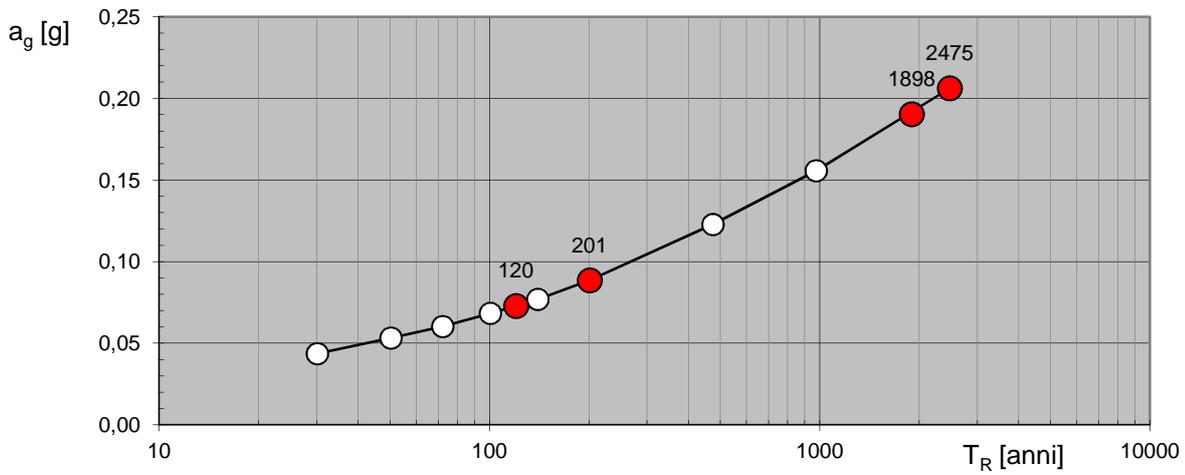
INTRO

FASE 1

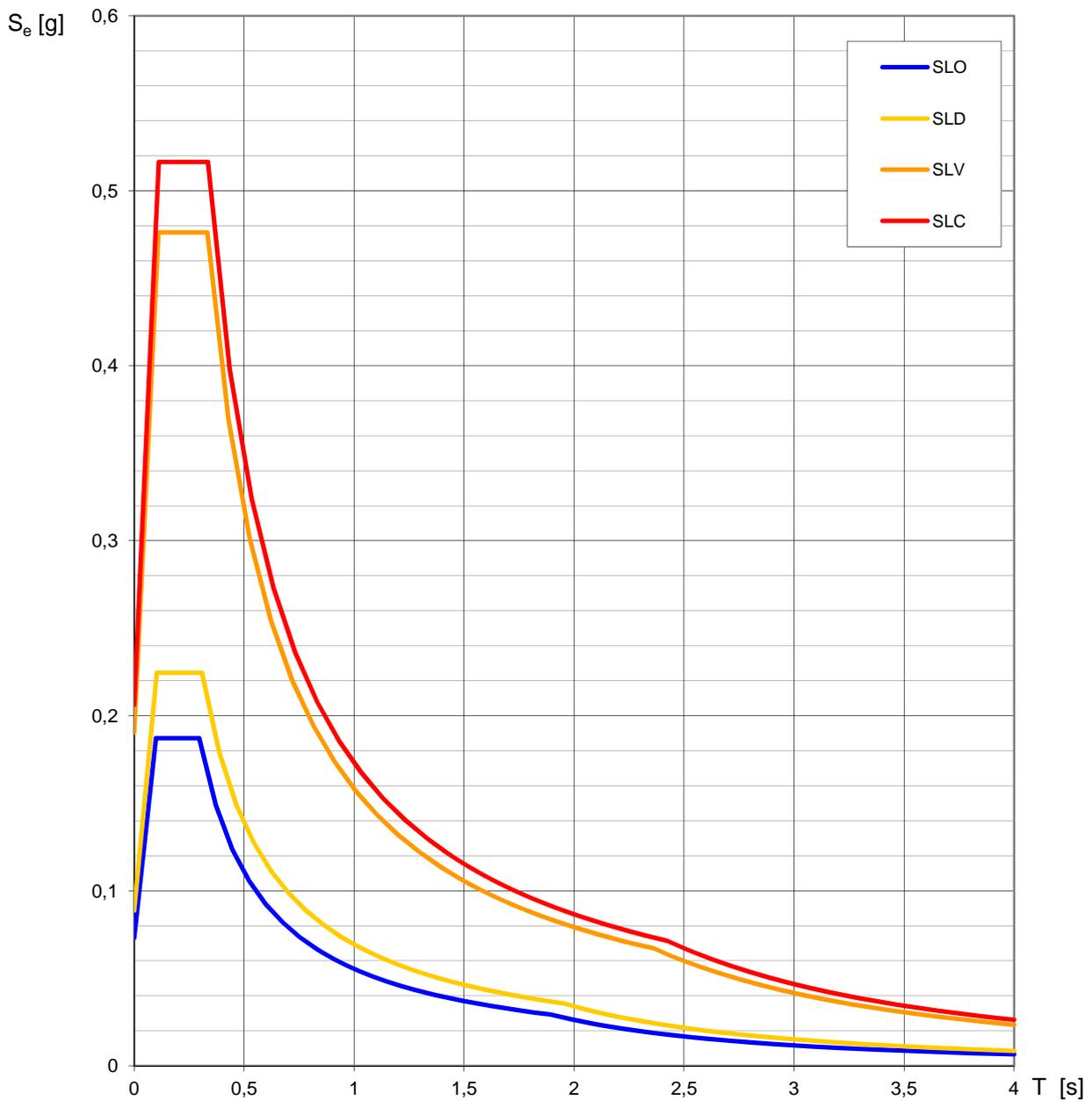
FASE 2

FASE 3

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R



La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

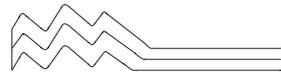
Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0,073	2,569	0,296
SLD	201	0,089	2,536	0,309
SLV	1898	0,190	2,502	0,332
SLC	2475	0,206	2,504	0,335

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.



Allegato - 2

REPORT DELLE INDAGINI

COMUNE DI CAPENA (PROVINCIA DI ROMA)



“REPORT SU INDAGINI GEOLOGICHE E SISMICHE ESEGUITE
PRESSO STRADA PROVINCIALE, 79, CAPENA (RM)”

Committente: Lazio Crea S.p.A.

Pomezia, 26 Marzo 2019

Il Geologo
Dott. Marco Conforti

INDICE

1. Premessa	3
2. Indagini eseguite	3
2.1 Metodo di perforazione e attrezzature utilizzate	3
2.2 Prelievi dei campioni e SPT eseguiti nei sondaggi	4
3. Proprietà fisico-meccanica dei terreni indagati	4
3.1 Pressione ammissibile dei terreni indagati con prove DPSH	5
4. Indagini sismiche	5
5. Conclusioni	6
6. Allegati	7
Planimetria con ubicazione delle prove eseguite	All.1
Stratigrafie dei sondaggi	All.2
Elaborazione prove penetrometriche DPSH	All.3
Elaborazione prove sismiche masw	All.4
Prova sismica down-hole	All.5
Misura della frequenza fondamentale del sito	All.6
Prove di laboratorio	All.7
Documentazione fotografica	All.8

1. PREMESSA

Nel presente documento viene esposto un report relativo alle indagini geologiche eseguite presso il lotto di terreno sito in Strada Provinciale, 79, nel Comune di Capena (Rm).

Lo scopo del lavoro è stato quello di ricostruire la stratigrafia e la sismostratigrafia tramite le seguenti indagini:

- n.5 prove penetrometriche dinamiche a mezzo di un penetrometro DPSH del tipo “Pagani 63/100” al fine di definire le principali proprietà fisico-meccaniche dei litotipi nel sottosuolo;
- esecuzione di n.2 stese sismiche masw per la valutazione delle Vs30;
- n.4 misure di rumore ambientale (HVSR) tramite Geobox della Sara Instruments;
- n.4 sondaggi a carotaggio continuo, eseguiti dalla Geocompany S.r.l., di cui n.2 ultimati con tubazione per l'esecuzione della prova sismica down-hole, spinti rispettivamente fino alla profondità di 30,00 m dal p.c. e 31,00 m dal p.c., e ulteriori n.2 sondaggi, spinti rispettivamente fino alla profondità di 20 m dal p.c. e 31 m dal p.c. (quest'ultimo con installazione di un piezometro aperto);
- n.4 prove Spt in foro, eseguite rispettivamente nel sondaggio S2 (Spt1 a partire da 5,90 m dal p.c.), nel sondaggio S3 (Spt1 a partire da 4,80 m dal p.c.), nel sondaggio S4 (Spt1 a partire da 7,30 m dal p.c. e Spt2 a partire da 12,00 m dal p.c.).

2. INDAGINI ESEGUITE

2.1 Metodo di perforazione ed attrezzature utilizzate

Per gli scopi riportati nel capitolo 1, in particolare per l'esecuzione dei n.4 sondaggi, è stata utilizzata una trivella perforatrice denominata Geomarc Gm 600 C. E' stato utilizzato il metodo asta e carotiere, con carotiere da $\varnothing = 101\text{mm}$; il foro è stato interamente rivestito con tubo provvisorio da $\varnothing = 127\text{ mm}$. Durante la perforazione, quando necessario, è stata utilizzata acqua chiara come fluido di circolazione. Le prove S.p.t. sono state eseguite utilizzando un campionatore tipo Raymond e maglio tipo Donut a rilascio automatico (tipo Pilcon). Il materiale carotato è stato posto in 6 cassette catalogatrici in PVC a 5 scomparti da 1 m depositate nei pressi del sondaggio. I fori dei sondaggi S1 ed S2 sono stati strumentati con tubazione down-hole, mentre il foro del sondaggio S4 è stato attrezzato con tubo piezometrico aperto tipo Norton.

2.2 Prelievi dei campioni e acquisizioni eseguite nei sondaggi

I materiali perforati sono stati posti all'interno di cassette catalogatrici (vedere documentazione fotografica in allegato 8). Il campionamento del terreno ha consentito la ricostruzione stratigrafica che viene riportate in allegato 2. L'istallazione dei tubi in PVC ha favorito le successive misure down-hole in foro, mentre l'istallazione di un tubo piezometrico aperto ha consentito la lettura del livello statico della falda idrica.

Nella successiva tabella 1, vengono sintetizzate le profondità dei singoli sondaggi, la possibilità del rilievo della falda idrica, il numero di SPT ed il numero di campioni prelevati.

Sondaggio	Profondità carotaggio (m)	Rilievo della falda idrica	SPT eseguite	Campioni prelevati
S1+DH	30,00	Non possibile	0	1 indisturbato 1 rimaneggiato
S2+DH	31,00	Non possibile	1	2 indisturbato 2 rimaneggiato
S3	20,00	Non possibile	2	2 indisturbato 1 rimaneggiato
S4+PZ	31,00	Si, 24,90m dal p.c.	1	2 indisturbato

Tabella 1 – Sintesi delle lavorazioni per singolo sondaggio

Inoltre, tutti i campioni di terreno prelevati sono stati opportunamente siglati, paraffinati e portati in laboratorio per le prove necessarie alla parametrizzazione geotecnica.

3. PROPRIETA' FISICO-MECCANICHE DEI TERRENI INDAGATI

Le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni sono state indagate per mezzo di prove di laboratorio e di prove penetrometriche.

Specificando che:

- La prova penetrometrica DPSH consiste nell'infiggere un'asta a punta conica alla profondità interessata battendo con un maglio di peso standard (63,5 Kg) da un'altezza prestabilita (75 cm) e contando il numero di colpi necessari per fare avanzare l'asta per intervalli di 20cm (allegato 4.1).

- La prova penetrometrica SPT consiste nell'infiggere un'asta dotata all'estremità di un campionatore (Raymond) alla profondità interessata battendo con un maglio di peso standard (63.5 Kg) che cade da un'altezza prestabilita (75 cm) e contando il numero di colpi necessari per fare avanzare l'asta per intervalli di 15cm. Il risultato NSPT è dato dalla somma della seconda e terza acquisizione.

Di seguito vengono riportate le prove eseguite all'interno del sito in esame:

- n.5 prove penetrometriche DPSH;
- n.4 prove penetrometriche in foro Spt, eseguite rispettivamente:
 - nel sondaggio S2 ⇒ Spt1 (7-7-9) a partire da 5,90 m dal p.c.
 - nel sondaggio S3 ⇒ Spt1 (7-7-10) a partire da 4,80 m dal p.c.,
 - nel sondaggio S4 ⇒ Spt1 (3-6-9) a partire da 7,30 m dal p.c.
 Spt2 (11-15-23) a partire da 12,00 m dal p.c..
- prove di laboratorio (vedere allegato 7);

Per quanto riguarda i risultati delle singole prove, sono consultabili nei rispettivi allegati.

3.1 PRESSIONE AMMISSIBILE DEL TERRENO INDAGATO DALLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Per quanto concerne la pressione ammissibile del terreno indagato con prove penetrometriche DPSH si rimanda agli allegati 3.5, 3.9, 3.13, 3.17 e 3.20.

4. INDAGINI SISMICHE

Per quanto concerne l'esecuzione delle indagini sismiche nel sito oggetto di studio, si fa presente che sono state eseguite le seguenti attività:

- esecuzione di n.2 stese sismiche MASW finalizzate alla valutazione della categoria del terreno di sottosuolo;
- esecuzione di n.2 down-hole nei fori di sondaggio S1 e S2. Tali indagini abbinate alle colonne stratigrafiche facilitano la definizione della Categoria del terreno di sottosuolo, oltre a fornire informazioni sull'andamento con la profondità dei profili Vs e Vp e dei parametri sismici ad essi correlati;

- esecuzione di n.4 indagini sismiche passive tipo HVSR, finalizzate a valutare una possibile amplificazione del segnale sismico in superficiale per evidenti contrasti d'impedenza, tra un terreno soffice ed il bedrock sismico.

Le attività su descritte sono elaborate negli appositi allegati e saranno utili per lo studio di risposta sismica locale.

5. CONCLUSIONI

Il presente report riferisce sulle indagini geognostiche e sismiche eseguite. In particolare oltre a descrivere la singola attività, va a proporre un'interpretazione dei dati acquisiti in sito (vedere allegati).

In particolare con le attività eseguite è stato possibile:

- 1) Ricostruire, tramite l'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo, la successione stratigrafica del sito su n.4 verticali d'indagine;
- 2) Valutare tramite le indagini sismiche (MASW e down-hole) la categoria del terreno di sottosuolo (Tipo B);
- 3) Verificare, tramite le misure HVSR, l'assenza di picchi di frequenza significativi, e la mancanza del bedrock sismico (nel tratto di terreno compreso tra 0 e 31m dal p.c.).
- 4) Acquisire i profili di resistenza meccanica di n.5 verticali d'indagini ottenute con prove penetrometriche DPSH;
- 5) Valutare le resistenze di n.4 tratti di sondaggio (prove SPT in foro);
- 6) Valutare la qualità geotecnica dei terreni del sottosuolo, tramite opportune prove di laboratorio;
- 7) Verificare la presenza della falda idrica (24.90m dal p.c.) sia nel piezometro, sia nel pozzo presente in sito.

Pomezia, 26 Marzo 2019

Il Geologo
Dott. Marco Conforti

6. ALLEGATI

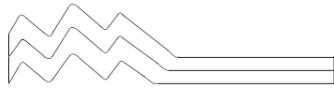
PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE PROVE ESEGUITE TAVOLA A



LEGENDA:

- Prove penetrometriche DPSH
- ▲ Sondaggi ad almeno 30m attrezzati per down-hole in foro
- ▲ Sondaggio 31mt con piezometro (Livello statico a 24,90 m dal p.c.)
- ▲ Sondaggio 20 mt
- Misure della frequenza fondamentale HVSF
- ▲ Pozzo
- Stese sismiche Masw

STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI
(A cura del Geologo Maurizio Scarapazzi)



COMMITTENTE: Lazio Crea S.p.A.

Data:
05/03/2019

Scala 1:100

SONDAGGIO n° S1

LOCALITA': Strada provinciale, 79 - Capena (Roma)

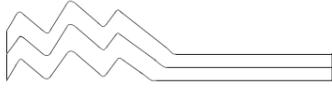
Tipo di perforazione: a carotaggio continuo
(metodo "asta e carotiere")

Quota boccaforo
m s.l.m.

Scala grafica	Quota assoluta (m)	Profondità dal p. c. (m)	Spessore strati (m)	Campioni	Sezione stratigrafica	Falda	Descrizione terreni	Carotaggio %	R. Q. D.	STANDARD PENETR. TEST		Pocket penetr. (Kg/cmq)	Vane test (kg/cmq)	Tubo down hole
										Profondità (m)	N° Colpi			
		0.40	0.40				Terreno di riporto marrone - grigiastro , sovrastruttura stradale in asfalto e sottofondo granulare.							
1												1.5		
2												3.0	1.5	
3			4.30				Limi argilloso-sabbiosi , marrone chiaro-ocracei, a struttura da caotica a blandamente laminata, molto consistenti (presumibilmente piroclastiti argillificate).					3.3		
4				C1 01.70 02.20								3.0	1.5	
5		4.70										3.2		
6												3.0		
7							Limi sabbiosi e sabbie limose debolmente argillosi, marrone chiaro-ocracei, con struttura a livelli centimetrici/decimetrici, mediamente addensati. Alternanze di piroclastiti da granulari a mediamente addensate, a livelli blandamente saldate e piroclastiti argillificate, sono presenti pomici.							
8			5.30	C2 07.80 08.30										
9														
10		10.00												
11		11.50	1.50				Travertino bianco-grigiastro , da concrezionario sabbioso-ghiaioso a blandamente cementato.							
12														
13		13.50	2.00				Piroclastite granulare , da grigio-verdastra a marrone-rossastra, mediamente addensata. Da 13 a 13,50 m paleosuolo.							
14														
15														
16			5.90				Travertino bianco-grigiastro , da concrezionario sabbioso-ghiaioso a blandamente cementato.							
17														
18														
19		19.40												
20														
21														
22			6.00				Piroclastite da granulare a blandamente saldata, colore da marrone ad avana, con struttura a livelli decimetrici, mediamente addensata.							
23				C3 23.40 23.90										
24														
25														
26		26.00												
27			2.00				Concrezioni travertinose e travertino litoide grigio-biancastro.							
28		28.00												
29			2.00				Sabbie limose , debolmente argillose da verde a marrone scuro, a struttura omogenea.							
30		30.00		4D 29.50 30.00										

Note: Sondaggio verticale eseguito tramite sonda Geomark 600C. E' stato utilizzato il metodo asta e carotiere, con carotiere da f = 101 mm; il foro è stato interamente rivestito con tubo provvisorio da f = 127 mm. Durante la perforazione, quando necessario, è stata utilizzata acqua chiara come fluido di circolazione. Le prove S.P.T. sono state eseguite utilizzando un campionatore tipo Raymond e maglio tipo Donut a rilascio automatico (tipo Pilcon). Il materiale carotato è stato posto in 6 cassette catalogatrici in PVC a 5 scomparti da 1 m depositate nei pressi del sondaggio. Il foro è stato strumentato con tubazione down hole.

SONDAGGIO n° S1



COMMITTENTE: Lazio Crea S.p.A.

Data:
07/03/2019

Scala 1:100

SONDAGGIO n° S2

LOCALITA': Strada Provinciale, 79 - Capena (Roma)

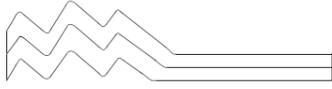
Tipo di perforazione: a carotaggio continuo
(metodo "asta e carotiere")

Quota boccaforo
m s.l.m.

Scala grafica	Quota assoluta (m)	Profondità dal p. c. (m)	Spessore strati (m)	Campioni	Sezione stratigrafica	Falda	Descrizione terreni	Carotaggio %	R. Q. D.	STANDARD PENETR. TEST		Pocket penetr. (Kg/cmq)	Vane test (kg/cmq)	Tubo down hole
										Profondità (m)	N° Colpi			
1			2.00				Terreno di riporto marrone-grigiastro, a struttura caotica, eterogeneo, eterometrico, sciolto.							
2	2.00			C1 01.60 02.10									0.5	
3		3.50	1.50	C2 03.00 03.50			Limi argillosi marrone-ocracei, a struttura irregolare, da plastici a molto consistenti.						2	
4			2.20				Piroclastiti argillificate , marrone chiaro, costituite prevalentemente da sabbie limoso argillose, pomicee, a struttura caotica.						2.5	
5		5.70											0.8	
6							Piroclastite granulare marrone avana, prevalentemente sabbioso-ghiaiosa, a struttura caotica, mediamente addensata.				5.90	7		
7			3.00											
8	8.70						Travertino vacuolare.							
9	9.30	0.60												
10				C3 09.50 10.00			Piroclastiti blandamente saldate, marroni, a luoghi granulari, a struttura omogenea, da mediamente a ben addensate.							
11			3.70				Da 9,5 m a 10,00 m paleosuolo marrone scuro, costituito prevalentemente da limo-argilloso-sabbioso molto consistente.							
12	13.00													
13			2.50				Travertino vacuolare bianco-grigiastro e concrezioni ghiaioso-sabbiose da sciolte a blandamente saldate.							
14	15.50													
15			3.50				Piroclastiti blandamente saldate, marroni, a luoghi granulari, a struttura omogenea, da mediamente a ben addensate.							
16														
17	19.00			C4 18.50 19.00										
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24							Alternanza di travertini bianco-grigiastri , da litoidi a concrezioni travertinose da granulari ghiaioso-sabbiosi a blandamente cementati.							
25			21.00											
26														
27														
28														
29														
30	30.00													

Note: Sondaggio verticale eseguito tramite sonda Geomark 600C. E' stato utilizzato il metodo asta e carotiere, con carotiere da f = 101 mm; il foro è stato interamente rivestito con tubo provvisorio da f = 127 mm. Durante la perforazione, quando necessario, è stata utilizzata acqua chiara come fluido di circolazione. Le prove S.P.T. sono state eseguite utilizzando un campionatore tipo Raymond e maglio tipo Donut a rilascio automatico (tipo Pilcon). Il materiale carotato è stato posto in 6 cassette catalogatrici in PVC a 5 scomparti da 1 m depositate nei pressi del sondaggio. Il foro è stato strumentato con tubazione down hole.

SONDAGGIO n° S2



COMMITTENTE: Lazio Crea S.p.A.

Data:
08/03/2019

Scala 1:100

SONDAGGIO n° S3

LOCALITA': Strada Provinciale, 79 - Capena (Roma)

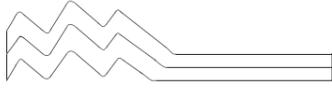
Tipo di perforazione: a carotaggio continuo
(metodo "asta e carotiere")

Quota boccaforo
m s.l.m.

Scala grafica	Quota assoluta (m)	Profondità dal p. c. (m)	Spessore strati (m)	Campioni	Sezione stratigrafica	Falda	Descrizione terreni	Carotaggio %	R. Q. D.	STANDARD PENETR. TEST		Pocket penetr. (Kg/cmq)	Vane test (kg/cmq)	Piezometro
										Profondità (m)	N° Colpi			
		1.00	1.00				Terreno di riporto , marrone grigiastro, eterogeneo ed eterometrico con inclusi centimetrici sabbioso-ghiaioso.							
		2.60	1.60				Limi argilloso-sabbiosi , marrone chiaro-ocracei, a struttura da caotica a blandamente laminata, molto consistenti (presumibilmente piroclastiti argillificate).							
			6.50	C1 03.00 03.50			Piroclastite argillificata , marrone chiaro, sabbie limoso argillose, pomicee, a struttura caotica, mediamente addensata.							
		9.10					Travertino vacuolare .							
		9.60	0.50				Piroclastite da granulare a blandamente saldata , marrone-avana, mediamente addensata. Da 10.80 m a 12.30 m Paleosuolo.							
			7.20	C2 07.40 07.90			Da 12.80 m a 13.00 m Travertino							
		16.80		C3 11.20 11.55			Travertino vacuolare bianco-grigiastro e concrezioni ghiaioso-sabbiose da sciolte a blandamente saldate.							
		18.80	2.00				Piroclastite da granulare a parzialmente argillificata , matrice sabbioso-limosa, mediamente addensata							
		30.00	11.20											

Note: Sondaggio verticale eseguito tramite sonda Geomark 600C. E' stato utilizzato il metodo asta e carotiere, con carotiere da f = 101 mm; il foro è stato interamente rivestito con tubo provvisorio da f = 127 mm. Durante la perforazione, quando necessario, è stata utilizzata acqua chiara come fluido di circolazione. Le prove S.P.T. sono state eseguite utilizzando un campionatore tipo Raymond e maglio tipo Donut a rilascio automatico (tipo Pilcon). Il materiale carotato è stato posto in 6 cassette catalogatrici in PVC a 5 scomparti da 1 m depositate nei pressi del sondaggio.

SONDAGGIO n° S3



COMMITTENTE: Lazio Crea S.p.A.

Data:
08/03/2019

Scala 1:100

SONDAGGIO n° S4

LOCALITA': Strada Provinciale, 79 - Capena (Roma)

Tipo di perforazione: a carotaggio continuo
(metodo "asta e carotiere")

Quota boccaforo
m s.l.m.

Scala grafica	Quota assoluta (m)	Profondità dal p. c. (m)	Spessore strati (m)	Campioni	Sezione stratigrafica	Falda	Descrizione terreni	Carotaggio %				R. Q. D.				STANDARD PENETR. TEST		Pocket penetr. (Kg/cmq)	Vane test (kg/cmq)	Piezometro
								20	40	60	80	20	40	60	80	Profondità (m)	N° Colpi			
		0.20	0.20				Terreno di riporto , avana, eterogeneo ed eterometrico, sciolto.													
1							Limi argillosi , a luoghi più sabbiosi, con inclusi centimetrici, colore avana scuro, molto consistente, struttura variabile da omogenea a caotica.												0.75	
2			2.60																2.00	
3		2.80		C1 02.60 02.90			Piroclastite argillificata , a livelli granulari, da avana rossiccio ad avana chiaro, struttura prevalentemente caotica (relitto stratificata), granulometria sabbioso limoso-argilloso; sono presenti presenti pomici.												2.50	
4																				
5																				
6			7.20	C2 05.70 06.20																
7																				
8																				
9																				
10		10.00					Travertino vacuolare .													
11			0.60																	
12		10.60					Piroclastite parzialmente argillificata marrone scuro, granulometria costituita prevalentemente da limo sabbioso-argilloso, struttura caotica irregolare, mediamente addensata.												2.50	
13																				
14			7.40																	
15																				
16																				
17																				
18		18.00					Piroclastite granulare , avana grigiastra, a prevalente granulometria sabbioso-limosa, struttura stratificata decimetrica, addensata.													
19			1.50																	
20		19.50					Travertino vacuolare bianco-grigiastro e concrezioni ghiaioso-sabbiose da sciolte a blandamente saldate.													
21																				
22																				
23																				
24																				
25			10.50																	
26																				
27																				
28																				
29																				
30		30.00																		

Note: Sondaggio verticale eseguito tramite sonda Geomark 600C. E' stato utilizzato il metodo asta e carotiere, con carotiere da f = 101 mm; il foro è stato interamente rivestito con tubo provvisorio da f = 127 mm. Durante la perforazione, quando necessario, è stata utilizzata acqua chiara come fluido di circolazione. Le prove S.P.T. sono state eseguite utilizzando un campionatore tipo Raymond e maglio tipo Donut a rilascio automatico (tipo Pilcon). Il materiale carotato è stato posto in 6 cassette catalogatrici in PVC a 5 scomparti da 1 m depositate nei pressi del sondaggio.

SONDAGGIO n° S3

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE ELABORAZIONE COMPLETA

Committente: Lazio Crea S.p.A.

Cantiere: Strada Provinciale, 79

Località: Capena (Rm)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M ;
- altezza libera caduta H ;
- punta conica: diametro base cono D , area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt}. Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (δ/N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
C_S	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
C_d	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
C_r	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (- s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt \text{ corretto}} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.

- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buisman-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/s)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_0)

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.

- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt} = 6-12$).

Modulo Di Young (E_Y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15 .
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA - DPSH 1

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 04/03/2019

Profondità prova 9,00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	4	0,855	33,22	38,87	1,66	1,94
0,40	4	0,851	33,07	38,87	1,65	1,94
0,60	3	0,847	24,69	29,15	1,23	1,46
0,80	4	0,843	32,78	38,87	1,64	1,94
1,00	6	0,840	45,30	53,94	2,26	2,70
1,20	8	0,836	60,14	71,92	3,01	3,60
1,40	8	0,833	59,90	71,92	2,99	3,60
1,60	11	0,830	82,03	98,89	4,10	4,94
1,80	10	0,826	74,29	89,90	3,71	4,49
2,00	10	0,823	68,85	83,63	3,44	4,18
2,20	12	0,820	82,31	100,36	4,12	5,02
2,40	11	0,817	75,17	92,00	3,76	4,60
2,60	11	0,814	74,91	92,00	3,75	4,60
2,80	12	0,811	81,43	100,36	4,07	5,02
3,00	8	0,809	50,58	62,55	2,53	3,13
3,20	8	0,806	50,41	62,55	2,52	3,13
3,40	9	0,803	56,53	70,37	2,83	3,52
3,60	9	0,801	56,35	70,37	2,82	3,52
3,80	8	0,798	49,94	62,55	2,50	3,13
4,00	7	0,796	40,90	51,38	2,05	2,57
4,20	8	0,794	46,61	58,72	2,33	2,94
4,40	6	0,791	34,86	44,04	1,74	2,20
4,60	5	0,789	28,97	36,70	1,45	1,84
4,80	6	0,787	34,67	44,04	1,73	2,20
5,00	10	0,785	54,30	69,17	2,72	3,46
5,20	10	0,783	54,16	69,17	2,71	3,46
5,40	10	0,781	54,03	69,17	2,70	3,46
5,60	10	0,779	53,89	69,17	2,69	3,46
5,80	6	0,777	32,26	41,50	1,61	2,08
6,00	6	0,775	30,43	39,24	1,52	1,96
6,20	8	0,774	40,48	52,32	2,02	2,62
6,40	10	0,772	50,49	65,40	2,52	3,27
6,60	12	0,770	60,46	78,48	3,02	3,92
6,80	11	0,769	55,31	71,94	2,77	3,60
7,00	11	0,767	52,34	68,22	2,62	3,41
7,20	6	0,766	28,49	37,21	1,42	1,86
7,40	5	0,764	23,70	31,01	1,18	1,55
7,60	7	0,763	33,11	43,42	1,66	2,17
7,80	5	0,761	23,61	31,01	1,18	1,55
8,00	8	0,760	35,85	47,18	1,79	2,36
8,20	4	0,759	17,89	23,59	0,89	1,18
8,40	4	0,757	17,86	23,59	0,89	1,18
8,60	5	0,756	22,29	29,49	1,11	1,47
8,80	3	0,755	13,35	17,69	0,67	0,88
9,00	5	0,753	21,18	28,11	1,06	1,41

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,6	3,67	35,63	Incoerente - coesivo	0	1,76	1,88	0,05	1,5	5	Strato
3	9,25	79,69	Incoerente - coesivo	0	2,04	2,24	0,35	1,5	13	Strato
4,8	7,33	55,64	Incoerente - coesivo	0	1,99	2,19	0,77	1,5	11	Strato
5,8	9,2	63,64	Incoerente - coesivo	0	2,04	2,24	1,06	1,5	13	Strato
7,2	9,14	58,97	Incoerente - coesivo	0	2,04	2,24	1,3	1,5	13	
9	5,11	30,57	Incoerente - coesivo	0	1,86	1,9	1,61	1,5	7	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSHI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman	De Beer
[1] - Strato	5	0,60	0,31	0,63	0,25	0,20	0,49	1,07	0,45	0,81	0,25	0,82	0,63
[2] - Strato	13	3,00	0,88	1,63	0,50	0,52	1,28	2,39	1,14	1,45	0,65	1,88	1,63
[3] - Strato	11	4,80	0,74	1,38	0,50	0,44	1,08	1,67	0,97	1,28	0,55	1,28	1,38
[4] - Strato	13	5,80	0,88	1,63	0,50	0,52	1,28	1,91	1,14	1,45	0,65	1,48	1,63
[5] -	13	7,20	0,88	1,63	0,50	0,52	1,28	1,77	1,14	1,45	0,65	1,27	1,63
[6] -	7	9,00	0,44	0,88	0,25	0,28	0,68	0,92	0,63	0,96	0,35	0,05	0,88

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strato	5	0,60	Robertson (1983)	10,00
[2] - Strato	13	3,00	Robertson (1983)	26,00
[3] - Strato	11	4,80	Robertson (1983)	22,00
[4] - Strato	13	5,80	Robertson (1983)	26,00
[5] -	13	7,20	Robertson (1983)	26,00
[6] -	7	9,00	Robertson (1983)	14,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato	5	0,60	22,94	75,00	52,79	62,50
[2] - Strato	13	3,00	59,64	--	134,38	130,00
[3] - Strato	11	4,80	50,47	--	113,99	110,00
[4] - Strato	13	5,80	59,64	--	134,38	130,00
[5] -	13	7,20	59,64	--	134,38	130,00
[6] -	7	9,00	32,12	--	73,19	87,50

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato	5	0,60	37,10	50,00
[2] - Strato	13	3,00	129,10	130,00
[3] - Strato	11	4,80	106,10	110,00
[4] - Strato	13	5,80	129,10	130,00
[5] -	13	7,20	129,10	130,00
[6] -	7	9,00	60,10	70,00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	5	0,60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Strato	13	3,00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - Strato	11	4,80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[4] - Strato	13	5,80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[5] -	13	7,20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[6] -	7	9,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - Strato	5	0,60	Meyerhof	1,76
[2] - Strato	13	3,00	Meyerhof	2,04
[3] - Strato	11	4,80	Meyerhof	1,99
[4] - Strato	13	5,80	Meyerhof	2,04
[5] -	13	7,20	Meyerhof	2,04
[6] -	7	9,00	Meyerhof	1,86

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - Strato	5	0,60	Meyerhof	1,88
[2] - Strato	13	3,00	Meyerhof	2,24
[3] - Strato	11	4,80	Meyerhof	2,19
[4] - Strato	13	5,80	Meyerhof	2,24
[5] -	13	7,20	Meyerhof	2,24
[6] -	7	9,00	Meyerhof	1,90

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	5	0,60	25,88	54,12	79,83	20,83
[2] - Strato	13	3,00	39,48	73,88	76,77	39,24
[3] - Strato	11	4,80	29,35	57,36	57,58	35,16
[4] - Strato	13	5,80	29,31	57,15	57,51	39,24
[5] -	13	7,20	26,78	53,54	54,45	39,24
[6] -	7	9,00	13,22	36,55	38,29	25,97

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato	5	0,60	5	28,43	21,43	29,4	33,99	31,67	0	<30	23,66	28,5	32,85	25
[2] - Strato	13	3,00	13	30,71	23,71	31,64	31,43	34,77	38,34	30-32	28,96	30,9	40,06	31,12
[3] - Strato	11	4,80	11	30,14	23,14	31,08	29,44	34,05	36,03	<30	27,85	30,3	36,99	29,83
[4] - Strato	13	5,80	13	30,71	23,71	31,64	29,04	34,77	36	30-32	28,96	30,9	37,38	31,12
[5] -	13	7,20	13	30,71	23,71	31,64	28,58	34,77	35,5	30-32	28,96	30,9	36,45	31,12
[6] -	7	9,00	7	29	22	29,96	27,12	32,49	0	<30	25,25	29,1	29,87	26,83

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	5	0,60	5	---	40,00	---	---	---
[2] - Strato	13	3,00	13	257,36	104,00	154,10	277,50	140,00
[3] - Strato	11	4,80	11	236,74	88,00	130,50	262,50	130,00
[4] - Strato	13	5,80	13	257,36	104,00	154,10	277,50	140,00
[5] -	13	7,20	13	257,36	104,00	154,10	277,50	140,00
[6] -	7	9,00	7	---	56,00	---	---	---

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	5	0,60	5	---	37,73	35,50	60,30
[2] - Strato	13	3,00	13	78,00	54,17	92,30	95,98
[3] - Strato	11	4,80	11	66,00	50,06	78,10	87,06
[4] - Strato	13	5,80	13	78,00	54,17	92,30	95,98
[5] -	13	7,20	13	78,00	54,17	92,30	95,98
[6] -	7	9,00	7	---	41,84	49,70	69,22

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	5	0,60	5	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Strato	13	3,00	13	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - Strato	11	4,80	11	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - Strato	13	5,80	13	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[5] -	13	7,20	13	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[6] -	7	9,00	7	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Strato	5	0,60	5	Meyerhof ed altri	1,41
[2] - Strato	13	3,00	13	Meyerhof ed altri	1,51
[3] - Strato	11	4,80	11	Meyerhof ed altri	1,49
[4] - Strato	13	5,80	13	Meyerhof ed altri	1,51
[5] -	13	7,20	13	Meyerhof ed altri	1,51
[6] -	7	9,00	7	Meyerhof ed altri	1,44

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Strato	5	0,60	5	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88
[2] - Strato	13	3,00	13	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,94
[3] - Strato	11	4,80	11	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,93
[4] - Strato	13	5,80	13	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,94
[5] -	13	7,20	13	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,94
[6] -	7	9,00	7	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	5	0,60	5	(A.G.I.)	0,34
[2] - Strato	13	3,00	13	(A.G.I.)	0,33
[3] - Strato	11	4,80	11	(A.G.I.)	0,33
[4] - Strato	13	5,80	13	(A.G.I.)	0,33
[5] -	13	7,20	13	(A.G.I.)	0,33
[6] -	7	9,00	7	(A.G.I.)	0,34

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	5	0,60	5	295,08	334,18
[2] - Strato	13	3,00	13	724,47	599,14
[3] - Strato	11	4,80	11	619,19	541,00
[4] - Strato	13	5,80	13	724,47	599,14
[5] -	13	7,20	13	724,47	599,14
[6] -	7	9,00	7	404,86	410,45

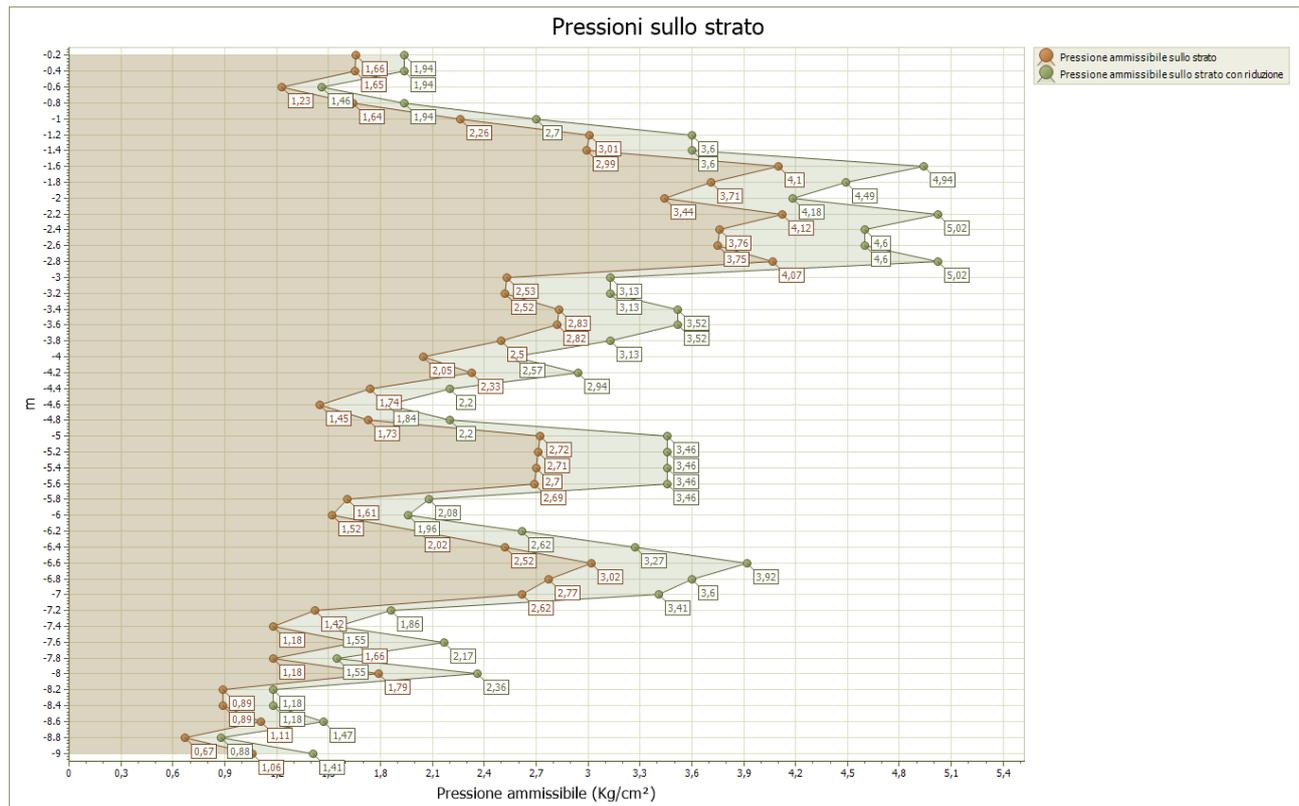
Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato	5	0,60	5		---
[2] - Strato	13	3,00	13		---
[3] - Strato	11	4,80	11		---
[4] - Strato	13	5,80	13		---
[5] -	13	7,20	13		---
[6] -	7	9,00	7		---

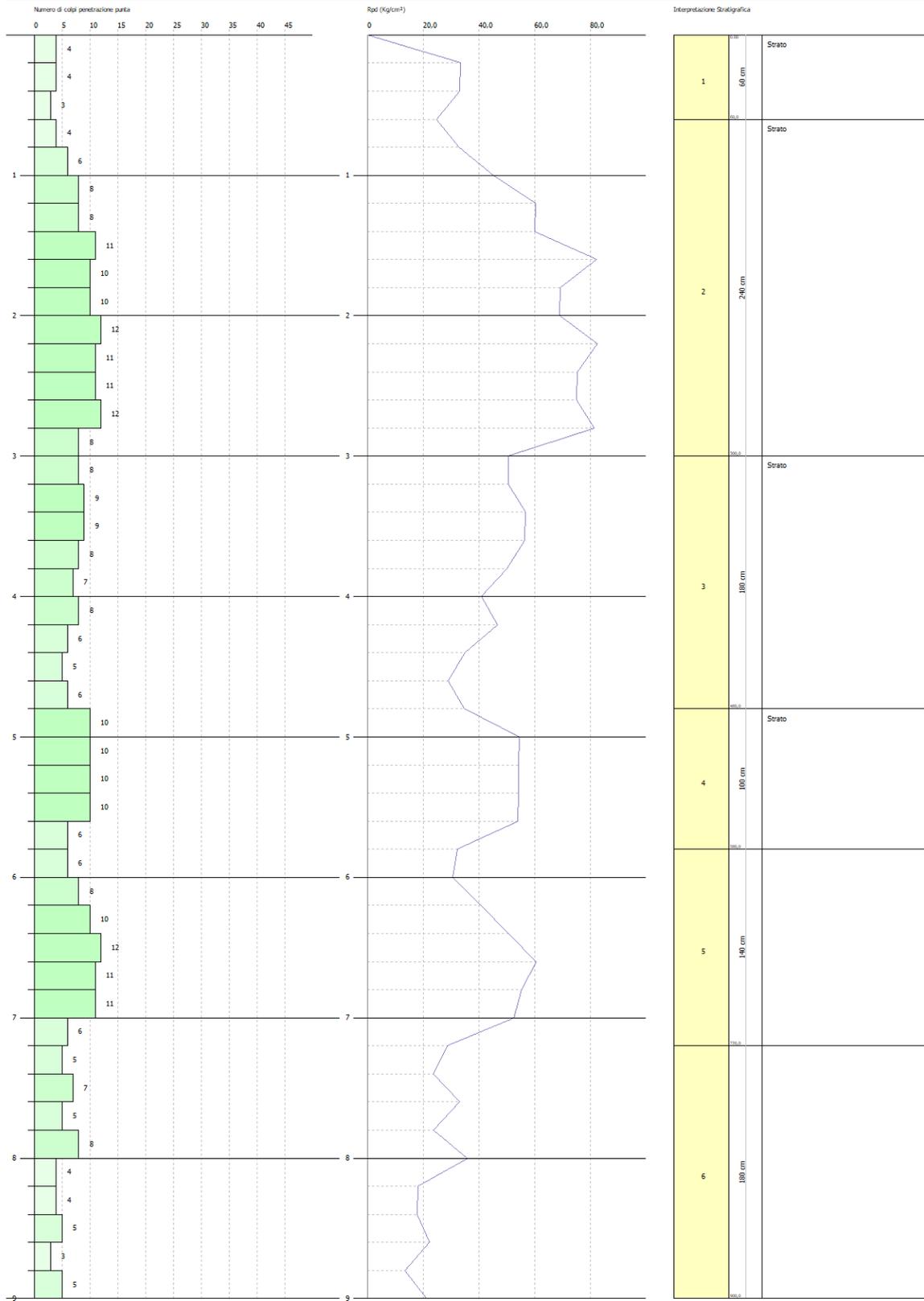
Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strato	5	0,60	5		---
[2] - Strato	13	3,00	13		---
[3] - Strato	11	4,80	11		---
[4] - Strato	13	5,80	13		---
[5] -	13	7,20	13		---
[6] -	7	9,00	7		---

PRESSIONE AMMISSIBILE SECONDO L'HERMINIER-OLANDESI - DPSH 1



In ascisse: pressioni in Kg/cm²
 In ordinate: profondità in metri



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA - DPSH 2

Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 04/03/2019
 Profondità prova 9,20 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	16,61	19,44	0,83	0,97
0,40	2	0,851	16,54	19,44	0,83	0,97
0,60	2	0,847	16,46	19,44	0,82	0,97
0,80	2	0,843	16,39	19,44	0,82	0,97
1,00	2	0,840	15,10	17,98	0,75	0,90
1,20	3	0,836	22,55	26,97	1,13	1,35
1,40	3	0,833	22,46	26,97	1,12	1,35
1,60	3	0,830	22,37	26,97	1,12	1,35
1,80	3	0,826	22,29	26,97	1,11	1,35
2,00	3	0,823	20,65	25,09	1,03	1,25
2,20	3	0,820	20,58	25,09	1,03	1,25
2,40	2	0,817	13,67	16,73	0,68	0,84
2,60	4	0,814	27,24	33,45	1,36	1,67
2,80	4	0,811	27,14	33,45	1,36	1,67
3,00	3	0,809	18,97	23,46	0,95	1,17
3,20	5	0,806	31,51	39,09	1,58	1,95
3,40	2	0,803	12,56	15,64	0,63	0,78
3,60	4	0,801	25,05	31,27	1,25	1,56
3,80	3	0,798	18,73	23,46	0,94	1,17
4,00	3	0,796	17,53	22,02	0,88	1,10
4,20	2	0,794	11,65	14,68	0,58	0,73
4,40	3	0,791	17,43	22,02	0,87	1,10
4,60	4	0,789	23,17	29,36	1,16	1,47
4,80	3	0,787	17,33	22,02	0,87	1,10
5,00	3	0,785	16,29	20,75	0,81	1,04
5,20	6	0,783	32,50	41,50	1,62	2,08
5,40	6	0,781	32,42	41,50	1,62	2,08
5,60	4	0,779	21,56	27,67	1,08	1,38
5,80	5	0,777	26,88	34,59	1,34	1,73
6,00	5	0,775	25,36	32,70	1,27	1,64
6,20	4	0,774	20,24	26,16	1,01	1,31
6,40	3	0,772	15,15	19,62	0,76	0,98
6,60	3	0,770	15,11	19,62	0,76	0,98
6,80	3	0,769	15,08	19,62	0,75	0,98
7,00	4	0,767	19,03	24,81	0,95	1,24
7,20	4	0,766	18,99	24,81	0,95	1,24
7,40	3	0,764	14,22	18,61	0,71	0,93
7,60	3	0,763	14,19	18,61	0,71	0,93
7,80	3	0,761	14,16	18,61	0,71	0,93
8,00	9	0,760	40,33	53,08	2,02	2,65
8,20	5	0,759	22,37	29,49	1,12	1,47
8,40	3	0,757	13,40	17,69	0,67	0,88
8,60	5	0,756	22,29	29,49	1,11	1,47
8,80	3	0,755	13,35	17,69	0,67	0,88
9,00	3	0,753	12,71	16,86	0,64	0,84
9,20	4	0,752	16,91	22,48	0,85	1,12

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspst	NSPT	Descrizione
1	2	19,15	Incoerente - coesivo	0	1,63	1,86	0,08	1,5	3	Strato
2,4	2,86	24,97	Incoerente - coesivo	0	1,7	1,87	0,28	1,5	4	Strato
5	3,31	25,44	Incoerente - coesivo	0	1,7	1,87	0,62	1,5	4	Strato

6,4	4,71	31,96	Incoerente - coesivo	0	1,86	1,9	0,97	1,5	7	Strato
7,6	3,33	21,01	Incoerente - coesivo	0	1,76	1,88	1,21	1,5	5	
9,2	4,38	25,68	Incoerente - coesivo	0	1,81	1,89	1,46	1,5	6	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Strato	3	1,00	0,19	0,38	0,15	0,12	0,29	0,57	0,27	0,66	0,15	0,42	0,38
[2] - Strato	4	2,40	0,25	0,50	0,15	0,16	0,39	0,75	0,36	0,73	0,20	0,42	0,50
[3] - Strato	4	5,00	0,25	0,50	0,15	0,16	0,39	0,76	0,36	0,73	0,20	0,11	0,50
[4] - Strato	7	6,40	0,44	0,88	0,25	0,28	0,68	0,96	0,63	0,96	0,35	0,40	0,88
[5] -	5	7,60	0,31	0,63	0,25	0,20	0,49	0,63	0,45	0,81	0,25	0,00	0,63
[6] -	6	9,20	0,38	0,75	0,25	0,24	0,59	0,77	0,54	0,88	0,30	0,00	0,75

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strato	3	1,00	Robertson (1983)	6,00
[2] - Strato	4	2,40	Robertson (1983)	8,00
[3] - Strato	4	5,00	Robertson (1983)	8,00
[4] - Strato	7	6,40	Robertson (1983)	14,00
[5] -	5	7,60	Robertson (1983)	10,00
[6] -	6	9,20	Robertson (1983)	12,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato	3	1,00	13,76	45,00	32,39	37,50
[2] - Strato	4	2,40	18,35	60,00	42,59	50,00
[3] - Strato	4	5,00	18,35	60,00	42,59	50,00
[4] - Strato	7	6,40	32,12	--	73,19	87,50
[5] -	5	7,60	22,94	75,00	52,79	62,50
[6] -	6	9,20	27,53	--	62,99	75,00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato	3	1,00	14,10	30,00
[2] - Strato	4	2,40	25,60	40,00
[3] - Strato	4	5,00	25,60	40,00
[4] - Strato	7	6,40	60,10	70,00
[5] -	5	7,60	37,10	50,00
[6] -	6	9,20	48,60	60,00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	3	1,00	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] - Strato	4	2,40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[3] - Strato	4	5,00	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[4] - Strato	7	6,40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[5] -	5	7,60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[6] -	6	9,20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - Strato	3	1,00	Meyerhof	1,63

[2] - Strato	4	2,40	Meyerhof	1,70
[3] - Strato	4	5,00	Meyerhof	1,70
[4] - Strato	7	6,40	Meyerhof	1,86
[5] -	5	7,60	Meyerhof	1,76
[6] -	6	9,20	Meyerhof	1,81

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] - Strato	3	1,00	Meyerhof	1,86
[2] - Strato	4	2,40	Meyerhof	1,87
[3] - Strato	4	5,00	Meyerhof	1,87
[4] - Strato	7	6,40	Meyerhof	1,90
[5] -	5	7,60	Meyerhof	1,88
[6] -	6	9,20	Meyerhof	1,89

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	3	1,00	16,13	41,14	55,81	15,3
[2] - Strato	4	2,40	17,61	42,38	46,26	18,12
[3] - Strato	4	5,00	13,04	36,53	37,6	18,12
[4] - Strato	7	6,40	18,66	42,95	43,7	25,97
[5] -	5	7,60	10,92	33,99	35,15	20,83
[6] -	6	9,20	11,85	35	36,5	23,45

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato	3	1,00	3	27,86	20,86	28,84	32,22	30,81	0	<30	21,71	27,9	28,28	22,75
[2] - Strato	4	2,40	4	28,14	21,14	29,12	29,99	31,25	0	<30	22,75	28,2	30,03	23,94
[3] - Strato	4	5,00	4	28,14	21,14	29,12	28,28	31,25	0	<30	22,75	28,2	28,74	23,94
[4] - Strato	7	6,40	7	29	22	29,96	28,21	32,49	0	<30	25,25	29,1	32,29	26,83
[5] -	5	7,60	5	28,43	21,43	29,4	27,2	31,67	0	<30	23,66	28,5	28,46	25
[6] -	6	9,20	6	28,71	21,71	29,68	27,08	32,09	0	<30	24,49	28,8	29,1	25,95

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	3	1,00	3	---	24,00	---	---	---
[2] - Strato	4	2,40	4	---	32,00	---	---	---
[3] - Strato	4	5,00	4	---	32,00	---	---	---
[4] - Strato	7	6,40	7	---	56,00	---	---	---
[5] -	5	7,60	5	---	40,00	---	---	---
[6] -	6	9,20	6	---	48,00	---	---	---

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	3	1,00	3	---	33,63	21,30	51,38
[2] - Strato	4	2,40	4	---	35,68	28,40	55,84
[3] - Strato	4	5,00	4	---	35,68	28,40	55,84
[4] - Strato	7	6,40	7	---	41,84	49,70	69,22
[5] -	5	7,60	5	---	37,73	35,50	60,30
[6] -	6	9,20	6	---	39,79	42,60	64,76

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
--	------	------------------	----------------------------------	--------------	---------------------

[1] - Strato	3	1,00	3	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - Strato	4	2,40	4	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] - Strato	4	5,00	4	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[4] - Strato	7	6,40	7	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[5] -	5	7,60	5	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[6] -	6	9,20	6	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] - Strato	3	1,00	3	Meyerhof ed altri	1,39
[2] - Strato	4	2,40	4	Meyerhof ed altri	1,40
[3] - Strato	4	5,00	4	Meyerhof ed altri	1,40
[4] - Strato	7	6,40	7	Meyerhof ed altri	1,44
[5] -	5	7,60	5	Meyerhof ed altri	1,41
[6] -	6	9,20	6	Meyerhof ed altri	1,43

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] - Strato	3	1,00	3	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,86
[2] - Strato	4	2,40	4	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[3] - Strato	4	5,00	4	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[4] - Strato	7	6,40	7	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
[5] -	5	7,60	5	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88
[6] -	6	9,20	6	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	3	1,00	3	(A.G.I.)	0,35
[2] - Strato	4	2,40	4	(A.G.I.)	0,35
[3] - Strato	4	5,00	4	(A.G.I.)	0,35
[4] - Strato	7	6,40	7	(A.G.I.)	0,34
[5] -	5	7,60	5	(A.G.I.)	0,34
[6] -	6	9,20	6	(A.G.I.)	0,34

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	3	1,00	3	182,56	244,59
[2] - Strato	4	2,40	4	239,25	291,59
[3] - Strato	4	5,00	4	239,25	291,59
[4] - Strato	7	6,40	7	404,86	410,45
[5] -	5	7,60	5	295,08	334,18
[6] -	6	9,20	6	350,25	373,56

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

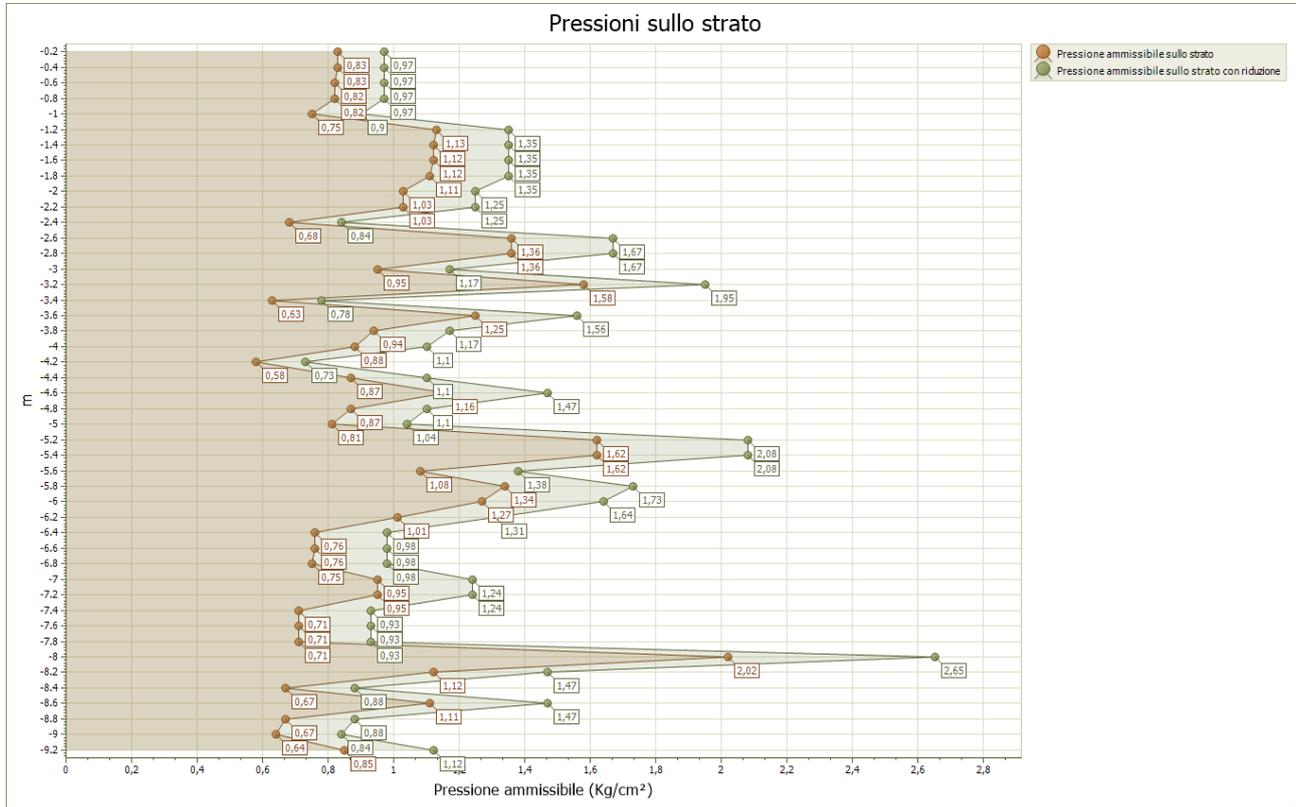
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato	3	1,00	3		---
[2] - Strato	4	2,40	4		---
[3] - Strato	4	5,00	4		---
[4] - Strato	7	6,40	7		---
[5] -	5	7,60	5		---
[6] -	6	9,20	6		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

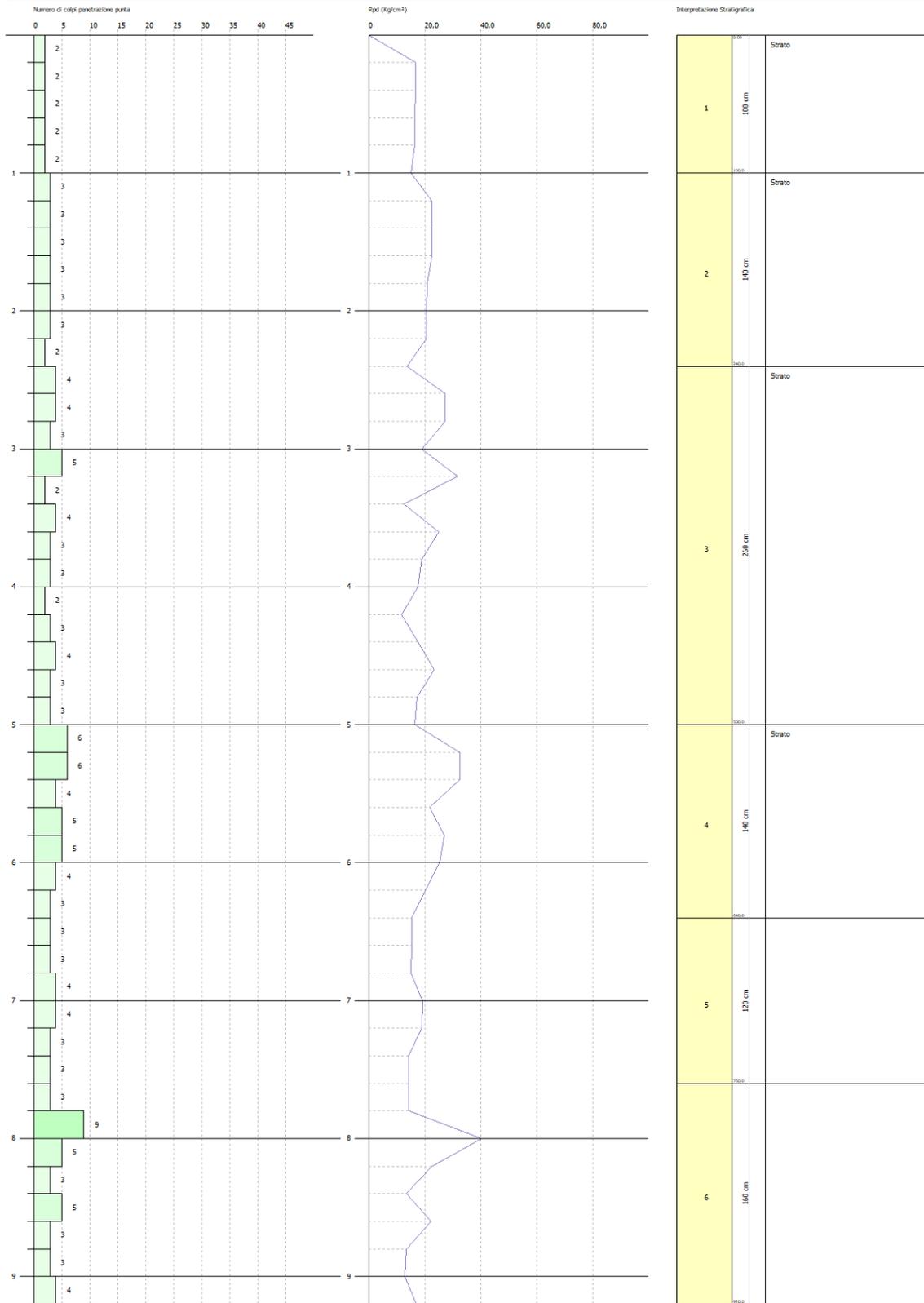
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Strato	3	1,00	3		---
[2] - Strato	4	2,40	4		---
[3] - Strato	4	5,00	4		---

[4] - Strato	7	6,40	7	---
[5] -	5	7,60	5	---
[6] -	6	9,20	6	---

PRESSIONE AMMISSIBILE SECONDO L'HERMINIER-OLANDESI - DPSH 2



In ascisse: pressioni in Kg/cm²
 In ordinate: profondità in metri



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA - DPSH 3

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 04/03/2019
 Profondità prova 9,20 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	5	0,855	41,53	48,59	2,08	2,43
0,40	2	0,851	16,54	19,44	0,83	0,97
0,60	3	0,847	24,69	29,15	1,23	1,46
0,80	4	0,843	32,78	38,87	1,64	1,94
1,00	5	0,840	37,75	44,95	1,89	2,25
1,20	4	0,836	30,07	35,96	1,50	1,80
1,40	2	0,833	14,97	17,98	0,75	0,90
1,60	2	0,830	14,92	17,98	0,75	0,90
1,80	2	0,826	14,86	17,98	0,74	0,90
2,00	2	0,823	13,77	16,73	0,69	0,84
2,20	3	0,820	20,58	25,09	1,03	1,25
2,40	3	0,817	20,50	25,09	1,03	1,25
2,60	4	0,814	27,24	33,45	1,36	1,67
2,80	3	0,811	20,36	25,09	1,02	1,25
3,00	2	0,809	12,65	15,64	0,63	0,78
3,20	3	0,806	18,91	23,46	0,95	1,17
3,40	3	0,803	18,84	23,46	0,94	1,17
3,60	3	0,801	18,78	23,46	0,94	1,17
3,80	2	0,798	12,48	15,64	0,62	0,78
4,00	3	0,796	17,53	22,02	0,88	1,10
4,20	3	0,794	17,48	22,02	0,87	1,10
4,40	4	0,791	23,24	29,36	1,16	1,47
4,60	4	0,789	23,17	29,36	1,16	1,47
4,80	4	0,787	23,11	29,36	1,16	1,47
5,00	5	0,785	27,15	34,59	1,36	1,73
5,20	4	0,783	21,66	27,67	1,08	1,38
5,40	3	0,781	16,21	20,75	0,81	1,04
5,60	3	0,779	16,17	20,75	0,81	1,04
5,80	6	0,777	32,26	41,50	1,61	2,08
6,00	2	0,775	10,14	13,08	0,51	0,65
6,20	4	0,774	20,24	26,16	1,01	1,31
6,40	6	0,772	30,29	39,24	1,51	1,96
6,60	4	0,770	20,15	26,16	1,01	1,31
6,80	4	0,769	20,11	26,16	1,01	1,31
7,00	2	0,767	9,52	12,40	0,48	0,62
7,20	2	0,766	9,50	12,40	0,47	0,62
7,40	4	0,764	18,96	24,81	0,95	1,24
7,60	2	0,763	9,46	12,40	0,47	0,62
7,80	6	0,761	28,33	37,21	1,42	1,86
8,00	4	0,760	17,93	23,59	0,90	1,18
8,20	4	0,759	17,89	23,59	0,89	1,18
8,40	4	0,757	17,86	23,59	0,89	1,18
8,60	5	0,756	22,29	29,49	1,11	1,47
8,80	3	0,755	13,35	17,69	0,67	0,88
9,00	4	0,753	16,94	22,48	0,85	1,12
9,20	4	0,752	16,91	22,48	0,85	1,12

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspst	NSPT	Descrizione
1,4	3,57	33,56	Incoerente - coesivo	0	0,0	0,0	0,0	1,5	5	
2	2	17,56	Incoerente - coesivo	0	0,0	0,0	0,0	1,5	3	
9,2	3,58	24,46	Incoerente - coesivo	0	0,0	0,0	0,0	1,5	5	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] -	5	1,40	0,31	0,63	0,25	0,20	0,49	1,01	0,45	0,81	0,25	0,89	0,63
[2] -	3	2,00	0,19	0,38	0,15	0,12	0,29	0,53	0,27	0,66	0,15	0,54	0,38
[3] -	5	9,20	0,31	0,63	0,25	0,20	0,49	0,73	0,45	0,81	0,25	0,89	0,63

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] -	5	1,40	Robertson (1983)	10,00
[2] -	3	2,00	Robertson (1983)	6,00
[3] -	5	9,20	Robertson (1983)	10,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	5	1,40	22,94	75,00	52,79	62,50
[2] -	3	2,00	13,76	45,00	32,39	37,50
[3] -	5	9,20	22,94	75,00	52,79	62,50

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	5	1,40	37,10	50,00
[2] -	3	2,00	14,10	30,00
[3] -	5	9,20	37,10	50,00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	5	1,40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] -	3	2,00	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[3] -	5	9,20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] -	5	1,40	Meyerhof	1,76
[2] -	3	2,00	Meyerhof	1,63
[3] -	5	9,20	Meyerhof	1,76

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] -	5	1,40	Meyerhof	1,88
[2] -	3	2,00	Meyerhof	1,86
[3] -	5	9,20	Meyerhof	1,88

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	5	1,40	27,06	56,12	0	20,83
[2] -	3	2,00	17,73	43,47	0	15,3
[3] -	5	9,20	27,06	56,12	0	20,83

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerh of 1956	Meyerh of (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerh of (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanes e National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	5	1,40	5	28,43	21,43	29,4	27,61	31,67	0	<30	23,66	28,5	33,05	25
[2] -	3	2,00	3	27,86	20,86	28,84	26,78	30,81	0	<30	21,71	27,9	28,59	22,75
[3] -	5	9,20	5	28,43	21,43	29,4	27,61	31,67	0	<30	23,66	28,5	33,05	25

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	5	1,40	5	---	40,00	---	---	---
[2] -	3	2,00	3	---	24,00	---	---	---
[3] -	5	9,20	5	---	40,00	---	---	---

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	5	1,40	5	---	37,73	35,50	60,30
[2] -	3	2,00	3	---	33,63	21,30	51,38
[3] -	5	9,20	5	---	37,73	35,50	60,30

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	5	1,40	5	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] -	3	2,00	3	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] -	5	9,20	5	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] -	5	1,40	5	Meyerhof ed altri	1,41
[2] -	3	2,00	3	Meyerhof ed altri	1,39
[3] -	5	9,20	5	Meyerhof ed altri	1,41

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] -	5	1,40	5	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88
[2] -	3	2,00	3	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,86
[3] -	5	9,20	5	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	5	1,40	5	(A.G.I)	0,34
[2] -	3	2,00	3	(A.G.I)	0,35
[3] -	5	9,20	5	(A.G.I)	0,34

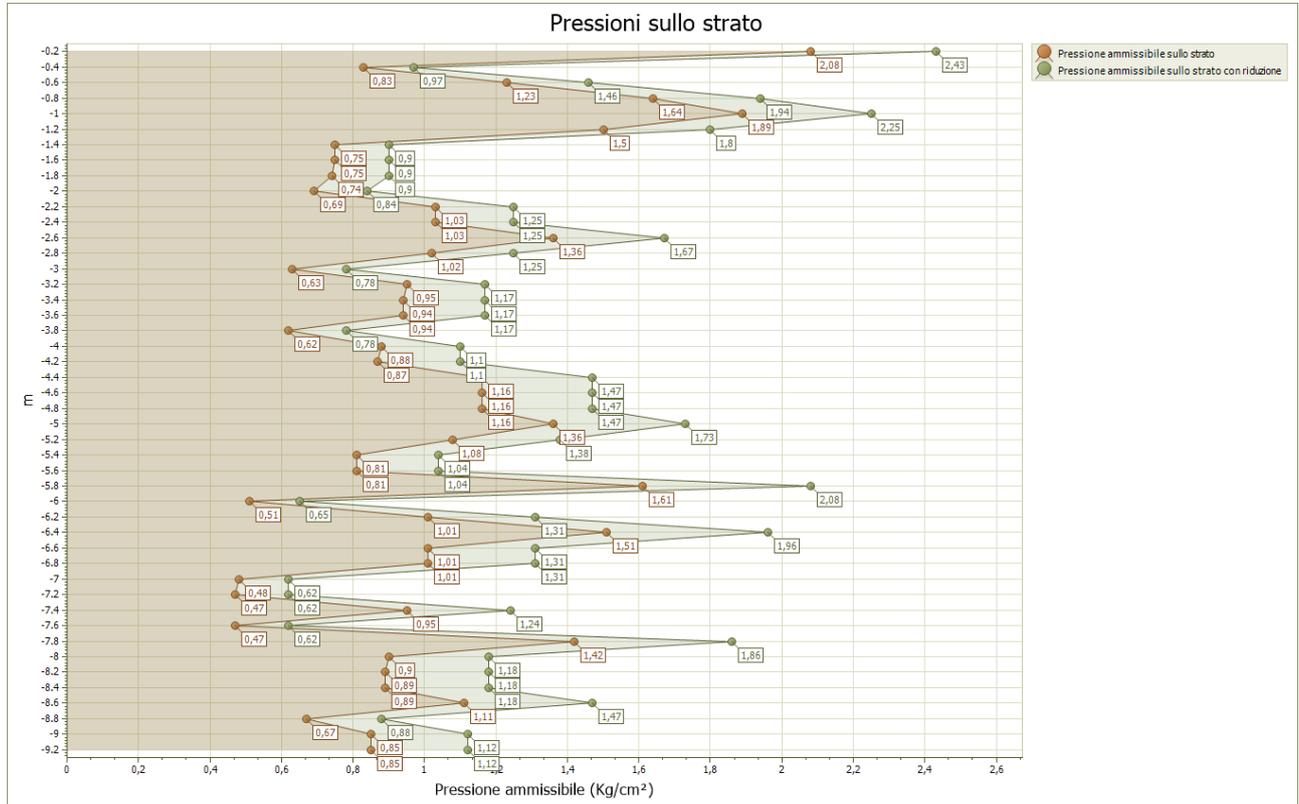
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	5	1,40	5	295,08	334,18
[2] -	3	2,00	3	182,56	244,59
[3] -	5	9,20	5	295,08	334,18

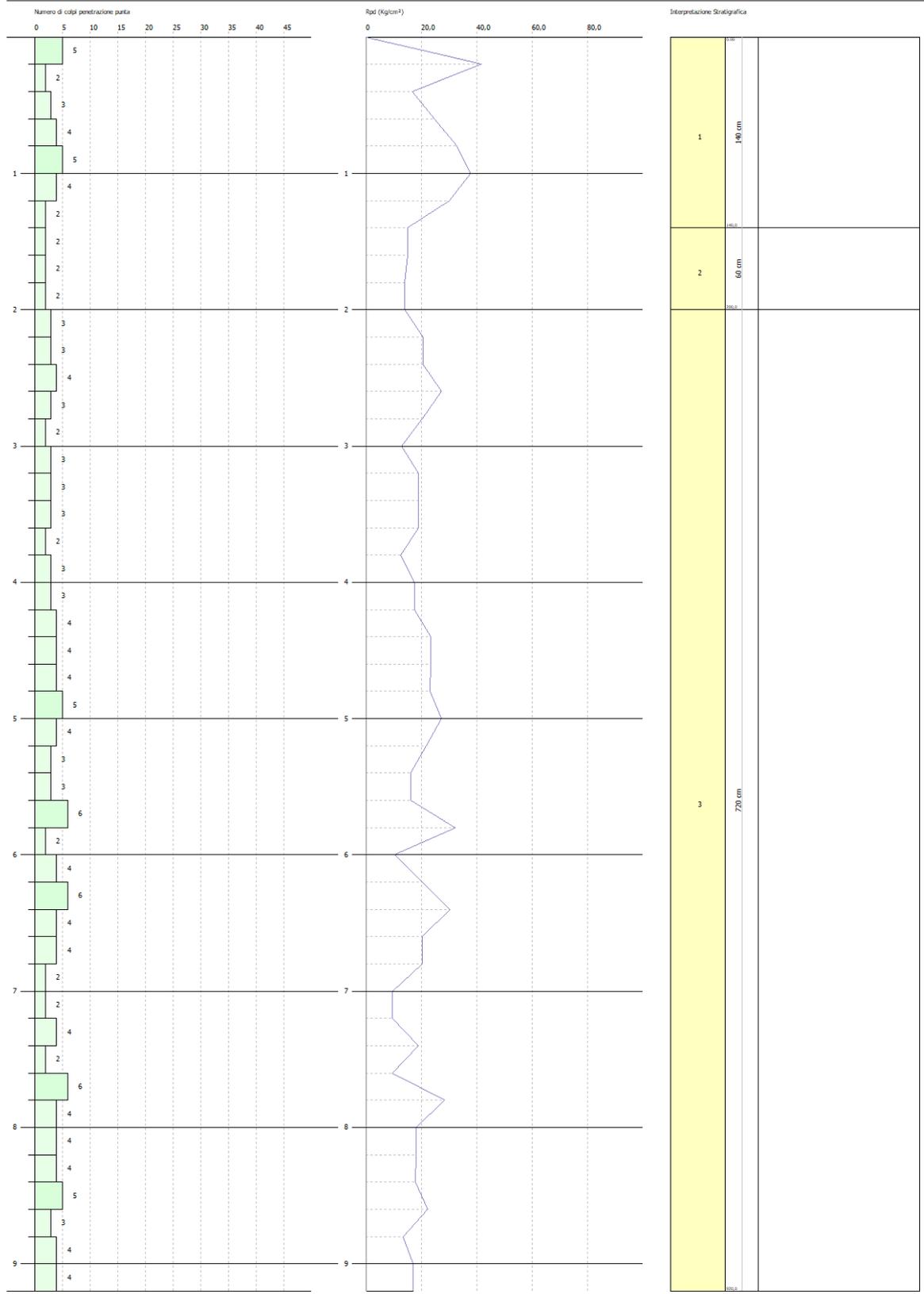
Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] -	5	1,40	5		---
[2] -	3	2,00	3		---
[3] -	5	9,20	5		---

PRESSIONE AMMISSIBILE SECONDO L'HERMINIER-OLANDESI - DPSH 3



In ascisse: pressioni in Kg/cm²
 In ordinate: profondità in metri



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA - DPSH 4

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 25/03/2019
 Profondità prova 9,60 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	0	0,855	0,00	0,00	0,00	0,00
0,40	0	0,851	0,00	0,00	0,00	0,00
0,60	10	0,847	82,31	97,18	4,12	4,86
0,80	6	0,843	49,17	58,31	2,46	2,92
1,00	4	0,840	30,20	35,96	1,51	1,80
1,20	6	0,836	45,11	53,94	2,26	2,70
1,40	5	0,833	37,44	44,95	1,87	2,25
1,60	5	0,830	37,29	44,95	1,86	2,25
1,80	5	0,826	37,14	44,95	1,86	2,25
2,00	4	0,823	27,54	33,45	1,38	1,67
2,20	4	0,820	27,44	33,45	1,37	1,67
2,40	5	0,817	34,17	41,82	1,71	2,09
2,60	4	0,814	27,24	33,45	1,36	1,67
2,80	5	0,811	33,93	41,82	1,70	2,09
3,00	5	0,809	31,61	39,09	1,58	1,95
3,20	4	0,806	25,21	31,27	1,26	1,56
3,40	5	0,803	31,41	39,09	1,57	1,95
3,60	5	0,801	31,31	39,09	1,57	1,95
3,80	4	0,798	24,97	31,27	1,25	1,56
4,00	4	0,796	23,37	29,36	1,17	1,47
4,20	5	0,794	29,13	36,70	1,46	1,84
4,40	6	0,791	34,86	44,04	1,74	2,20
4,60	6	0,789	34,76	44,04	1,74	2,20
4,80	6	0,787	34,67	44,04	1,73	2,20
5,00	5	0,785	27,15	34,59	1,36	1,73
5,20	4	0,783	21,66	27,67	1,08	1,38
5,40	6	0,781	32,42	41,50	1,62	2,08
5,60	4	0,779	21,56	27,67	1,08	1,38
5,80	4	0,777	21,51	27,67	1,08	1,38
6,00	4	0,775	20,29	26,16	1,01	1,31
6,20	5	0,774	25,30	32,70	1,27	1,64
6,40	4	0,772	20,20	26,16	1,01	1,31
6,60	4	0,770	20,15	26,16	1,01	1,31
6,80	6	0,769	30,17	39,24	1,51	1,96
7,00	5	0,767	23,79	31,01	1,19	1,55
7,20	4	0,766	18,99	24,81	0,95	1,24
7,40	5	0,764	23,70	31,01	1,18	1,55
7,60	3	0,763	14,19	18,61	0,71	0,93
7,80	4	0,761	18,89	24,81	0,94	1,24
8,00	3	0,760	13,44	17,69	0,67	0,88
8,20	4	0,759	17,89	23,59	0,89	1,18
8,40	4	0,757	17,86	23,59	0,89	1,18
8,60	8	0,756	35,67	47,18	1,78	2,36
8,80	7	0,755	31,16	41,28	1,56	2,06
9,00	4	0,753	16,94	22,48	0,85	1,12
9,20	3	0,752	12,69	16,86	0,63	0,84
9,40	3	0,751	12,67	16,86	0,63	0,84
9,60	12	0,750	50,59	67,45	2,53	3,37

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2	4,5	41,37	Incoerente - coesivo	0	1,81	1,89	0,18	1,5	6	
9,4	4,62	31,83	Incoerente - coesivo	0	1,81	1,89	1,03	1,5	6	
9,6	12	67,45	Incoerente	0	1,57	1,98	1,72	1,5	18	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH4

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] -	6	2,00	0,38	0,75	0,25	0,24	0,59	1,24	0,54	0,88	0,30	0,81	0,75
[2] -	6	9,40	0,38	0,75	0,25	0,24	0,59	0,96	0,54	0,88	0,30	0,00	0,75

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] -	6	2,00	Robertson (1983)	12,00
[2] -	6	9,40	Robertson (1983)	12,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	6	2,00	27,53	--	62,99	75,00
[2] -	6	9,40	27,53	--	62,99	75,00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	6	2,00	48,60	60,00
[2] -	6	9,40	48,60	60,00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	6	2,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] -	6	9,40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] -	6	2,00	Meyerhof	1,81
[2] -	6	9,40	Meyerhof	1,81

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] -	6	2,00	Meyerhof	1,89
[2] -	6	9,40	Meyerhof	1,89

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	6	2,00	26,76	54,8	63,07	23,45
[2] -	6	9,40	15,44	39,09	39,98	23,45
[3] -	18	9,60	29,38	57,31	59,14	48,14

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	6	2,00	6	28,71	21,71	29,68	31,61	32,09	0	<30	24,49	28,8	33,95	25,95
[2] -	6	9,40	6	28,71	21,71	29,68	27,83	32,09	0	<30	24,49	28,8	30,72	25,95
[3] -	18	9,60	18	32,14	25,14	33,04	28,51	36,45	36,02	30-32	31,43	32,4	37,71	33,97

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	6	2,00	6	---	48,00	---	---	---
[2] -	6	9,40	6	---	48,00	---	---	---
[3] -	18	9,60	18	302,84	144,00	213,10	315,00	165,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	6	2,00	6	---	39,79	42,60	64,76
[2] -	6	9,40	6	---	39,79	42,60	64,76
[3] -	18	9,60	18	108,00	64,44	127,80	118,28

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	6	2,00	6	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] -	6	9,40	6	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] -	18	9,60	18	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] -	6	2,00	6	Meyerhof ed altri	1,43
[2] -	6	9,40	6	Meyerhof ed altri	1,43
[3] -	18	9,60	18	Meyerhof ed altri	1,57

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] -	6	2,00	6	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
[2] -	6	9,40	6	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
[3] -	18	9,60	18	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,98

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	6	2,00	6	(A.G.I.)	0,34
[2] -	6	9,40	6	(A.G.I.)	0,34
[3] -	18	9,60	18	(A.G.I.)	0,32

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	6	2,00	6	350,25	373,56
[2] -	6	9,40	6	350,25	373,56
[3] -	18	9,60	18	983,72	730,94

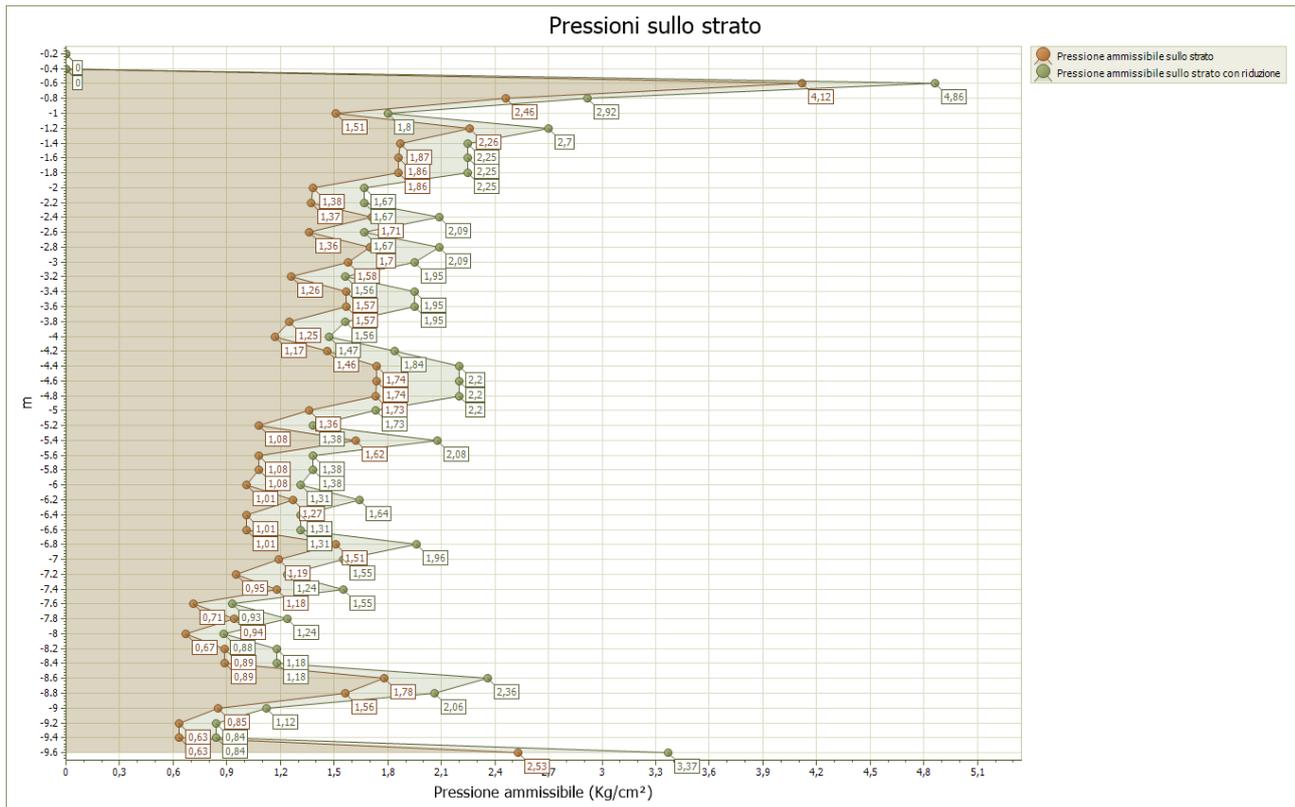
Coefficiente spinta a Riposo K₀=SigmaH/P₀

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K ₀
[1] -	6	2,00	6		---
[2] -	6	9,40	6		---
[3] -	18	9,60	18		---

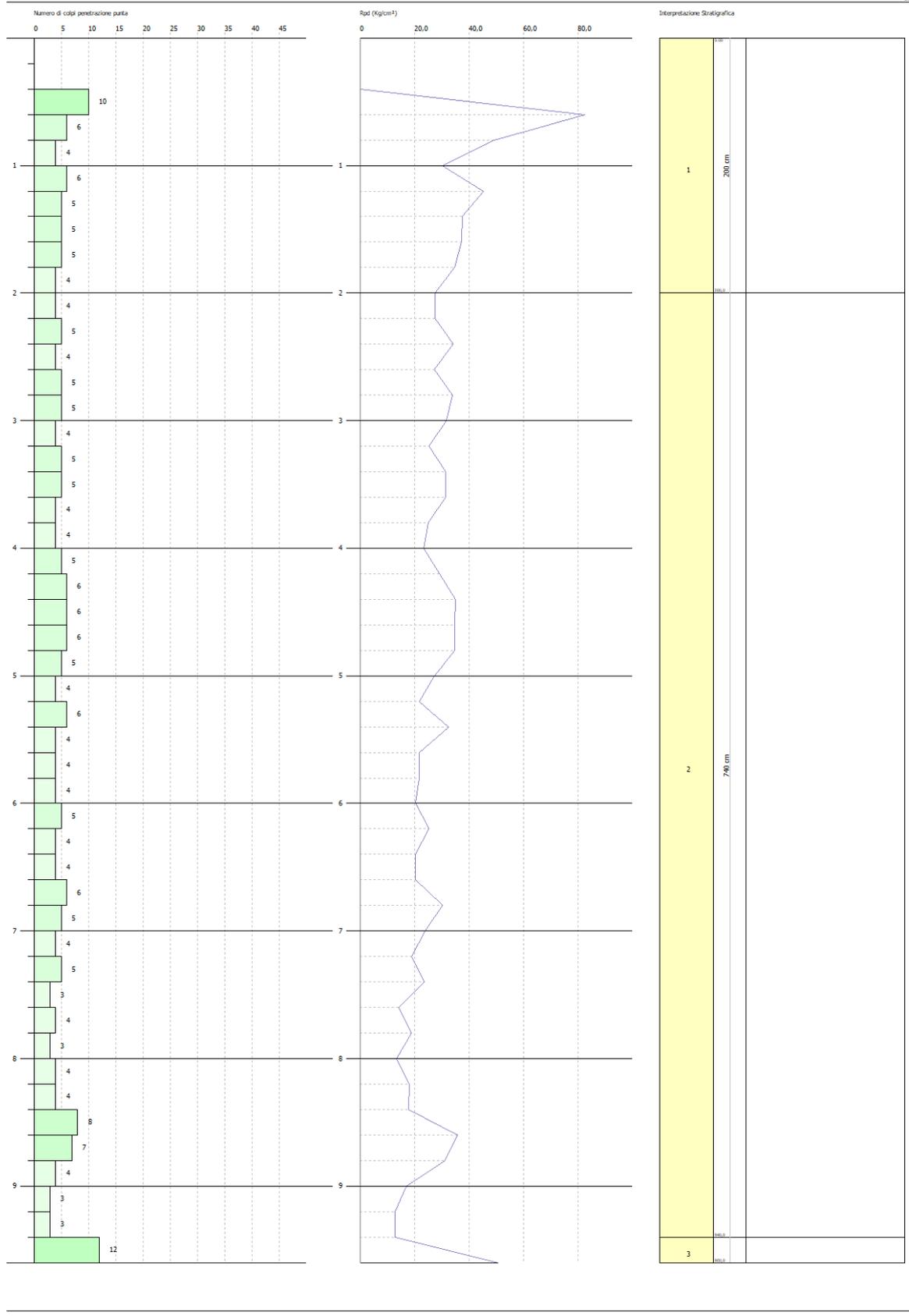
Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Q _c (Kg/cm ²)
[1] -	6	2,00	6		---
[2] -	6	9,40	6		---
[3] -	18	9,60	18		---

PRESSIONE AMMISSIBILE SECONDO L'HERMINIER-OLANDESI - DPSH 4



In ascisse: pressioni in Kg/cm²
 In ordinate: profondità in metri



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA - DPSH 5

Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 25/03/2019
 Profondità prova 5,20 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	0	0,855	0,00	0,00	0,00	0,00
0,40	1	0,851	8,27	9,72	0,41	0,49
0,60	6	0,847	49,39	58,31	2,47	2,92
0,80	7	0,843	57,37	68,02	2,87	3,40
1,00	6	0,840	45,30	53,94	2,26	2,70
1,20	3	0,836	22,55	26,97	1,13	1,35
1,40	4	0,833	29,95	35,96	1,50	1,80
1,60	5	0,830	37,29	44,95	1,86	2,25
1,80	6	0,826	44,57	53,94	2,23	2,70
2,00	6	0,823	41,31	50,18	2,07	2,51
2,20	6	0,820	41,15	50,18	2,06	2,51
2,40	6	0,817	41,00	50,18	2,05	2,51
2,60	6	0,814	40,86	50,18	2,04	2,51
2,80	5	0,811	33,93	41,82	1,70	2,09
3,00	6	0,809	37,94	46,91	1,90	2,35
3,20	6	0,806	37,81	46,91	1,89	2,35
3,40	6	0,803	37,69	46,91	1,88	2,35
3,60	6	0,801	37,57	46,91	1,88	2,35
3,80	5	0,798	31,21	39,09	1,56	1,95
4,00	6	0,796	35,06	44,04	1,75	2,20
4,20	7	0,794	40,78	51,38	2,04	2,57
4,40	7	0,791	40,67	51,38	2,03	2,57
4,60	6	0,789	34,76	44,04	1,74	2,20
4,80	6	0,787	34,67	44,04	1,73	2,20
5,00	8	0,785	43,44	55,34	2,17	2,77
5,20	6	0,783	32,50	41,50	1,62	2,08

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,4	0,5	4,86	Incoerente - coesivo	0	1,39	1,83	0,03	1,5	0	Strato
1,2	5,5	51,81	Incoerente - coesivo	0	1,9	1,91	0,13	1,5	8	Strato
5,2	5,95	46,79	Incoerente - coesivo	0	1,9	1,91	0,59	1,5	8	Strato

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH5

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Strato	0	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00
[2] - Strato	8	1,20	0,54	1,00	0,25	0,32	0,78	1,55	0,71	1,04	0,40	1,27	1,00
[3] - Strato	8	5,20	0,54	1,00	0,25	0,32	0,78	1,40	0,71	1,04	0,40	0,72	1,00

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strato	0	0,40	Robertson (1983)	---
[2] - Strato	8	1,20	Robertson (1983)	16,00
[3] - Strato	8	5,20	Robertson (1983)	16,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato	0	0,40	0,00	--	1,79	0,00
[2] - Strato	8	1,20	36,70	--	83,39	100,00
[3] - Strato	8	5,20	36,70	--	83,39	100,00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato	0	0,40	-20,40	0,00
[2] - Strato	8	1,20	71,60	80,00
[3] - Strato	8	5,20	71,60	80,00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	0	0,40	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] - Strato	8	1,20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - Strato	8	5,20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - Strato	0	0,40	Meyerhof	1,39
[2] - Strato	8	1,20	Meyerhof	1,90
[3] - Strato	8	5,20	Meyerhof	1,90

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - Strato	0	0,40	Meyerhof	1,83
[2] - Strato	8	1,20	Meyerhof	1,91
[3] - Strato	8	5,20	Meyerhof	1,91

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	0	0,40	0	0	0	6,23
[2] - Strato	8	1,20	33,53	65,13	78,67	28,4
[3] - Strato	8	5,20	25,66	52,34	53,16	28,4

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanes e National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato	0	0,40	0	27	20	28	32,78	29,47	0	<30	0	27	0	15
[2] - Strato	8	1,20	8	29,29	22,29	30,24	32,77	32,89	0	<30	25,95	29,4	36,65	27,65
[3] - Strato	8	5,20	8	29,29	22,29	30,24	29,52	32,89	0	<30	25,95	29,4	34,92	27,65

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	0	0,40	0	---	---	---	---	---
[2] - Strato	8	1,20	8	---	64,00	95,10	---	---
[3] - Strato	8	5,20	8	---	64,00	95,10	---	---

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	0	0,40	0	---	27,46	---	38,00
[2] - Strato	8	1,20	8	---	43,90	56,80	73,68
[3] - Strato	8	5,20	8	---	43,90	56,80	73,68

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	0	0,40	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - Strato	8	1,20	8	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] - Strato	8	5,20	8	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Strato	0	0,40	0	Meyerhof ed altri	1,34
[2] - Strato	8	1,20	8	Meyerhof ed altri	1,45
[3] - Strato	8	5,20	8	Meyerhof ed altri	1,45

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Strato	0	0,40	0	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,84
[2] - Strato	8	1,20	8	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
[3] - Strato	8	5,20	8	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	0	0,40	0	(A.G.I.)	0,35
[2] - Strato	8	1,20	8	(A.G.I.)	0,34
[3] - Strato	8	5,20	8	(A.G.I.)	0,34

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	0	0,40	0	---	---
[2] - Strato	8	1,20	8	459,01	445,35
[3] - Strato	8	5,20	8	459,01	445,35

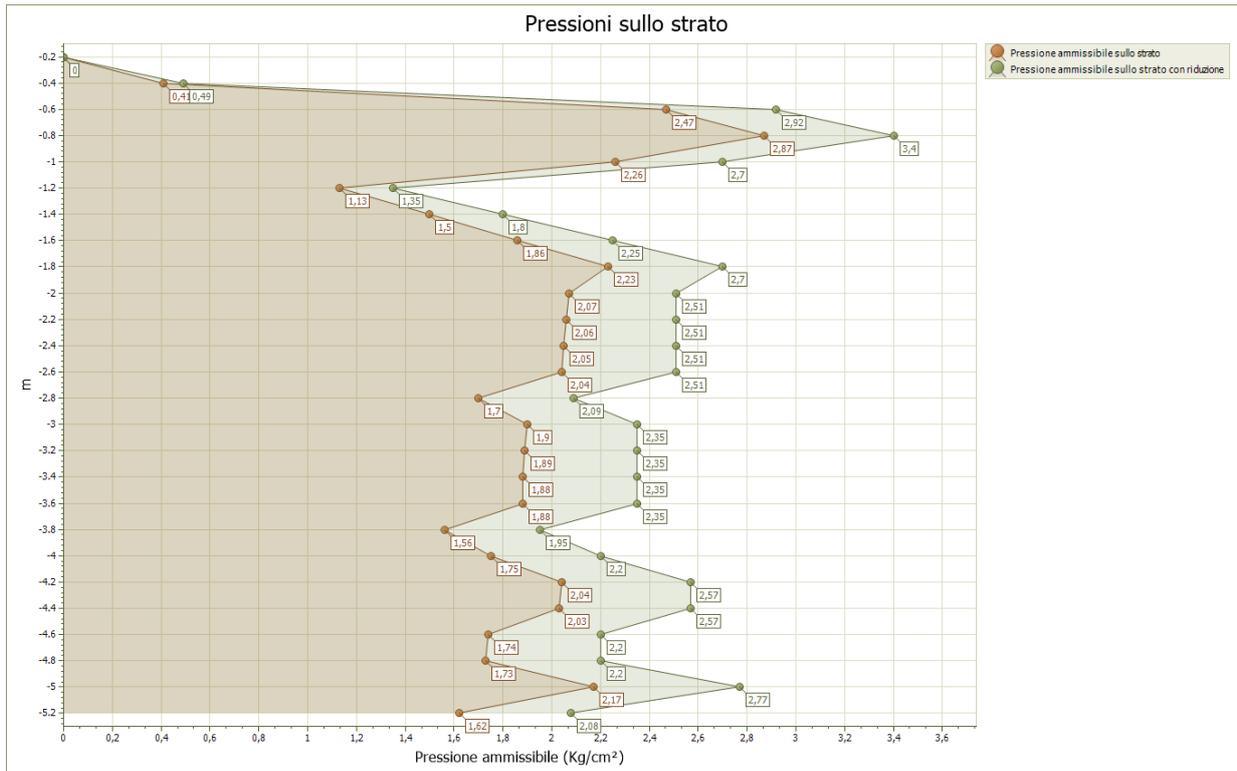
Coefficiente spinta a Riposo K₀=SigmaH/P₀

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K ₀
[1] - Strato	0	0,40	0		---
[2] - Strato	8	1,20	8		---
[3] - Strato	8	5,20	8		---

Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

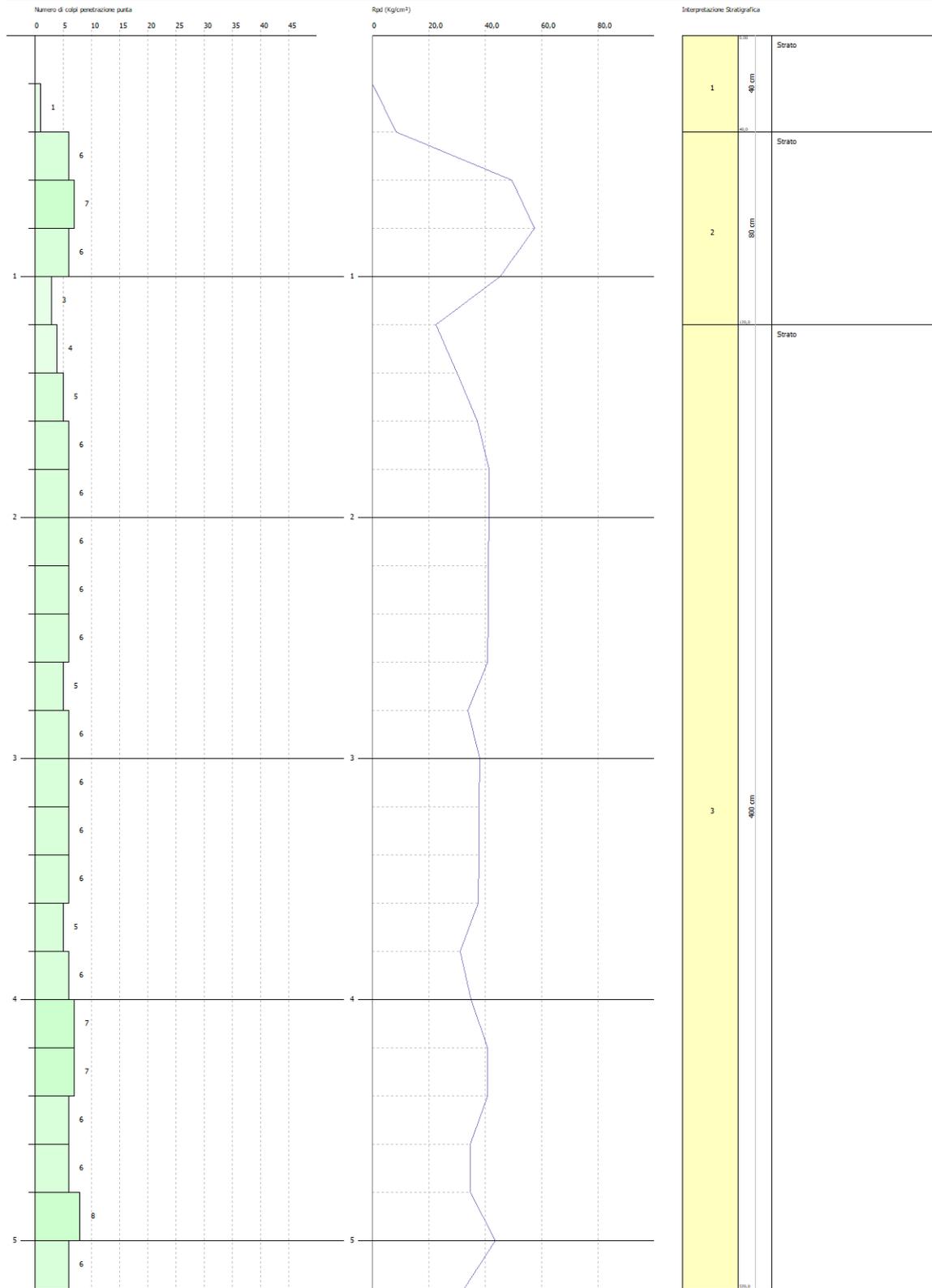
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Q _c (Kg/cm ²)
[1] - Strato	0	0,40	0		---
[2] - Strato	8	1,20	8		---
[3] - Strato	8	5,20	8		---

PRESSIONE AMMISSIBILE SECONDO L'HERMINIER-OLANDESI - DPSH 5



In ascisse: pressioni in Kg/cm²

In ordinate: profondità in metri



PROVA Spt1S2

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO
 Prova eseguita in data 07/03/2019
 Falda non rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
6,05	7
6,20	7
6,35	9

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Spt1S2 TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Strato	14,816	5,90-6,35	14,816	Gibbs & Holtz 1957	39,87

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	14,816	5,90-6,35	14,816	Sowers (1961)	32,15

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	14,816	5,90-6,35	14,816	Schmertmann (1978) (Sabbie)	118,53

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	14,816	5,90-6,35	14,816	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	57,90

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	14,816	5,90-6,35	14,816	Classificazione A.G.I.	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (1) Strato	14,816	5,90-6,35	14,816	Meyerhof ed altri	1,54

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
Strato (1) Strato	14,816	5,90-6,35	14,816	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,96

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Strato	14,816	5,90-6,35	14,816	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	14,816	5,90-6,35	14,816	Ohsaki (Sabbie pulite)	819,22

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) Strato	14,816	5,90-6,35	14,816	Navfac 1971-1982	3,09

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	14,816	5,90-6,35	14,816	Robertson 1983	29,63

PROVA Spt1S3

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Prova eseguita in data 08/03/2019

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
4,95	7
5,10	7
5,25	10

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Spt1S3

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Strato	15,742	4,80-5,25	15,742	Gibbs & Holtz 1957	42,71

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	15,742	4,80-5,25	15,742	Sowers (1961)	32,41

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	15,742	4,80-5,25	15,742	Schmertmann (1978) (Sabbie)	125,94

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	15,742	4,80-5,25	15,742	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	59,80

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	15,742	4,80-5,25	15,742	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
Strato (1) Strato	15,742	4,80-5,25	15,742	Meyerhof ed altri	1,55

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
Strato (1) Strato	15,742	4,80-5,25	15,742	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,96

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Strato	15,742	4,80-5,25	15,742	(A.G.I.)	0,32

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato (1) Strato	15,742	4,80-5,25	15,742	Ohsaki (Sabbie pulite)	867,26

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{vh} / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K_0
Strato (1) Strato	15,742	4,80-5,25	15,742	Navfac 1971-1982	3,27

Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Q_c (Kg/cm²)
Strato (1) Strato	15,742	4,80-5,25	15,742	Robertson 1983	31,48

PROVA Spt1S4

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO
 Prova eseguita in data 08/03/2019
 Falda non rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
7,45	3
7,60	6
7,75	9

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Spt1S4

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Strato	13,89	7,30-7,75	13,89	Gibbs & Holtz 1957	36,77

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	13,89	7,30-7,75	13,89	Sowers (1961)	31,89

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	13,89	7,30-7,75	13,89	Schmertmann (1978) (Sabbie)	111,12

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	13,89	7,30-7,75	13,89	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	56,00

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	13,89	7,30-7,75	13,89	Classificazione A.G.I	MODERATAMENT E ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (1) Strato	13,89	7,30-7,75	13,89	Meyerhof ed altri	1,53

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
Strato (1) Strato	13,89	7,30-7,75	13,89	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,95

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Strato	13,89	7,30-7,75	13,89	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	13,89	7,30-7,75	13,89	Ohsaki (Sabbie pulite)	771,00

Coefficiente spinta a Riposo K₀=Sigma_H/P₀

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K ₀
Strato (1) Strato	13,89	7,30-7,75	13,89	Navfac 1971-1982	2,91

Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Q _c (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	13,89	7,30-7,75	13,89	Robertson 1983	27,78

PROVA Spt2S4

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO
 Prova eseguita in data 08/03/2019
 Falda non rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
12,15	11
12,30	15
12,45	23

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Spt2S4 TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Strato	35,188	12,00-12,45	35,188	Gibbs & Holtz 1957	50,98

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	35,188	12,00-12,45	35,188	Sowers (1961)	37,85

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato (1) Strato	35,188	12,00-12,45	35,188	Schmertmann (1978) (Sabbie)	281,50

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato (1) Strato	35,188	12,00-12,45	35,188	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	99,74

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	35,188	12,00-12,45	35,188	Classificazione A.G.I.	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
Strato (1) Strato	35,188	12,00-12,45	35,188	Meyerhof ed altri	1,74

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
Strato (1) Strato	35,188	12,00-12,45	35,188	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,08

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Strato	35,188	12,00-12,45	35,188	(A.G.I.)	0,28

ALLEGATO 3.25

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	35,188	12,00-12,45	35,188	Ohsaki (Sabbie pulite)	1847,24

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K ₀
Strato (1) Strato	35,188	12,00-12,45	35,188	Navfac 1971-1982	6,30

Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Q _c (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	35,188	12,00-12,45	35,188	Robertson 1983	70,38

INDAGINI SISMICHE MASW: TEORIA ED ELABORAZIONE

TEORIA SU INDAGINE SISMICA MASW:

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- 1 **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- 2 **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- 3 **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- 4 **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

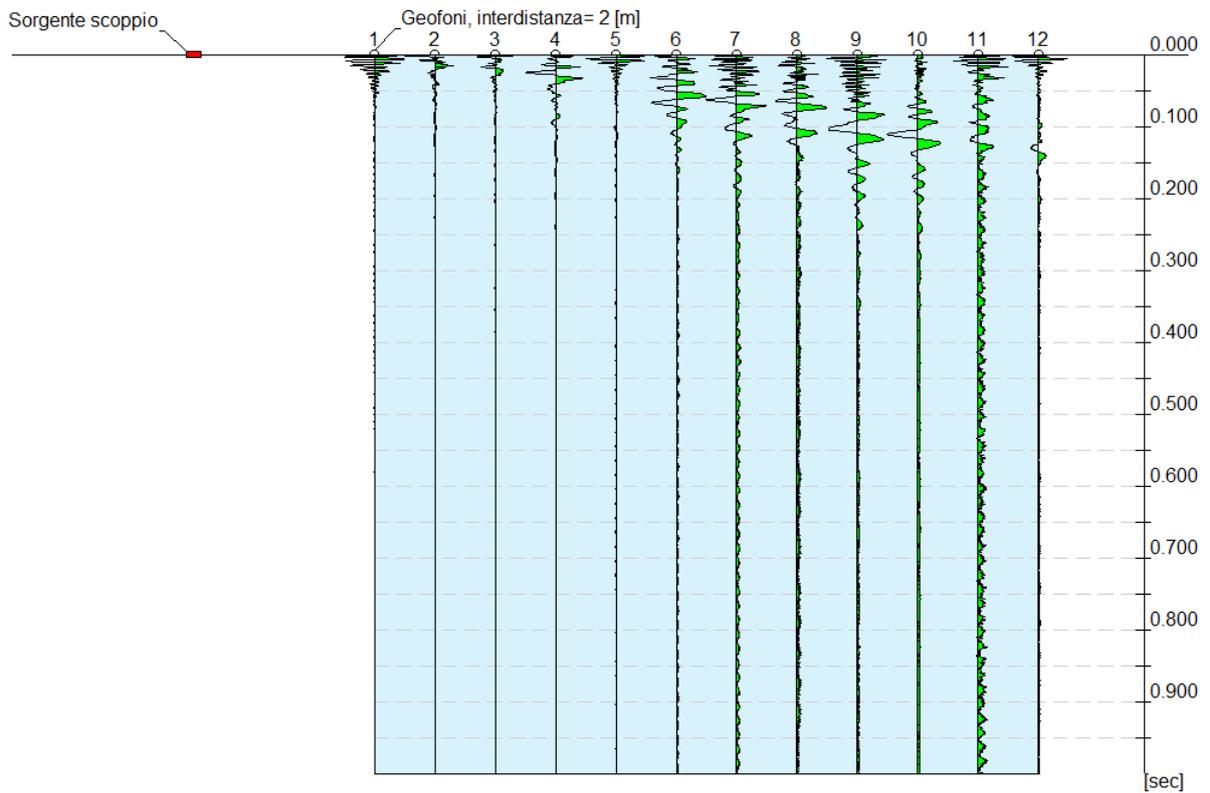
Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

ELABORAZIONE PROVA MASW N°1

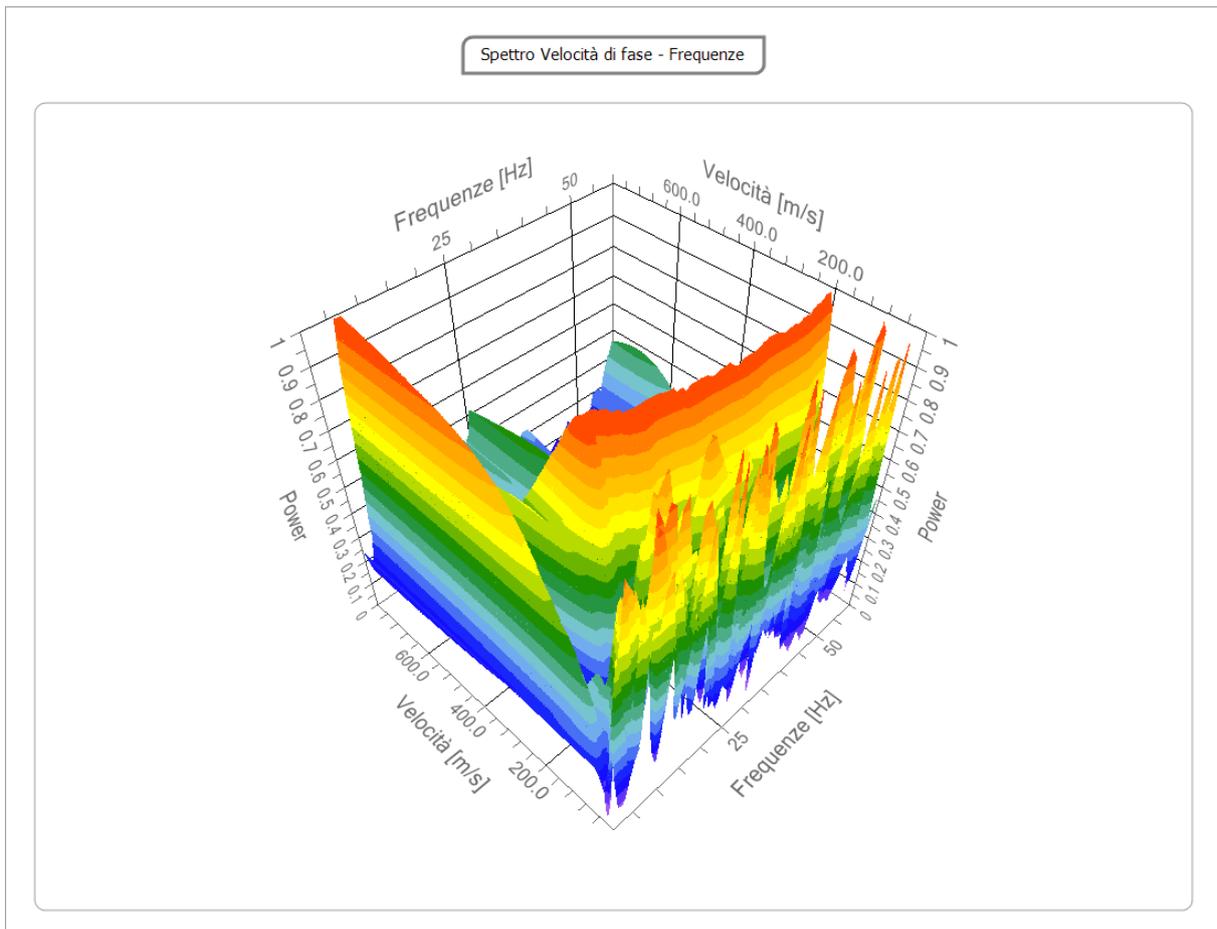
Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	0.50



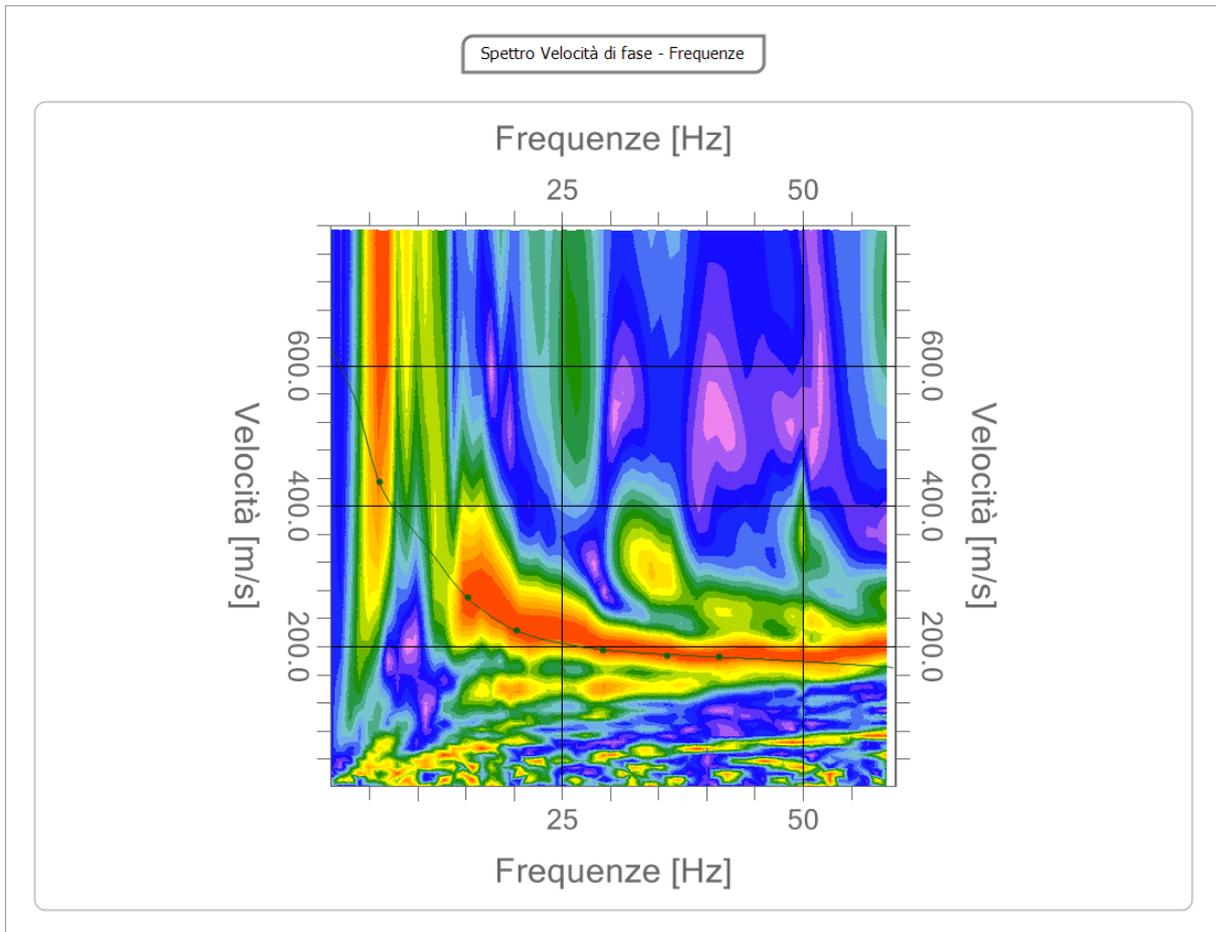
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



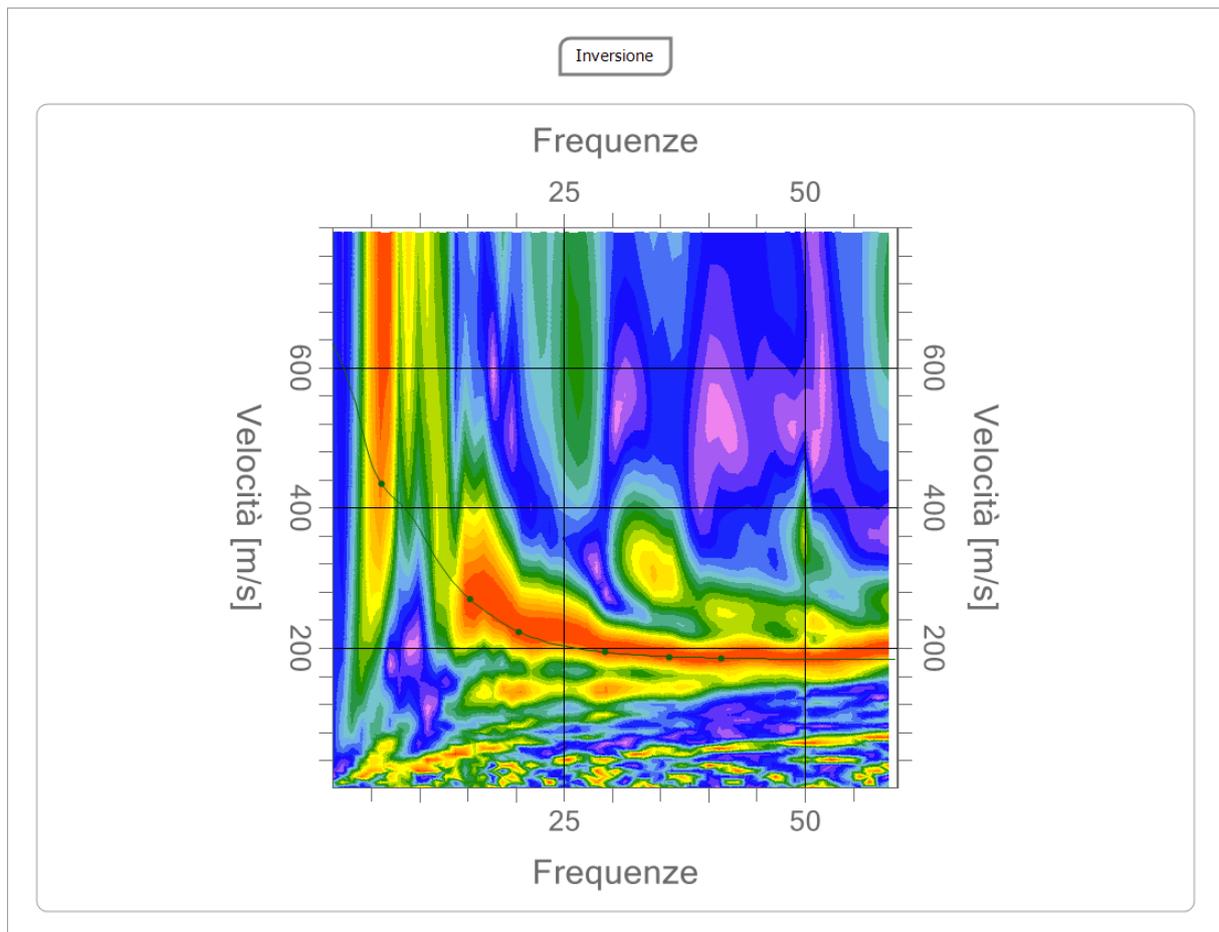
Curva di dispersione

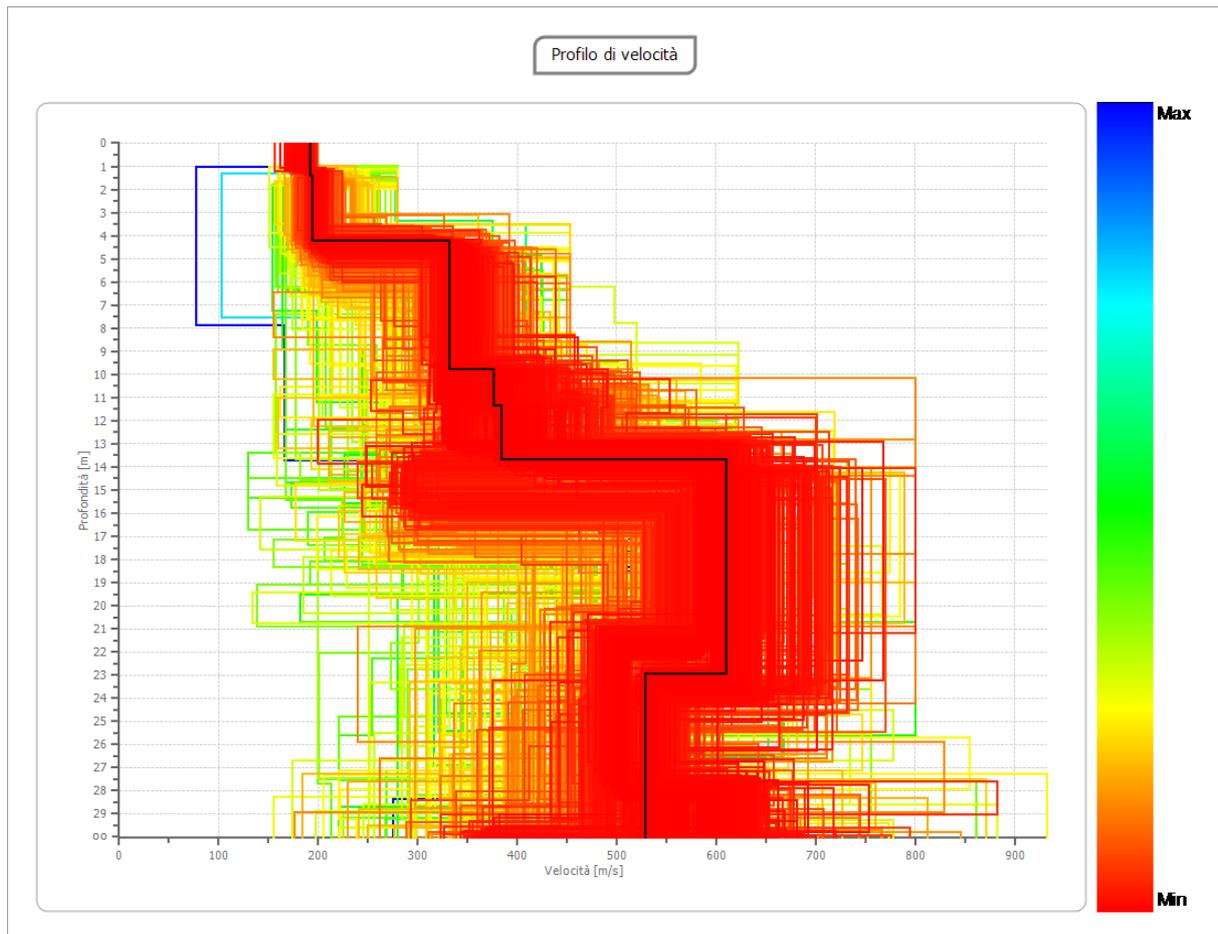
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	6.0	434.0	0
2	15.3	269.0	0
3	20.3	223.2	0
4	29.2	193.8	0
5	35.9	187.3	0
6	41.3	185.6	0



Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vs [m/sec]
1	1.43	1.43	1800.0	0.5	No	191.4
2	4.24	2.82	1800.0	0.3	No	193.8
3	9.79	5.54	1800.0	0.3	No	332.2
4	11.38	1.59	1800.0	0.3	No	376.6
5	13.71	2.33	1800.0	0.3	Si	384.0
6	22.95	9.24	1800.0	0.3	Si	609.7
7	30.43	7.48	1800.0	0.3	No	528.9
8	32.90	2.46	1800.0	0.3	No	605.9
9	37.67	4.78	1800.0	0.3	No	338.9
10	∞	∞	1800.0	0.3	No	711.2





Risultati masw n.1

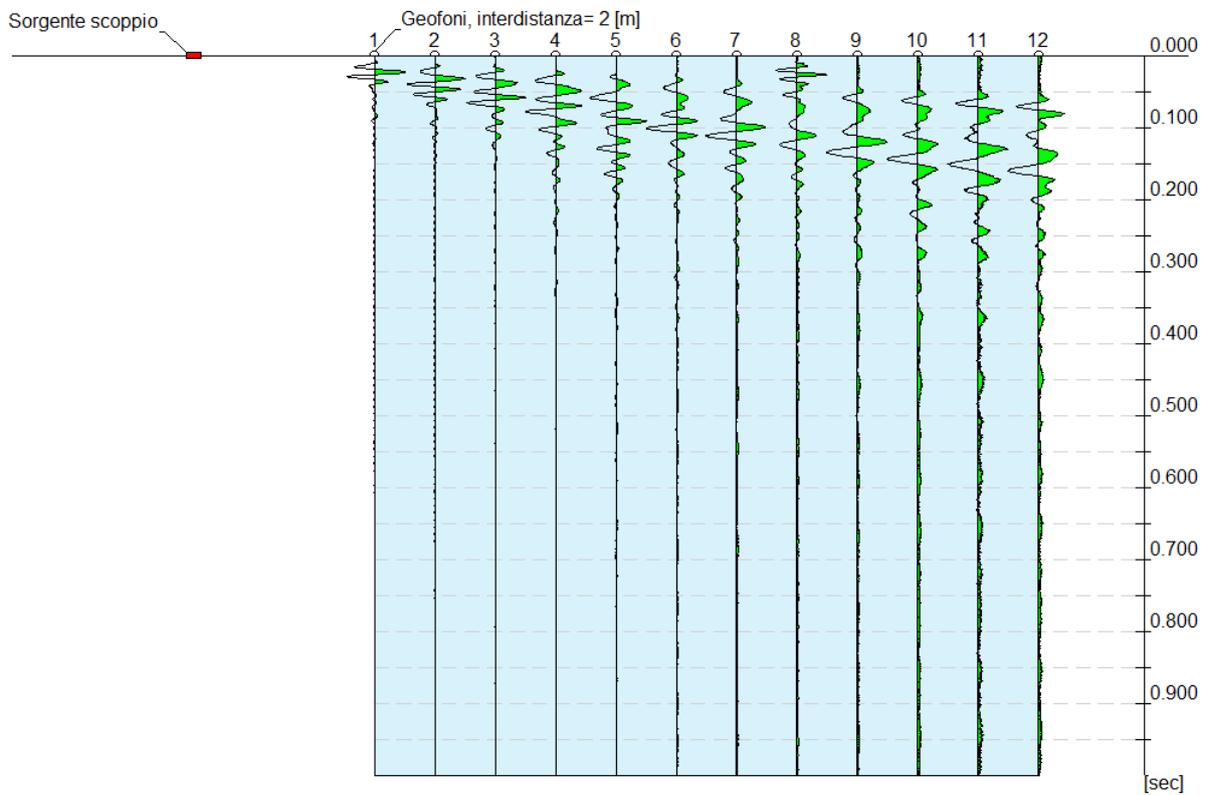
Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	387.32
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: 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.

ELABORAZIONE PROVA MASW N°2

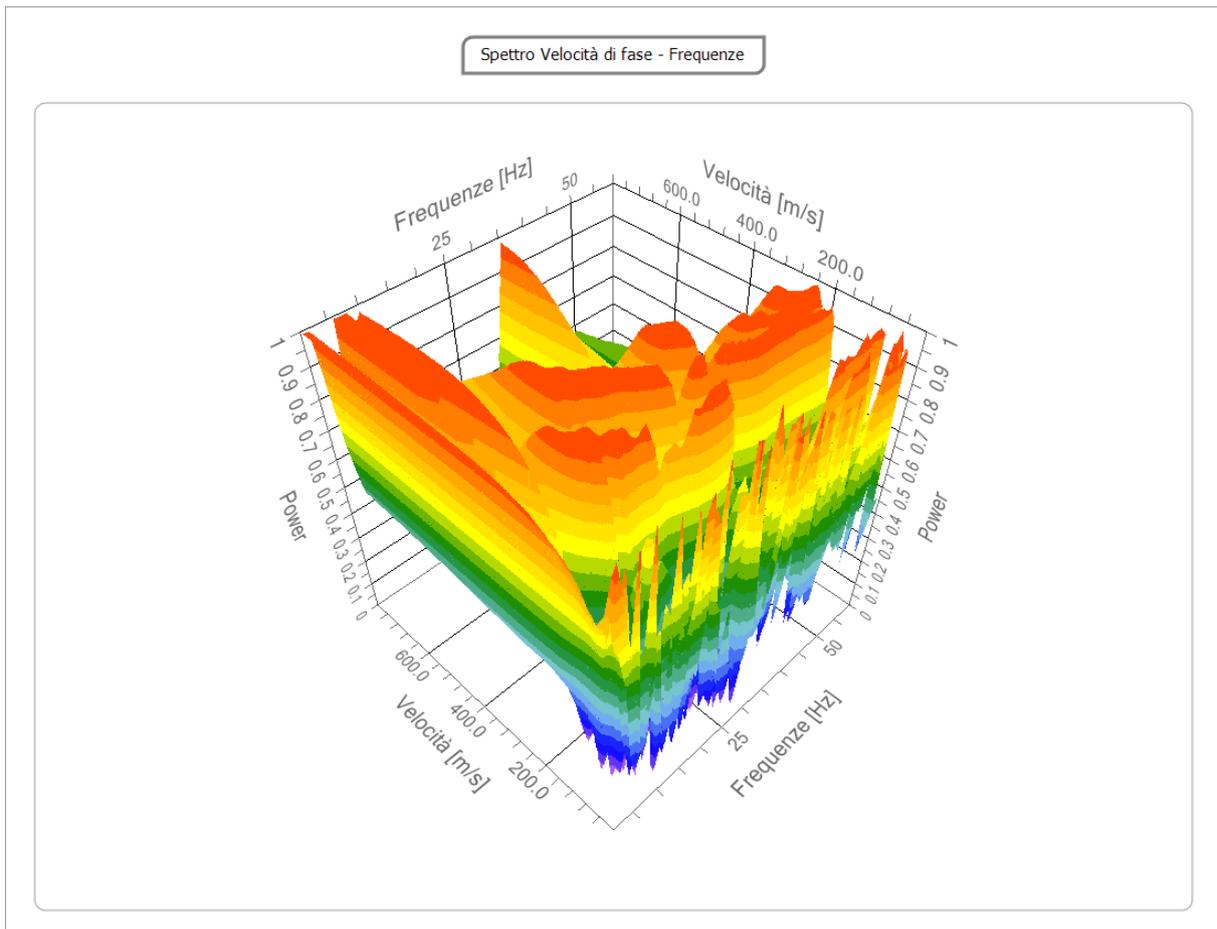
Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	0.50



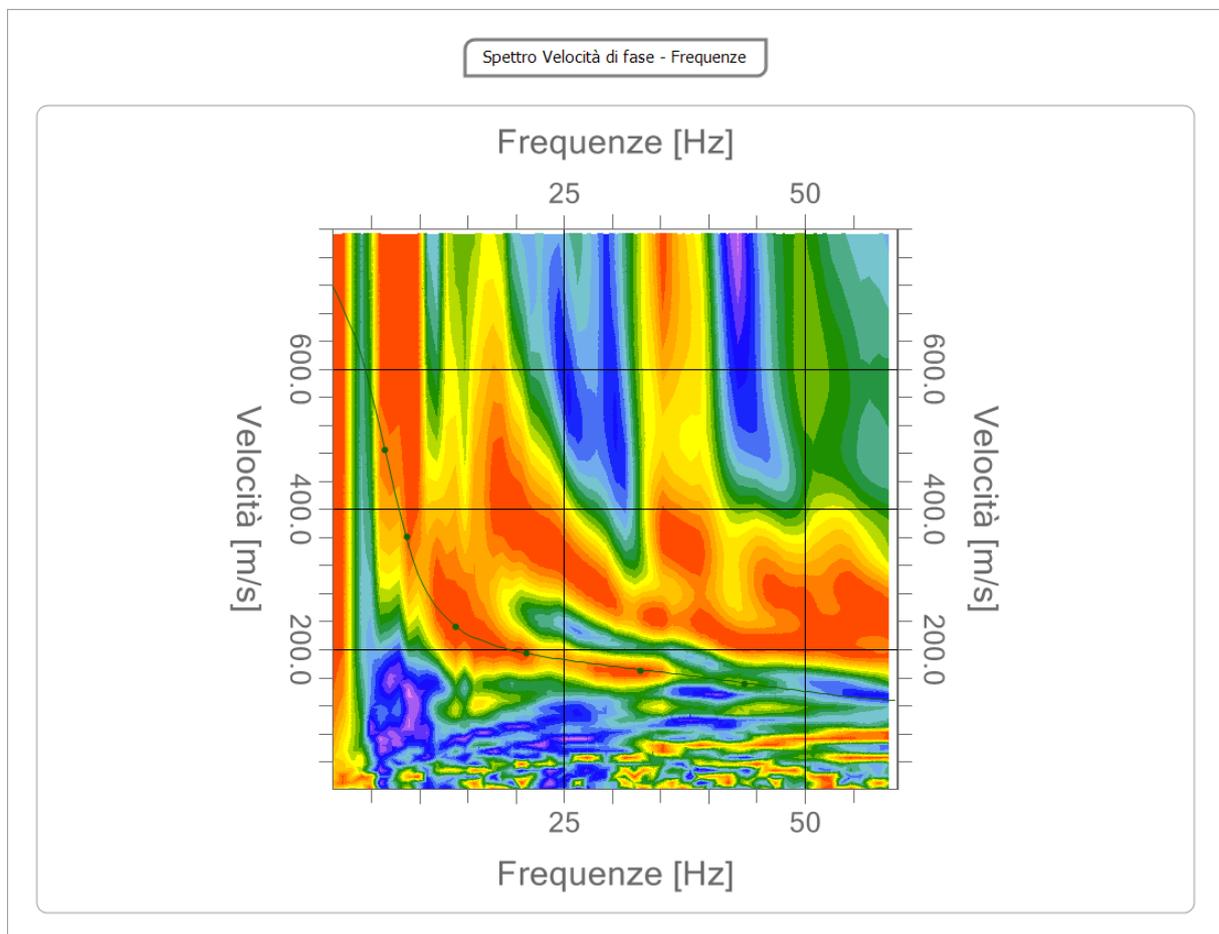
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



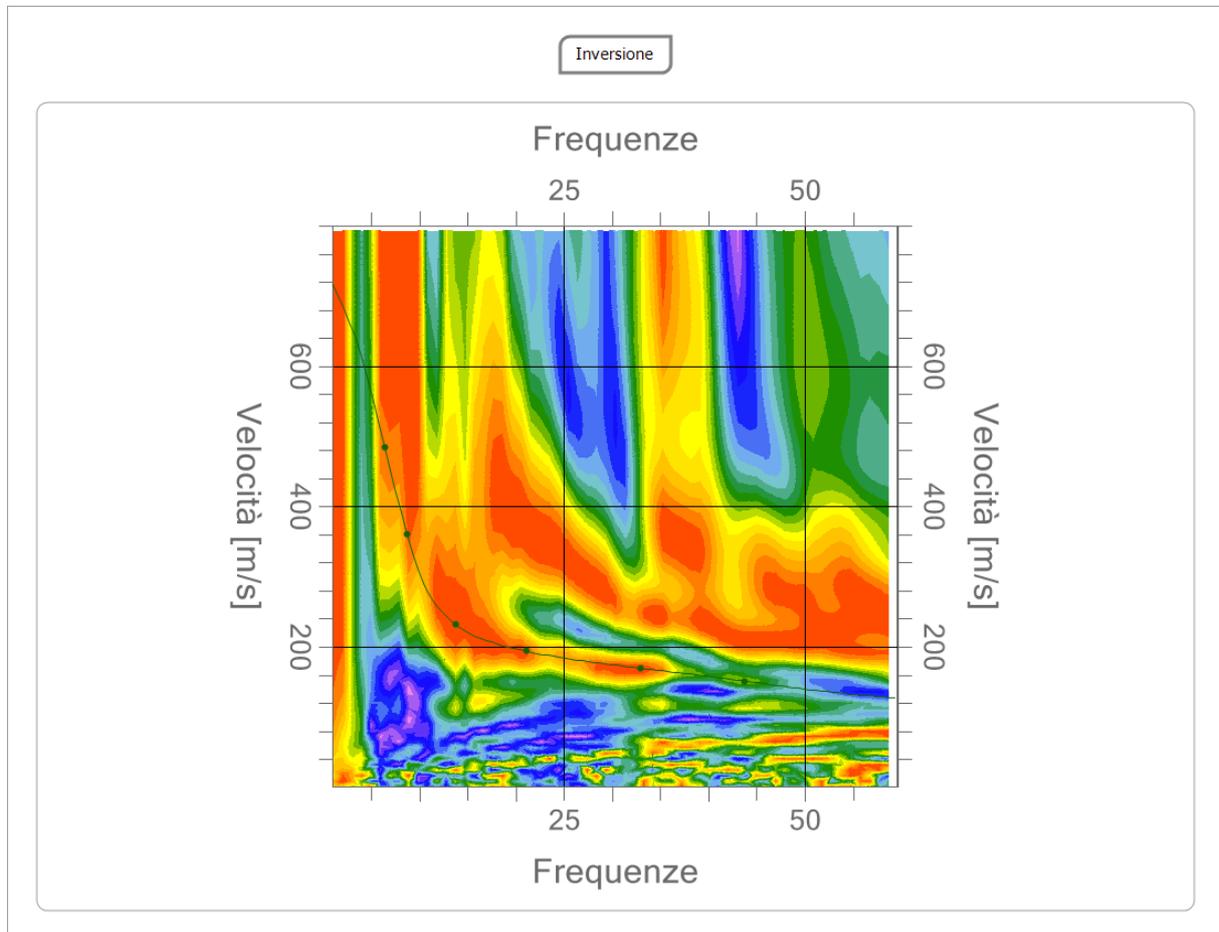
Curva di dispersione

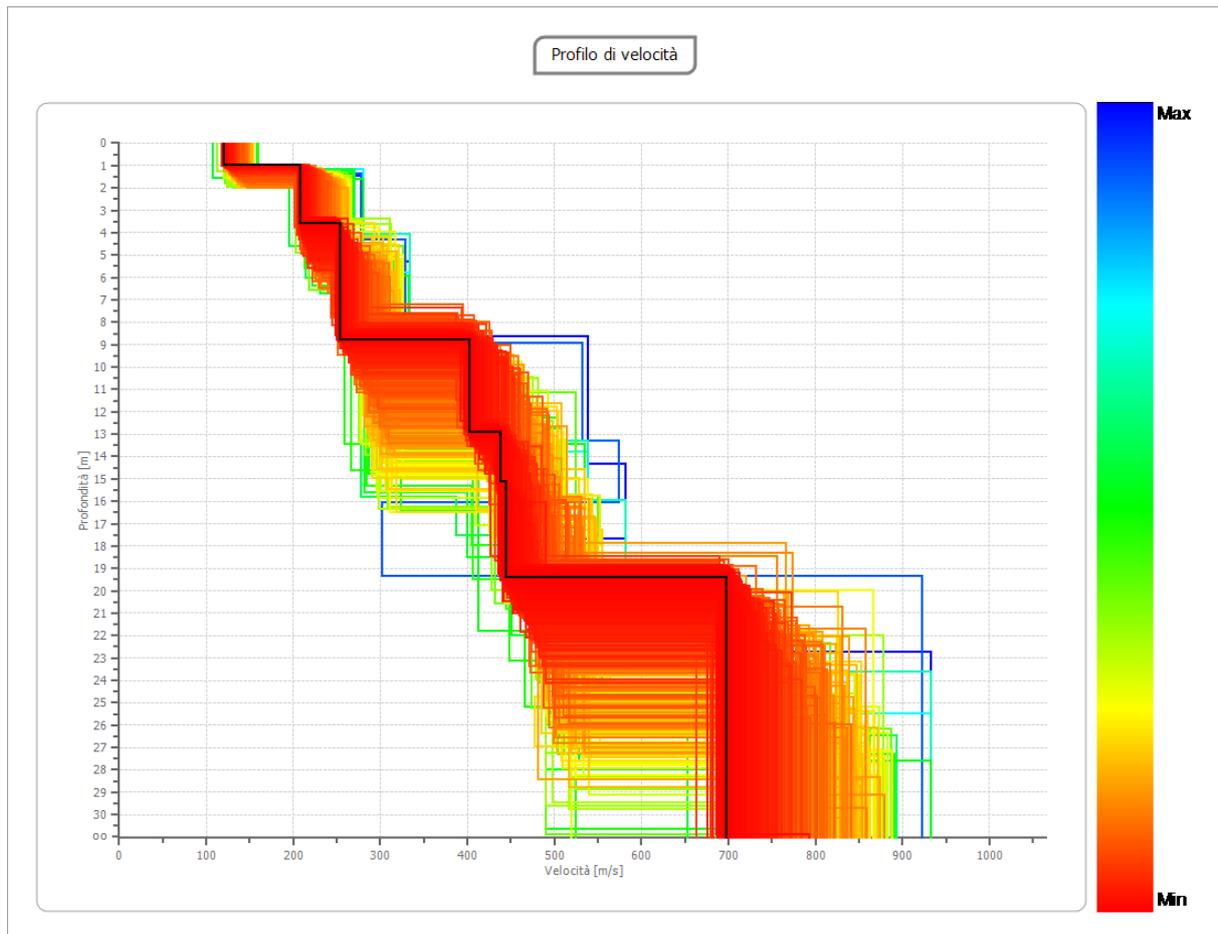
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	6.4	484.6	0
2	8.7	360.5	0
3	13.7	231.4	0
4	21.1	193.8	0
5	32.9	169.3	0
6	43.7	151.3	0



Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vs [m/sec]
1	1.00	1.00	1800.0	0.3	No	120.7
2	3.60	2.60	1800.0	0.3	No	207.6
3	8.77	5.17	1800.0	0.3	No	254.0
4	12.93	4.16	1800.0	0.3	No	402.7
5	15.13	2.20	1800.0	0.3	No	438.0
6	19.40	4.28	1800.0	0.3	No	444.3
7	32.53	13.13	1800.0	0.3	Si	697.5
8	oo	oo	1800.0	0.3	No	799.2





Risultati masw n.2

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	368.82
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: 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.

PROVA SISMICA DOWN-HOLE IN FORO

Nel metodo sismico down hole (DH) viene misurato il tempo necessario per le onde P e S di spostarsi tra una sorgente sismica, posta in superficie, e i ricevitori, posti all'interno di un foro di sondaggio (figura 1).

Le componenti indispensabili per una misura DH accurata consistono:

- ✓ una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche ricche di energia e direzionali;
- ✓ uno o più geofoni tridimensionali, con appropriata risposta in frequenza (4,5-14 Hz), direzionali e dotati di un sistema di ancoraggio alle pareti del tubo-foro;
- ✓ un sismografo multi-canale, in grado di registrare le forme d'onda in modo digitale e di registrarle su memoria di massa;
- ✓ un trasduttore (*trigger*) alloggiato nella sorgente necessario per l'identificazione dell'istante di partenza della sollecitazione dinamica mediante massa battente.

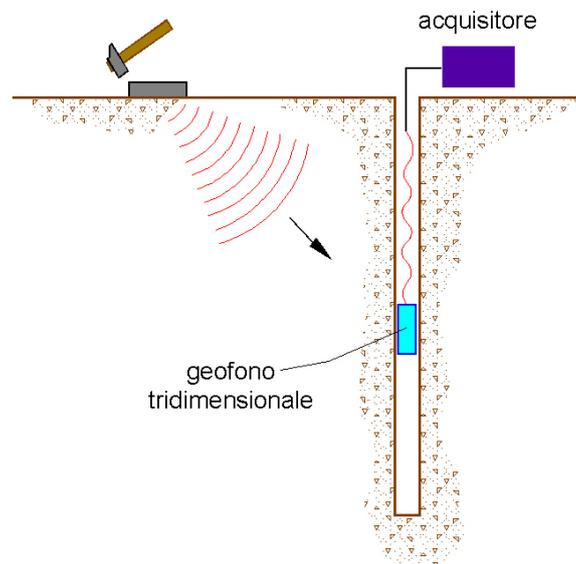


Figura 2 – - Schema down-hole ad un solo ricevitore

Durante la perforazione, per ridurre l'effetto di disturbo nel terreno, i fori vengono sostenuti mediante fanghi bentonici e il loro diametro viene mantenuto piuttosto piccolo (mediamente 15 cm).

I fori vengono poi rivestiti mediante tubazioni, generalmente in PVC, e riempiti con una malta a ritiro controllato, generalmente composta di acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso.

Prima di ogni cosa, è però importante assicurarsi che il foro sia libero da strozzature e che il tubo di rivestimento non presenti lesioni.

Procedura sperimentale

La sorgente consiste in una piastra di alluminio che, dopo avere opportunamente predisposto il piano di appoggio, viene adagiata in superficie ad una distanza di 1,5 – 2,5 m dal foro e orientata in direzione ortogonale ad un raggio uscente dall'asse foro. Alla sorgente è agganciato il trasduttore di velocità utilizzato come *trigger*.

Se si dispone di due ricevitori, questi vengono collegati in modo da impedirne la rotazione relativa e da fissarne la distanza. Il primo dei due ricevitori viene raccordato ad una batteria di aste che ne permette l'orientamento dalla superficie e lo spostamento.

Una volta raggiunta la profondità di prova, i geofoni vengono orientati in modo che un trasduttore di ogni sensore sia diretto parallelamente all'asse della sorgente (orientamento assoluto).

A questo punto i ricevitori vengono assicurati alle pareti del tubo di rivestimento, la sorgente viene colpita in senso verticale (per generare onde di compressione P) o lateralmente (per generare onde di taglio SH) e, contemporaneamente, parte la registrazione del segnale di *trigger* e dei ricevitori.

Eseguite le registrazioni la profondità dei ricevitori viene modificata e la procedura sperimentale ripetuta.

Interpretazione down hole con il metodo diretto

Per poter interpretare il down hole con il metodo diretto, inizialmente, bisogna correggere i tempi di tragitto (t) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde. Se d è la distanza della sorgente dall'asse del foro (figura 2), r la distanza fra la sorgente e la tripletta di sensori, z la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti (t_{corr}) mediante la seguente formula di conversione:

$$1.0) t_{corr} = \frac{z}{r} t$$

Calcolati i tempi corretti sia per le onde P che per le onde S si realizza il grafico $t_{corr} - z$ in modo che la velocità media delle onde sismiche in strati omogenei di terreno è rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali.

Ottenuti graficamente i sismostrati si ottengono la densità media, funzione della velocità e della profondità, e i seguenti parametri:

1) coefficiente di Poisson medio:

$$2.0) \nu_{\text{medio}} = 0.5 \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1}$$

2) modulo di deformazione a taglio medio:

$$3.0) G_{\text{medio}} = \rho V_s^2$$

3) modulo di compressibilità edometrica medio:

$$4.0) E_{\text{dmedio}} = \rho V_p^2$$

4) modulo di Young medio:

$$5.0) E_{\text{medio}} = 2\rho V_s^2 (1 + \nu)$$

5) modulo di compressibilità volumetrica medio:

$$6.0) E_{\text{vmedio}} = \rho \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

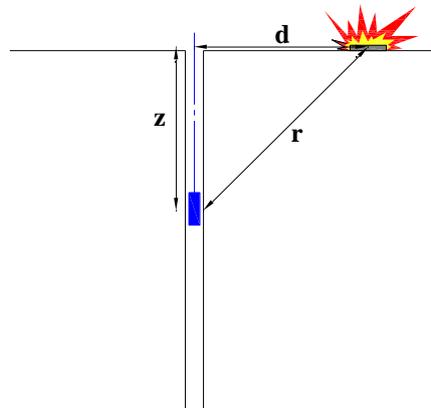


Figura 2 – Schema di down hole con metodo diretto

MISURE DOWN HOLE n.1

Interpretazione delle misure

Dati iniziali

Offset scoppio [m]	Numero di ricezioni	Posizione primo geofono [m]	Interdistanza [m]
2	30	1	1

Dati misure down hole

Registrazioni Nr.	Z [m]	Tp [msec]	Ts [msec]
1	1,00	3,50	8,60
2	2,00	4,00	13,50
3	3,00	5,00	17,00
4	4,00	5,90	20,20
5	5,00	6,80	22,60
6	6,00	8,70	24,90
7	7,00	10,10	27,40
8	8,00	11,90	29,90
9	9,00	12,70	34,00
10	10,00	15,00	36,40
11	11,00	15,80	38,50
12	12,00	17,50	40,50
13	13,00	18,50	43,00
14	14,00	19,80	45,80
15	15,00	20,20	47,20
16	16,00	21,00	49,00
17	17,00	22,50	50,50
18	18,00	23,00	52,00
19	19,00	24,00	54,00
20	20,00	25,00	55,50
21	21,00	26,00	58,00
22	22,00	27,30	60,00
23	23,00	28,50	62,80
24	24,00	29,50	64,60
25	25,00	31,00	67,00
26	26,00	32,00	69,00
27	27,00	32,80	70,50
28	28,00	33,50	72,00
29	29,00	34,50	74,00
30	30,00	36,00	77,00

Risultati

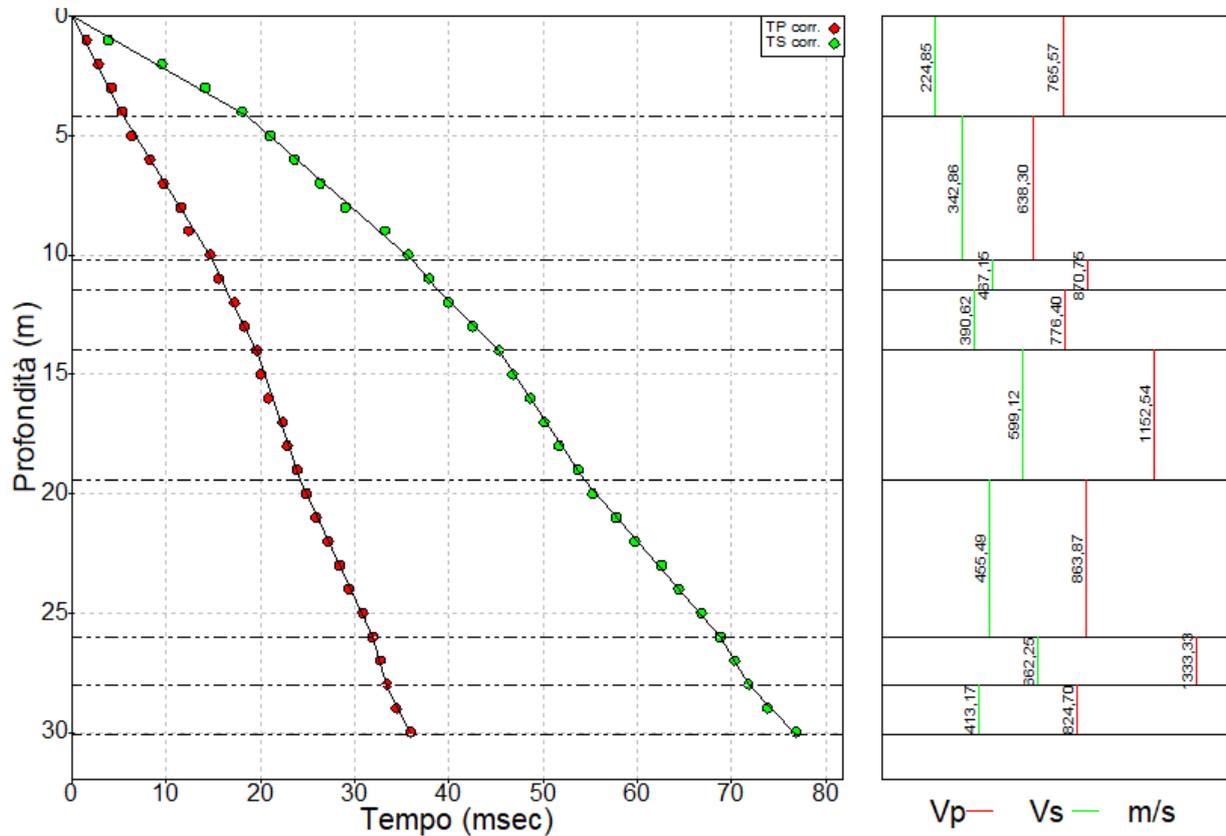
SR [m]	Tpcorr [msec]	Tscorr [msec]
2,2361	1,5652	3,8460
2,8284	2,8284	9,5459
3,6056	4,1603	14,1449
4,4721	5,2771	18,0674
5,3852	6,3136	20,9836
6,3246	8,2535	23,6222
7,2801	9,7114	26,3458
8,2462	11,5447	29,0073
9,2195	12,3976	33,1904
10,1980	14,7087	35,6931
11,1803	15,5452	37,8790
12,1655	17,2619	39,9490
13,1530	18,2849	42,5000
14,1421	19,6010	45,3397
15,1328	20,0228	46,7860
16,1245	20,8378	48,6216
17,1172	22,3459	50,1541
18,1108	22,8593	51,6820
19,1050	23,8681	53,7033
20,0998	24,8759	55,2246
21,0950	25,8829	57,7387
22,0907	27,1879	59,7536
23,0868	28,3929	62,5639
24,0832	29,3981	64,3769
25,0799	30,9013	66,7866
26,0768	31,9057	68,7968
27,0740	32,7104	70,3074
28,0713	33,4149	71,8170
29,0689	34,4183	73,8247
30,0666	35,9203	76,8295

Metodo diretto

Profondità di riferimento: 30 m
 VS30: 390,47 m/s
 Sismostrati con metodo diretto - valori medi

Profondità [m]	Vp medio [m/s]	Vs medio [m/s]	g medio [kN/mc]	ni medio	G medio [MPa]	Ed medio [MPa]	E medio [MPa]	Ev medio [MPa]
4,18	765,57	224,85	19,04	0,45	98,16	1137,96	285,22	1007,07
10,18	638,3	342,86	20,3	0,3	243,31	843,31	631,27	518,89
11,46	870,75	467,15	22,62	0,3	503,48	1749,23	1306,95	1077,93
13,96	776,4	390,62	21,5	0,33	334,6	1321,82	890,39	875,69
19,4	1152,54	599,12	22,17	0,31	811,38	3002,7	2133,71	1920,86
26	863,87	455,49	21,2	0,31	448,5	1613,31	1172,82	1015,3
28	1333,33	662,25	23,1	0,34	1033,06	4187,54	2760,87	2810,12
30	796,81	399,2	21,78	0,33	353,88	1409,87	943,04	938,04

Dromocrone



MISURE DOWN HOLE n.2

Interpretazione delle misure

Dati iniziali

Offset scoppio [m]	Numero di ricezioni	Posizione primo geofono [m]	Interdistanza [m]
2	31	1	1

Dati misure down hole

Registrazioni Nr.	Z [m]	Tp [msec]	Ts [msec]
1	1,00	3,30	10,00
2	2,00	3,80	12,90
3	3,00	4,60	15,50
4	4,00	5,00	20,40
5	5,00	6,60	24,50
6	6,00	7,30	28,20
7	7,00	9,10	32,70
8	8,00	9,60	36,00
9	9,00	11,00	40,50
10	10,00	12,30	43,00
11	11,00	14,00	45,00
12	12,00	15,10	47,00
13	13,00	16,00	50,00
14	14,00	17,20	52,00
15	15,00	18,30	54,50
16	16,00	19,00	56,70
17	17,00	21,00	59,80
18	18,00	22,00	62,00
19	19,00	23,70	65,00
20	20,00	24,50	67,00
21	21,00	25,50	68,00
22	22,00	26,00	69,00
23	23,00	27,00	70,00
24	24,00	27,50	71,00
25	25,00	28,50	73,00
26	26,00	29,50	75,00
27	27,00	30,80	77,00
28	28,00	31,40	78,50
29	29,00	32,00	79,00
30	30,00	32,50	80,00
31	31,00	33,50	82,00

Risultati

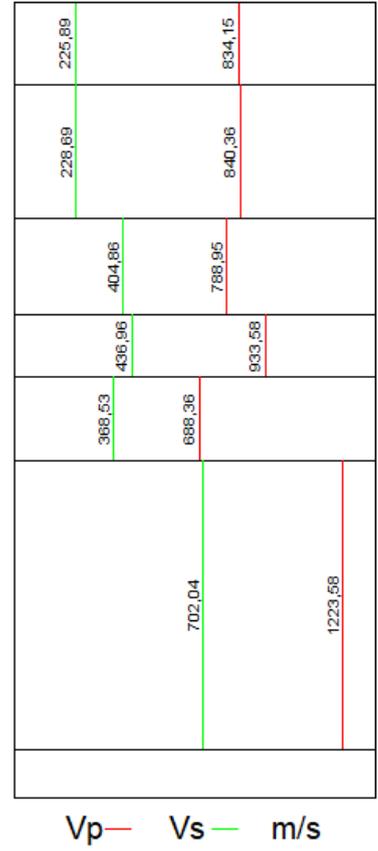
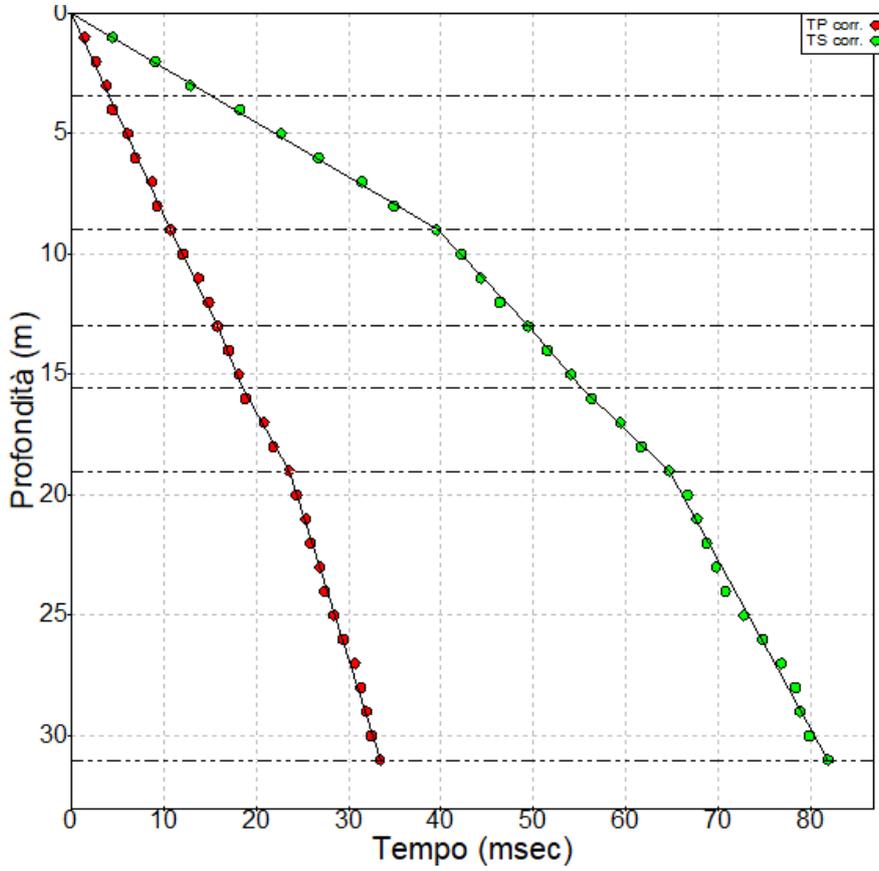
SR [m]	Tpcorr [msec]	Tscorr [msec]
2,2361	1,4758	4,4721
2,8284	2,6870	9,1217
3,6056	3,8274	12,8968
4,4721	4,4721	18,2463
5,3852	6,1279	22,7477
6,3246	6,9254	26,7529
7,2801	8,7499	31,4418
8,2462	9,3134	34,9251
9,2195	10,7381	39,5356
10,1980	12,0611	42,1650
11,1803	13,7742	44,2742
12,1655	14,8946	46,3605
13,1530	15,8140	49,4186
14,1421	17,0271	51,4774
15,1328	18,1395	54,0219
16,1245	18,8533	56,2622
17,1172	20,8562	59,3904
18,1108	21,8654	61,6208
19,1050	23,5698	64,6429
20,0998	24,3784	66,6675
21,0950	25,3851	67,6937
22,0907	25,8932	68,7166
23,0868	26,8985	69,7369
24,0832	27,4050	70,7548
25,0799	28,4092	72,7675
26,0768	29,4131	74,7791
27,0740	30,7159	76,7896
28,0713	31,3202	78,3005
29,0689	31,9242	78,8128
30,0666	32,4280	79,8228
31,0645	33,4305	81,8299

Metodo diretto

Profondità di riferimento: 31 m
 VS30: 378,83 m/s
 Sismostrati con metodo diretto - valori medi

Profondità [m]	Vp medio [m/s]	Vs medio [m/s]	g medio [kN/mc]	ni medio	G medio [MPa]	Ed medio [MPa]	E medio [MPa]	Ev medio [MPa]
3,42	834,15	225,89	19,26	0,46	100,22	1366,57	292,72	1232,94
9	840,36	228,69	18,83	0,46	100,42	1356,06	293,24	1222,17
13	788,95	404,86	21,21	0,32	354,49	1346,18	936,76	873,53
15,53	933,58	436,96	21,84	0,36	425,14	1940,65	1156,15	1373,8
19,02	688,36	368,53	21,02	0,3	291,06	1015,46	756,23	627,38
31	1217,48	698,54	22,12	0,25	1100,49	3342,89	2761,38	1875,58

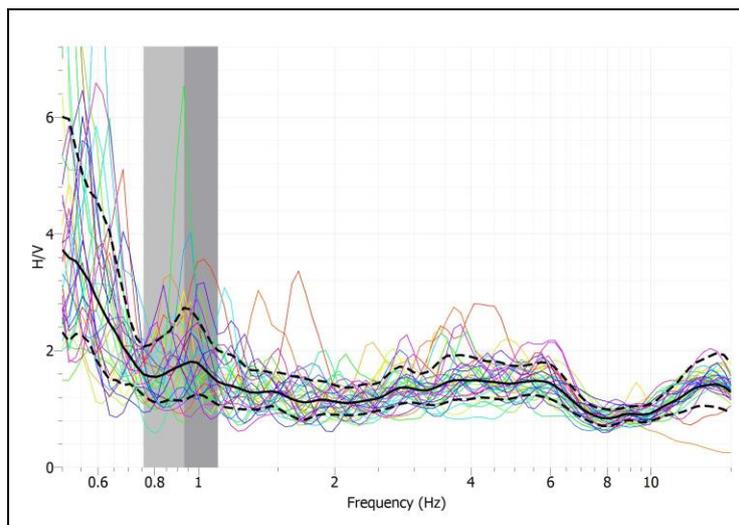
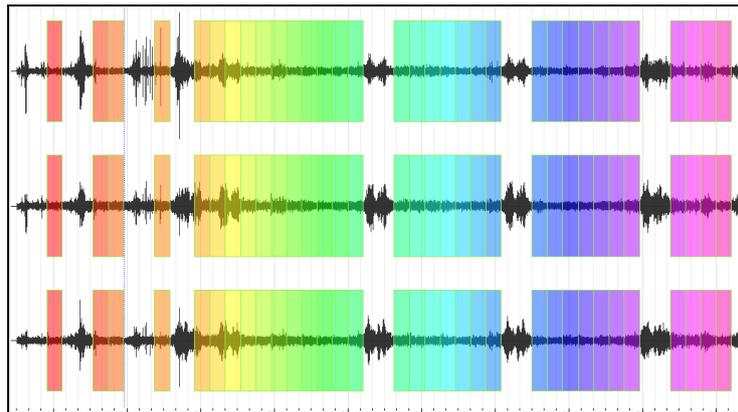
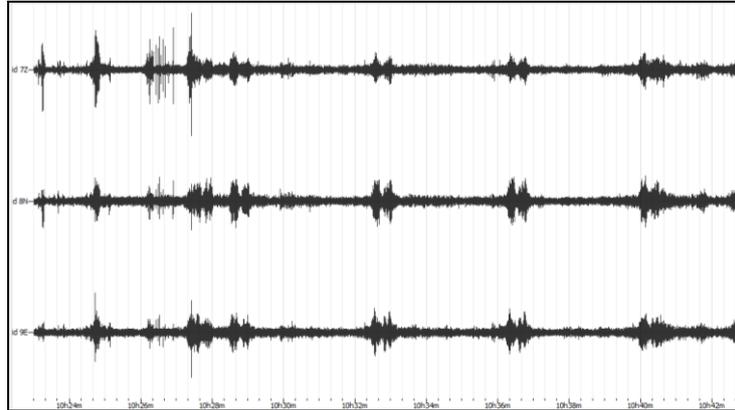
Dromocrone



MISURA DELLA FREQUENZA FONDAMENTALE DEL SITO

HVSR1

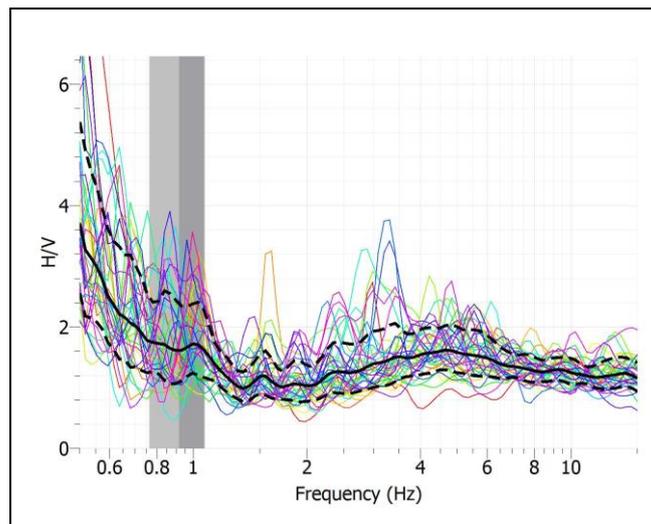
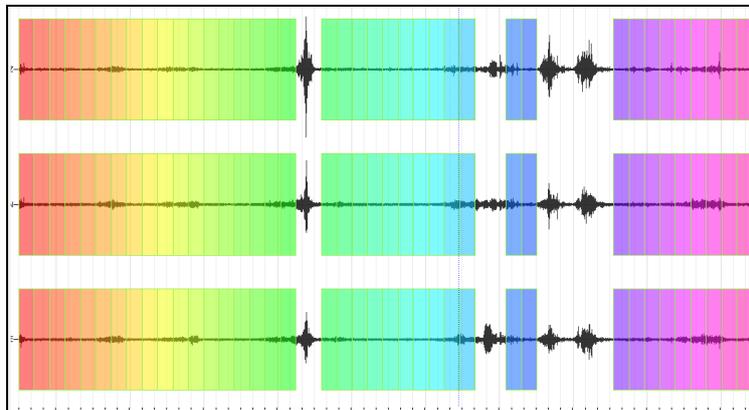
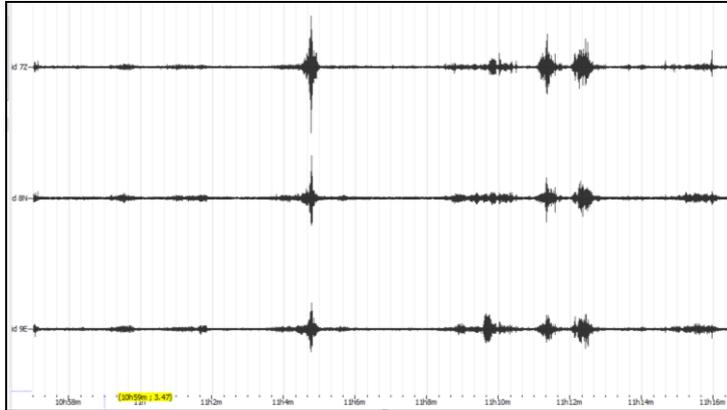
ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	dt	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Rec z	Type
1	7	Vertical	04/03/2019 00:00:00	10h23m	10h43m	300	0,003333333333	360000	20m	0	0	0	Waveform
2	8	North	04/03/2019 00:00:00	10h23m	10h43m	300	0,003333333333	360000	20m	0	0	0	Waveform
3	9	East	04/03/2019 00:00:00	10h23m	10h43m	300	0,003333333333	360000	20m	0	0	0	Waveform



Dall'elaborazione effettuato con software Geopsy la frequenza fondamentale del sito è $F_0=0,93$ Hz con un picco H/V di circa 1,77.

HVSR2

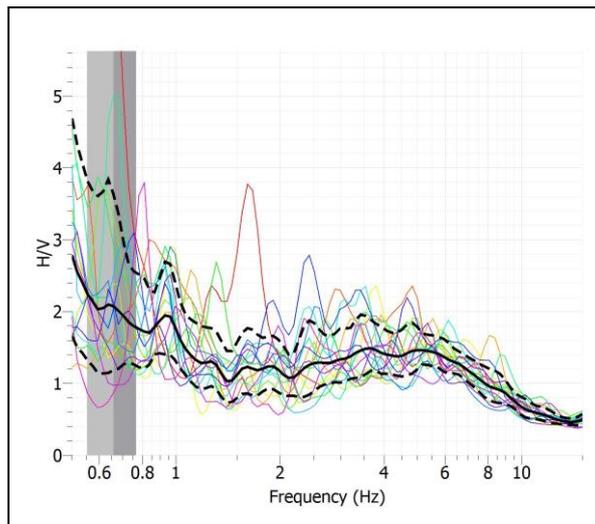
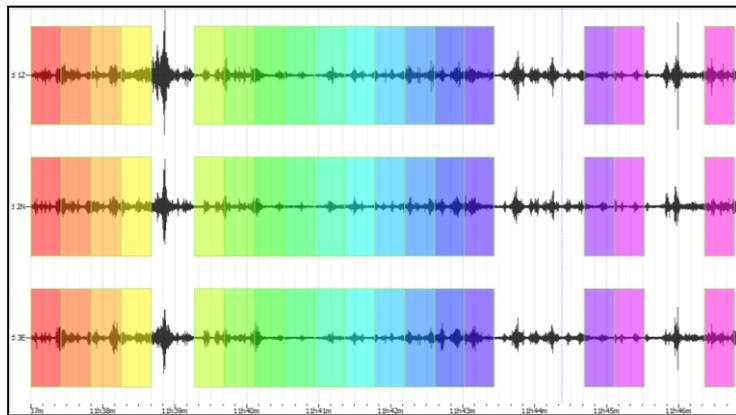
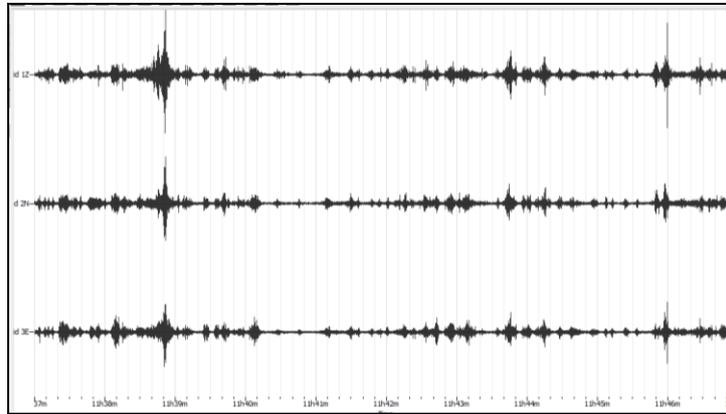
ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	dt	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Rec z	Type
1	7	Vertical	04/03/2019 00:00:00	10h57m	11h17m	300	0,003333333333	360000	20m	0	0	0	Waveform
2	8	North	04/03/2019 00:00:00	10h57m	11h17m	300	0,003333333333	360000	20m	0	0	0	Waveform
3	9	East	04/03/2019 00:00:00	10h57m	11h17m	300	0,003333333333	360000	20m	0	0	0	Waveform



Dall'elaborazione effettuato con software Geopsy la frequenza fondamentale del sito è $F_0=0,91$ Hz con un picco H/V di circa 1,61.

HVSR3

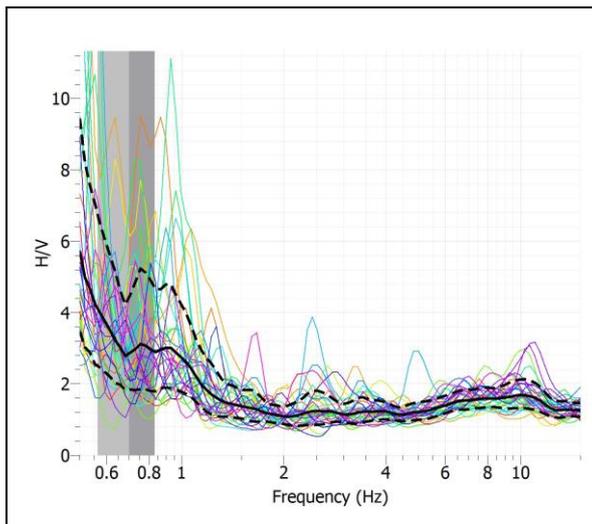
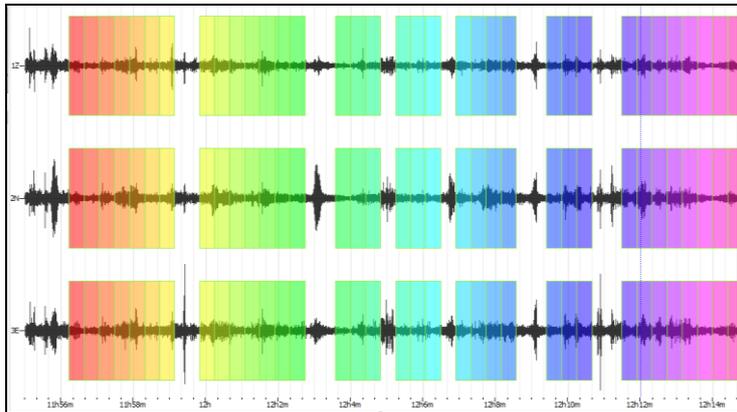
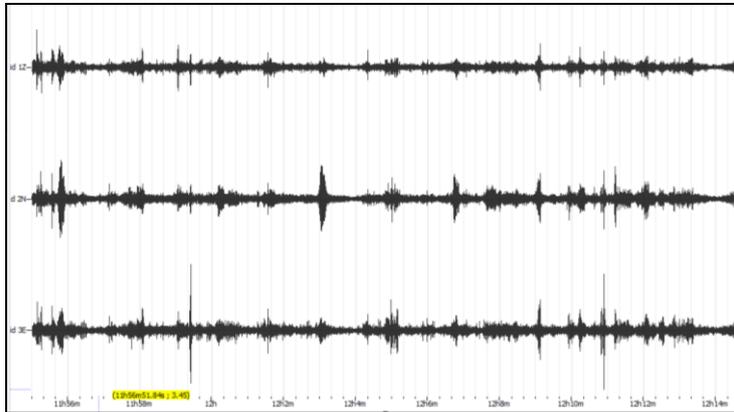
ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	dt	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Rec z	Type
1	1	Vertical	04/03/2019 00:00:00	11h37m	11h47m	300	0,003333333333	180000	10m	0	0	0	Waveform
2	2	North	04/03/2019 00:00:00	11h37m	11h47m	300	0,003333333333	180000	10m	0	0	0	Waveform
3	3	East	04/03/2019 00:00:00	11h37m	11h47m	300	0,003333333333	180000	10m	0	0	0	Waveform



Dall'elaborazione effettuato con software Geopsy la frequenza fondamentale del sito è $F_0=0,66$ Hz con un picco H/V di circa 2,06.

HVSR4

ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	dt	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Rec z	Type
1	1	Vertical	04/03/2019 00:00:00	11h55m	12h15m	300	0,003333333333	360000	20m	0	0	0	Waveform
2	2	North	04/03/2019 00:00:00	11h55m	12h15m	300	0,003333333333	360000	20m	0	0	0	Waveform
3	3	East	04/03/2019 00:00:00	11h55m	12h15m	300	0,003333333333	360000	20m	0	0	0	Waveform



Dall'elaborazione effettuato con software Geopsy la frequenza fondamentale del sito è $F_0=0,69$ Hz con un picco H/V di circa 2,85.

PROVE DI LABORATORIO

Prove Geotecniche di laboratorio

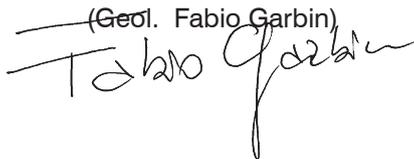
Commessa: 3161
Lavoro: 084/19

Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79 - Capena (RM)

Documento approvato da:
il Direttore del Laboratorio
(Geol. Fabio Garbin)



Laboratorio qualificato
n° 103



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

LABORATORIO AUTORIZZATO
SETTORE A

Prove su terre, di carico su piastra, di densità in sito
Decreto n° 6630 del 9 ottobre 2014

ai sensi dell'art. 59 D.P.R. 380/2001, Circolare II.TT. 7618/2010/STC



*Ministero dell'Istruzione
dell'Università e della Ricerca*

LABORATORIO ALTAMENTE QUALIFICATO

Articolo 14 del Decreto n° 593 del 8 agosto 2000
Decreto Dirigenziale n° 1956/Ric. del 20 novembre 2003
Gazzetta Ufficiale n° 285 del 9 dicembre 2003

SIMBOLOGIA

γ	=	peso di volume	(kN/m ³)	W_n	=	contenuto naturale d'acqua	(%)
γ_n	=	peso di volume naturale	(kN/m ³)	W_i	=	contenuto d'acqua iniziale	(%)
γ_{dry}	=	peso di volume secco	(kN/m ³)	W_f	=	contenuto d'acqua finale	(%)
γ_s	=	peso di volume dei grani	(kN/m ³)	W_{LL}	=	contenuto d'acqua al LL	(%)
γ_{sat}	=	peso di volume saturo	(kN/m ³)	W^*	=	contenuto d'acqua	(%)
H_0	=	altezza iniziale	(cm)	n_0	=	porosità iniziale	
H_{dry}	=	altezza del secco	(cm)	e	=	indice dei vuoti	
V_0	=	volume iniziale	(cm ³)	e_0	=	indice dei vuoti iniziale	
a	=	area	(cm ²)	S_r	=	grado di saturazione	(%)
Δh	=	cedimento	(mm)	i	=	gradiente idraulico	
d	=	deformazione	(mm)	i_0	=	gradiente idraulico iniziale	(cm)
ϕ	=	diametro	(mm)	σ_v	=	carico verticale	(kPa)
h	=	ore		σ_3	=	pressione di cella	(kPa)
n	=	porosità		σ'_{cons}	=	tens. effic. media consolidaz.	(kPa)
LL	=	limite liquido	(%)	A	=	indice di attività	
LP	=	limite plastico	(%)	IG	=	indice di gruppo	
IP	=	indice di plasticità	(%)	E'	=	modulo di compressibilità	(kPa)
LR	=	limite di ritiro	(%)	m_v	=	coefficiente di compressibilità	(kPa ⁻¹)
IC	=	indice di consistenza		c_v	=	coefficiente di consolidazione	(cm ² /sec)
IL	=	indice di liquidità		k	=	coefficiente di permeabilità	(m/sec)
I_r	=	Indice di ritiro		Md	=	modulo di deformazione	(N/mm ²)
R_r	=	Rapporto di ritiro		M'd	=	mod. deform. (2° ciclo carico)	(N/mm ²)

PROVE

Lim.	=	Limiti	TxUU*	=	Triassiale UU
Gran.	=	Granulometria	ELL*	=	Espansione Laterale Libera
TD*	=	Taglio Diretto	K	=	Permeabilità
TDRév.*	=	Taglio Diretto reverse	Rig.	=	Rigonfiamento
TDLL*	=	Taglio Diretto al LL	CS*	=	Compressione Semplice
ED	=	Edometrica	Proctor	=	Compattazione
TxCD*	=	Triassiale CD	CBR	=	C.B.R.
TxCU*	=	Triassiale CU	S.Org.	=	Sostanza Organica

N.D. = Non Determinabile

N.E. = Non Eseguitabile

N.C. = Non Calcolabile

M.I.** = Misura Indicativa

 Zone imbibite d'acqua (rammollimenti)

 Livelli sabbiosi

 Livelli limosi

 Livelli argillosi

* I numeri riportati accanto alla prova indicano il relativo provino

** Misura eseguita con strumentazione non tarabile e/o non tarata



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Certificato di prova: **11077/a**
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: **3161/1**

Lavoro di laboratorio: **084/19**

Sondaggio n° 1

Campione n° 11

Profondità di prelievo:
da m **01.70** a m **02.20**

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONAMENTO

Tipo di perforazione (dichiarata):	carotaggio continuo con asta e carotiere	Forma del campione:	cilindrica
Tipo di campionatore (dichiarato):	shelby	Diametro della carota ϕ :	80 mm
Contenitore:	fustella metallica	Lunghezza della carota:	450 mm
Diametro esterno ϕ del contenitore:	90 mm	Data di prelievo del campione:	05/03/19
Lunghezza del contenitore:	600 mm	Classe di Qualità (dichiarata):	Q4
Data di consegna del campione:	05/03/19	Data di apertura del campione:	18/03/19
Data di apertura Commessa:	05/03/19	Stoccaggio: nessuno stoccaggio particolare	
Data di inizio prova:	18/03/19	Data di fine prova:	18/03/19

SCHEMA DEL CAMPIONE	LUNGH.	POCKET PENETR.	VANE TEST	PROVE ESEGUITE	DESCRIZIONE
	cm	kPa (M.I.)	kPa (M.I.)		
ALTO		290			Limo sabbioso ed argilloso debolmente ghiaioso avana scuro-olivastro, molto consistente, a struttura complessivamente omogenea, non reattivo ad HCl. Gli inclusi ghiaiosi sono concrezioni di natura carbonatica reattive ad HCl.
10					
20		350			
30					
40		360			
45	▲				
50					
60					
70	BASSO				

Note: la fustella era chiusa con nastro adesivo alle estremità, presentava forma normale con le superfici laterali esterna ed interna sufficientemente lisce e prive di protuberanze visivamente apprezzabili. Il filo della scarpa, di forma normale, era affilato. Sono stati eseguiti pocket penetrometer test trasversalmente alla carota a 22 cm circa dall'alto, che hanno evidenziato valori di resistenza (nell'ordine dall'esterno verso l'interno) di 350 e 360 kPa.

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Certificato di prova: **11078/a**
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: **3161/3**

Lavoro di laboratorio: **084/19**

Sondaggio n° 1

Campione n° D3

Profondità di prelievo:
da m **23.40** a m **23.90**

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONAMENTO

Tipo di perforazione (dichiarata):	carotaggio continuo con asta e carotiere	Forma del campione:	cilindrica
Tipo di campionatore (dichiarato):	non dichiarato	Diametro della carota ϕ :	85 mm
Contenitore:	fustella PVC	Lunghezza della carota:	300 mm
Diametro esterno ϕ del contenitore:	90 mm	Data di prelievo del campione:	05/03/19
Lunghezza del contenitore:	310 mm	Classe di Qualità (dichiarata):	da Q3 a Q4
Data di consegna del campione:	05/03/19	Data di apertura del campione:	21/03/19
Data di apertura Commessa:	05/03/19	Stoccaggio: in camera ad umidità e temperatura controllate	
Data di inizio prova:	21/03/19	Data di fine prova:	21/03/19

SCHEMA DEL CAMPIONE	LUNGH.	POCKET PENETR.	VANE TEST	PROVE ESEGUITE	DESCRIZIONE
	cm	kPa (M.I.)	kPa (M.I.)		
	ALTO			W_1 ■ TD1 Gran. ■ TD2 γ_s ■ TD3 Lim. W_2 ■ ED γ_n ■ ED W_3	Limo con sabbia argilloso da olivastro a grigiastro, molto consistente, a struttura complessivamente omogenea vagamente saldato (natura piroclastica?), plastico ed attivo relativamente alle caratteristiche mineralogiche, reattivo ad HCl.
	10	N.D.	N.D.		
	20				
	30				
	40				
	50				
	60				
	70				
	BASSO				

Note: la fustella era chiusa con nastro adesivo alle estremità.

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 1

Campione n° D3

Certificato di prova: 11078/b
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: 3161/3

Lavoro di laboratorio: 084/19

Profondità di prelievo:
da m 23.40 a m 23.90

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

(UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Data di inizio prova:	21/03/19	Data di fine prova:	22/03/19
	Determinazione W_1	Determinazione W_2	Determinazione W_3
Peso lordo umido (g)	43,22	50,15	47,19
Peso lordo secco (g)	34,39	38,39	36,65
Tara (g)	21,39	20,92	20,39
Umidità relativa W (%)	67,9	67,3	64,8
UMIDITA' NATURALE MEDIA W_n	66,7	%	
		DEVIAZIONE STANDARD	1,64

Note:

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore

(Dott. Geol. Giovanni Caproni)

Giovanni Caproni

il Direttore del Laboratorio

(Dott. Geol. Fabio Garbin)

Fabio Garbin

PESO DELL'UNITA' DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

(UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Data di inizio prova:	21/03/19	Data di fine prova:	21/03/19
Peso umido del terreno (g)	63,65	Volume (cm ³)	39,63
PESO DI VOLUME NATURALE γ_n	15,76	kN/m ³	
		Determinazione eseguita tramite:	fustella tarata

Note:

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore

(Dott. Geol. Giovanni Caproni)

Giovanni Caproni

il Direttore del Laboratorio

(Dott. Geol. Fabio Garbin)

Fabio Garbin



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 1

Campione n° D3

Certificato di prova: **11078/c**
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: **3161/3**
Lavoro di laboratorio: **084/19**

Profondità di prelievo:
da m **23.40** a m **23.90**

PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Data di inizio prova:	21/03/19	Data di fine prova:	01/04/19
-----------------------	----------	---------------------	----------

Determinazione n° 1	Quantità misurate	Determinazione n° 2
79,90	Tara picnometro (g)	84,91
94,95	Picnometro + campione secco (g)	99,92
215,33	Picnometro + campione + acqua (g)	212,50
18,4	Temperatura di prova (°C)	18,6
205,87	Picnometro + acqua (g)	203,06
26,43	P. di vol. dei grani misurato (kN/m ³)	26,45

PESO DI VOLUME DEI GRANI γ_s	26,44 kN/m ³	DEVIAZIONE STANDARD	0,014
-------------------------------------	--------------------------------	---------------------	--------------

Note: il peso specifico assoluto a 20° C è pari a 26,49 (2,7).

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin

CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE

INDICE DEI VUOTI	e	1,802	GRADO DI SATURAZIONE	S_r	100 %
POROSITA'	n	0,643	PESO DI VOLUME SECCO	γ_{dry}	9,45 kN/m ³
PESO DI VOL. SATURO	γ_{sat}	15,79 kN/m ³	PESO DI VOL. IMMERSO	γ'	5,94 kN/m ³

Note:

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



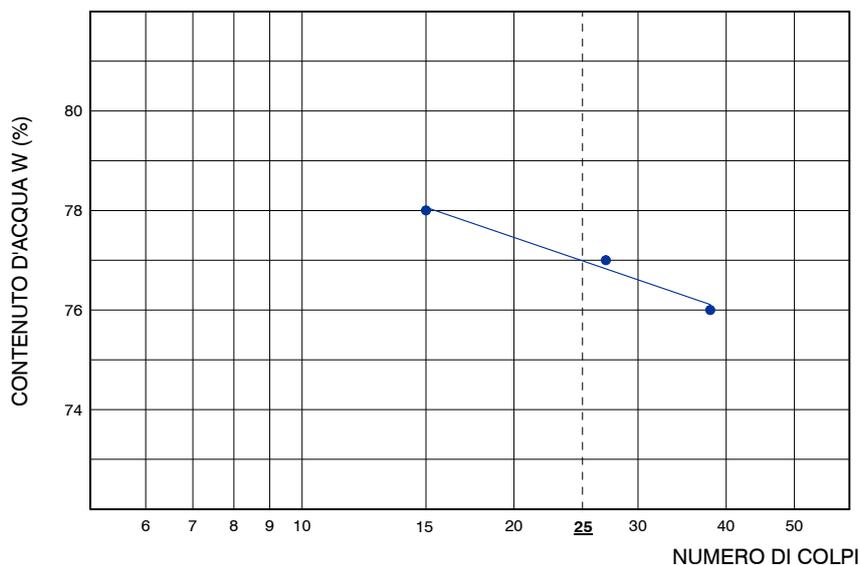
CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA

(UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Data di inizio prova LL e LP	21/03/19	Data di fine prova LL e LP	01/04/19
Data di inizio prova LR	--	Data di fine prova LR	--

Caratteristica	Simbolo	Valore	Unità	Prova n°	Colpi n°	W %	Classificazione
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL	77	%	1	15	78,0	LL
LIMITE DI PLASTICITA'	LP	56	%	2	27	77,0	
INDICE DI PLASTICITA'	IP	22	%	3	38	76,0	
LIMITE DI RITIRO	LR	--	%	4	--	--	
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	W _n	66,7	%	5	--	--	
INDICE DI CONSISTENZA	IC	0,47		1	Dev. Stand. 0,28	55,3	LP
INDICE DI LIQUIDITA'	IL	0,53		2		55,7	
INDICE DI RITIRO	I _r	--		1		--	LR
RAPPORTO DI RITIRO	R _r	--		2		--	
INDICE DI ATTIVITA'	A	3,67					

LIMITE DI LIQUIDITA'



Note:

Roma, 04/04/18

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caproni)
Giovanni Caproni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin

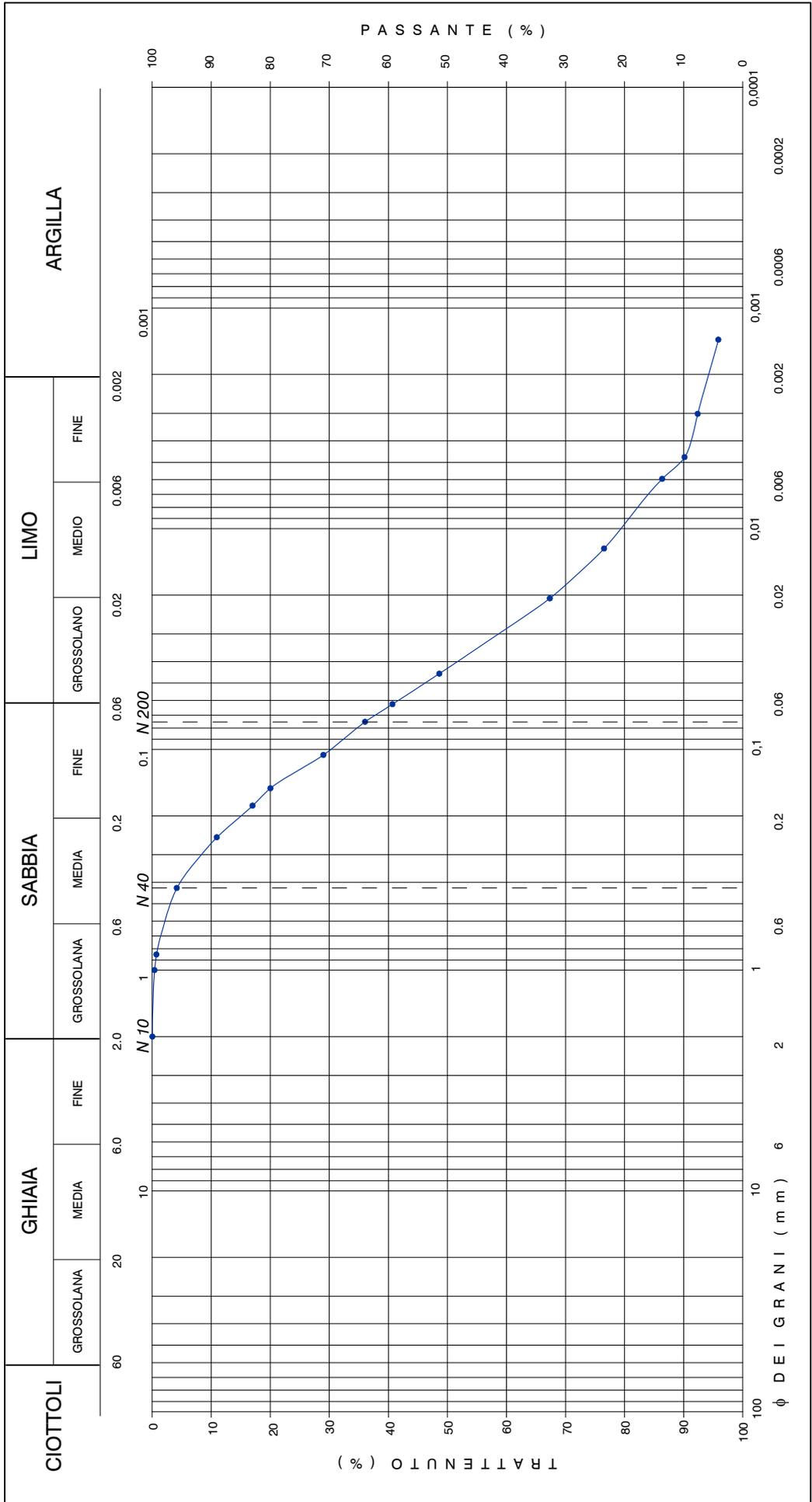


ANALISI GRANULOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-4)

Descrizione granulometrica del campione: LIMO CON SABBIA DEBOLMENTE ARGILLOSO.

GHIAIA > 2 mm	%	SABBIA 0.06 - 2 mm	%	LIMO 0.002 - 0.06 mm	%	ARGILLA < 0.002 mm	%
0		100		52		6	
PASSANTE AI SETACCI	%	GROSSOLANA 2 mm	%	FINA 0.425 mm	%	N 200 0.075 mm	%
		10		40		64	





Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Certificato di prova: **11078/f**
(foglio 1 di 4)

Verbale di Accettazione: **3161/3**
Lavoro di laboratorio: **084/19**

Sondaggio n° 1

Campione n° D3

Profondità di prelievo:
da m **23.40** a m **23.90**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Data di inizio prova:	21/03/19	Data di fine prova:	03/04/19
-----------------------	----------	---------------------	----------

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

Diametro	ϕ	5,023	cm	Peso di vol. dei grani	γ_s	26,44	kN/m ³
Altezza iniziale	H ₀	1,999	cm	Grado di saturazione	S _r	104	%
Area	a	19,824	cm ²	Cont. d'acqua finale	W _f	54,1	%
Volume iniziale	V ₀	39,628	cm ³	Porosità iniziale	n ₀	0,658	
Cont. d'acqua iniziale	W _i	74,1	%	Altezza del secco	H _{dry}	0,683	cm
Peso di volume	γ	15,79	kN/m ³	Indice dei vuoti iniziale	e ₀	1,927	

Pressione σ (kPa)	Tempo t (h)	Cedimento cumulativo d (mm)	Indice dei vuoti e (--)	Modulo di compressibilità E' (kPa)	Coefficiente di compressibilità m _v (kPa ⁻¹)	Coefficiente di consolidazione c _v (cm ² /sec)	Coefficiente di permeabilità k (m/sec)
0	0	0	1,927				
25	1	-0,021	1,930	--	--	N.D.	N.D.
49	24	-0,005	1,928	30.017	3,33E-05	N.D.	N.D.
98	24	0,021	1,924	37.683	2,65E-05	N.D.	N.D.
196	24	0,107	1,911	22.755	4,39E-05	N.D.	N.D.
392	24	0,395	1,869	13.531	7,39E-05	N.D.	N.D.
785	24	1,163	1,757	10.027	9,97E-05	N.D.	N.D.
1570	24	2,385	1,578	12.094	8,27E-05	N.D.	N.D.
392	24	2,198	1,605				
98	24	2,059	1,626				
25	24	1,899	1,649				

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

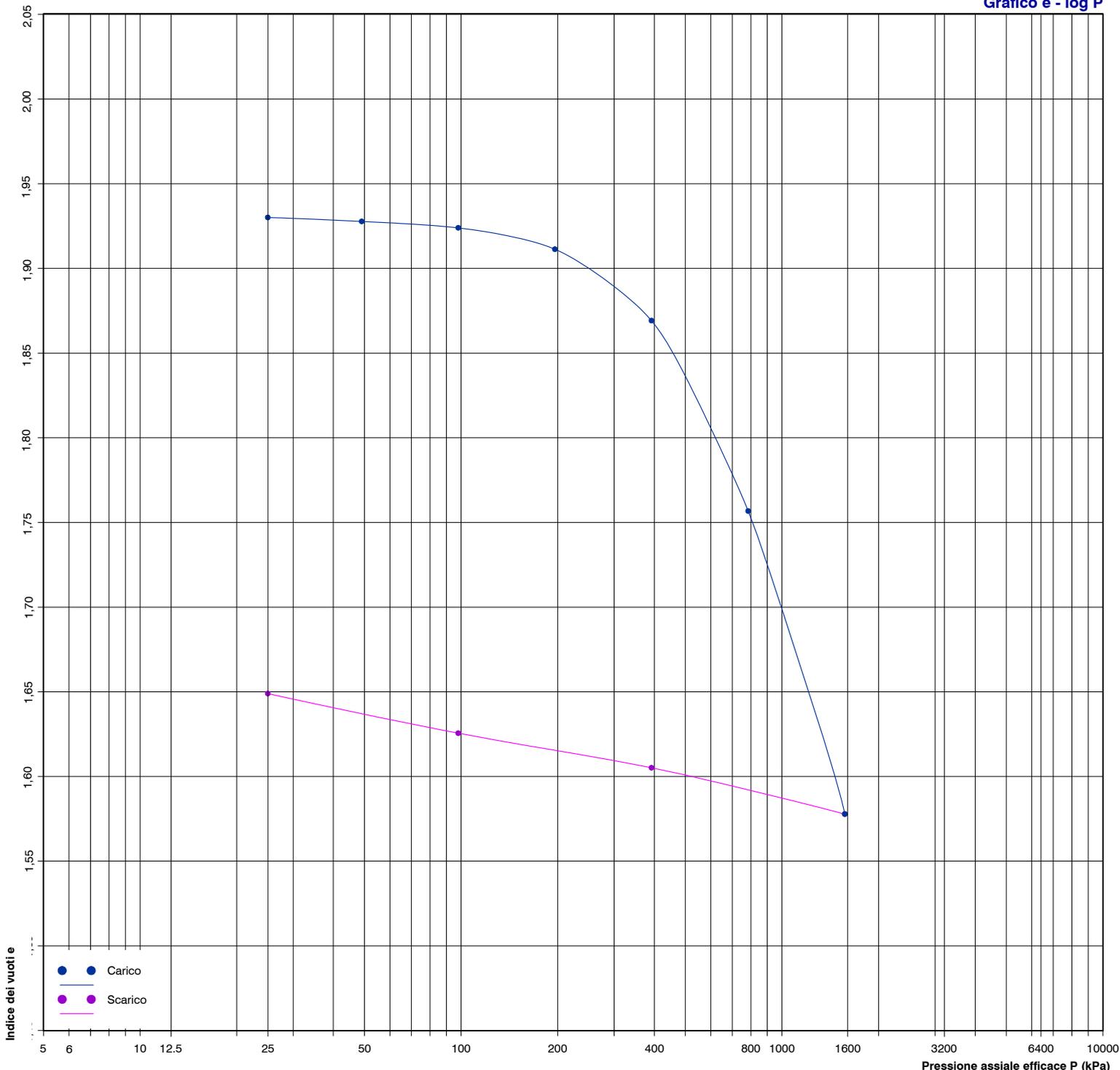
il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Grafico e - log P



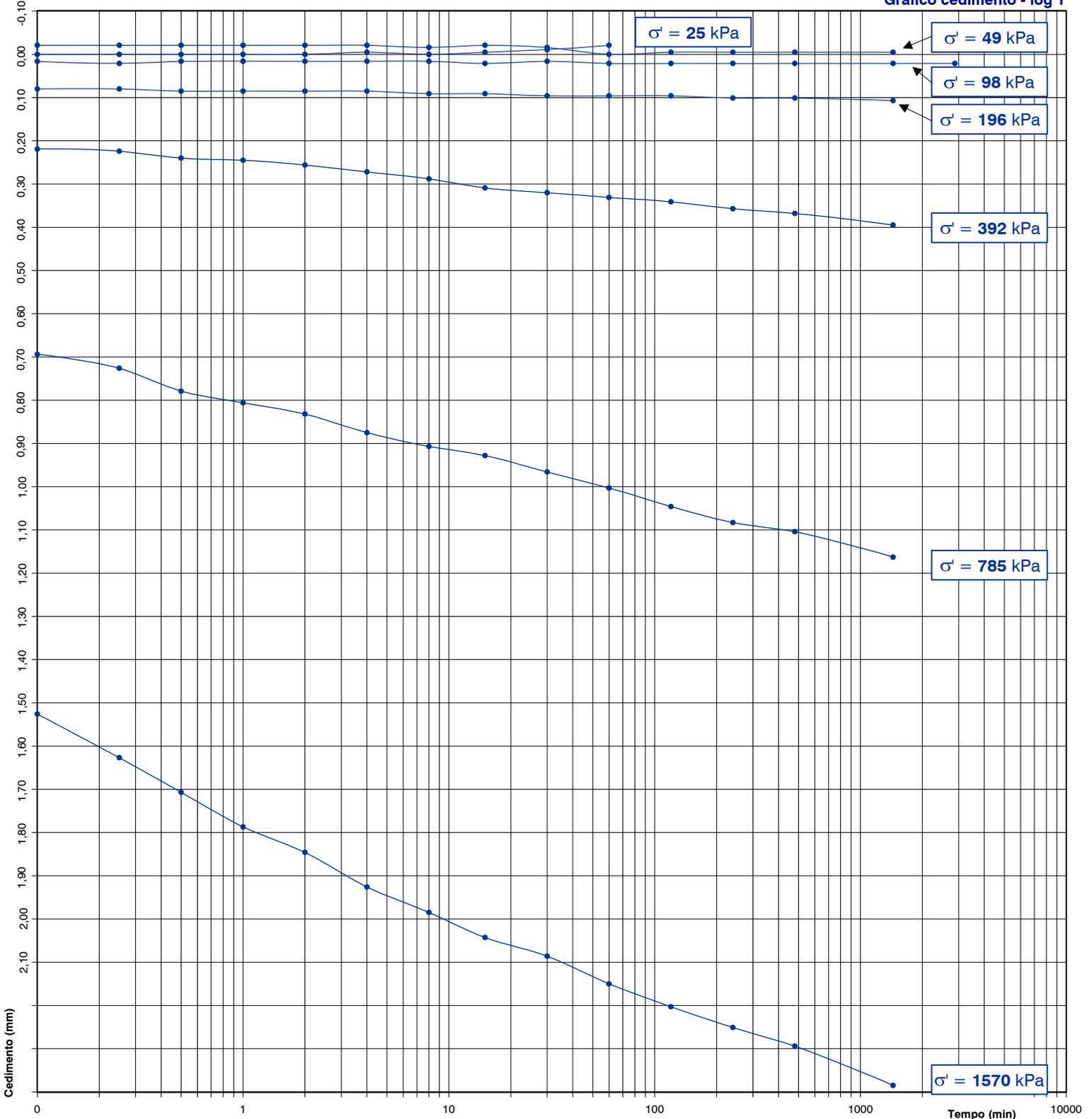
Note:



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Grafico cedimento - log T





PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

MISURAZIONI ACQUISITE

Pressione (kPa)	25	49	98	196	392	785	1570	392	98	25								
Data (gg/mese)	21/3	22/3	23/3	25/3	26/3	27/3	28/3	29/3	1/4	2/4								
Tempi	Cedimenti (mm)																	
0"	0,000	-0,021	-0,005	0,021	0,107	0,411	1,163	2,385	2,198	2,059								
6"	0,000	-0,021	0,016	0,080	0,219	0,694	1,526											
15"	0,000	-0,021	0,021	0,080	0,224	0,726	1,627											
30"	0,000	-0,021	0,016	0,085	0,240	0,779	1,707											
1'	0,000	-0,021	0,016	0,085	0,245	0,806	1,787											
2'	0,000	-0,021	0,016	0,085	0,256	0,832	1,846											
4'	-0,005	-0,021	0,016	0,085	0,272	0,875	1,926											
8'	0,000	-0,016	0,016	0,091	0,288	0,907	1,985											
15'	-0,005	-0,021	0,021	0,091	0,309	0,928	2,043											
30'	-0,011	-0,016	0,016	0,096	0,320	0,966	2,086											
60'	-0,021	0,000	0,021	0,096	0,331	1,003	2,150											
120'		-0,005	0,021	0,096	0,341	1,046	2,203											
240'		-0,005	0,021	0,101	0,357	1,083	2,251											
480'		-0,005	0,021	0,101	0,368	1,104	2,294											
1440'		-0,005	0,021	0,107	0,395	1,163	2,385	2,198	2,059	1,899								
2880'			0,021															
4320'																		

Note: in corrispondenza di 25 kPa si sono verificati dei rigonfiamenti: pertanto dopo 1 ora dall'imposizione della pressione, si è provveduto a passare allo step di carico successivo.



PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

(UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Data di inizio prova:	21/03/19	Data di fine prova:	02/04/19
-----------------------	----------	---------------------	----------

CARATTERISTICHE INIZIALI DEI PROVINI

Provino		1	2	3
Altezza	cm	2,013	2,014	2,017
Lato	cm	6,018	6,008	6,017
Volume	cm ³	72,90	72,70	73,02
Peso di volume	kN/m ³	16,09	15,70	15,50
Contenuto d'acqua	%	62,7	66,9	73,1
Peso di volume dei grani	kN/m ³	26,44	26,44	26,44
Indice dei vuoti		1,684	1,817	1,966
Grado di saturazione	%	101	99	100

FASE DI CONSOLIDAZIONE

Provino		1	2	3
Carico verticale efficace	kPa	147	294	441
Durata	h	24	24	24
Cedimento	mm	0,65	1,39	1,88

FASE DI TAGLIO

Provino		1	2	3
Velocità di deformazione	mm/min	0,0105	0,0105	0,0105
Carico verticale efficace	kPa	147	294	441
Contenuto finale d'acqua	%	61,4	69,8	69,2

NOTE

I provini presentavano una blanda saldatura. Nel provino n° 2 erano presenti lenticole sabbiose rossicce.

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

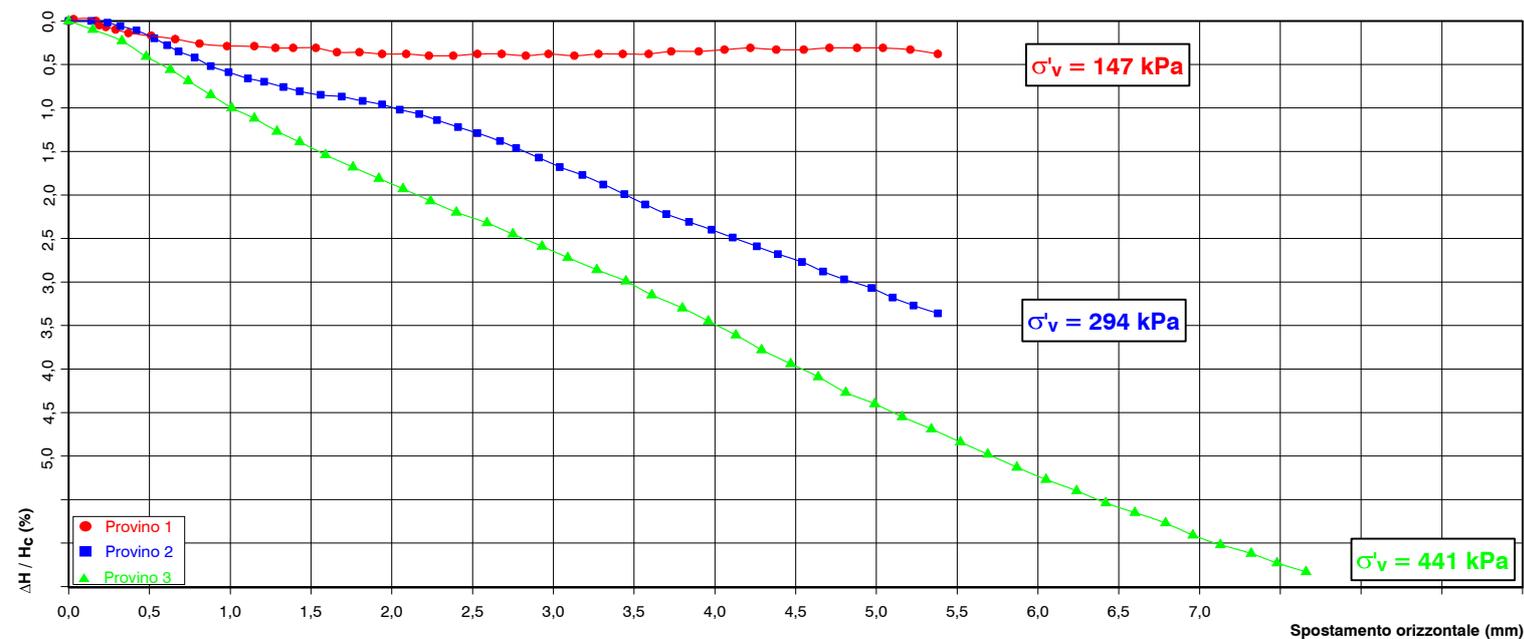
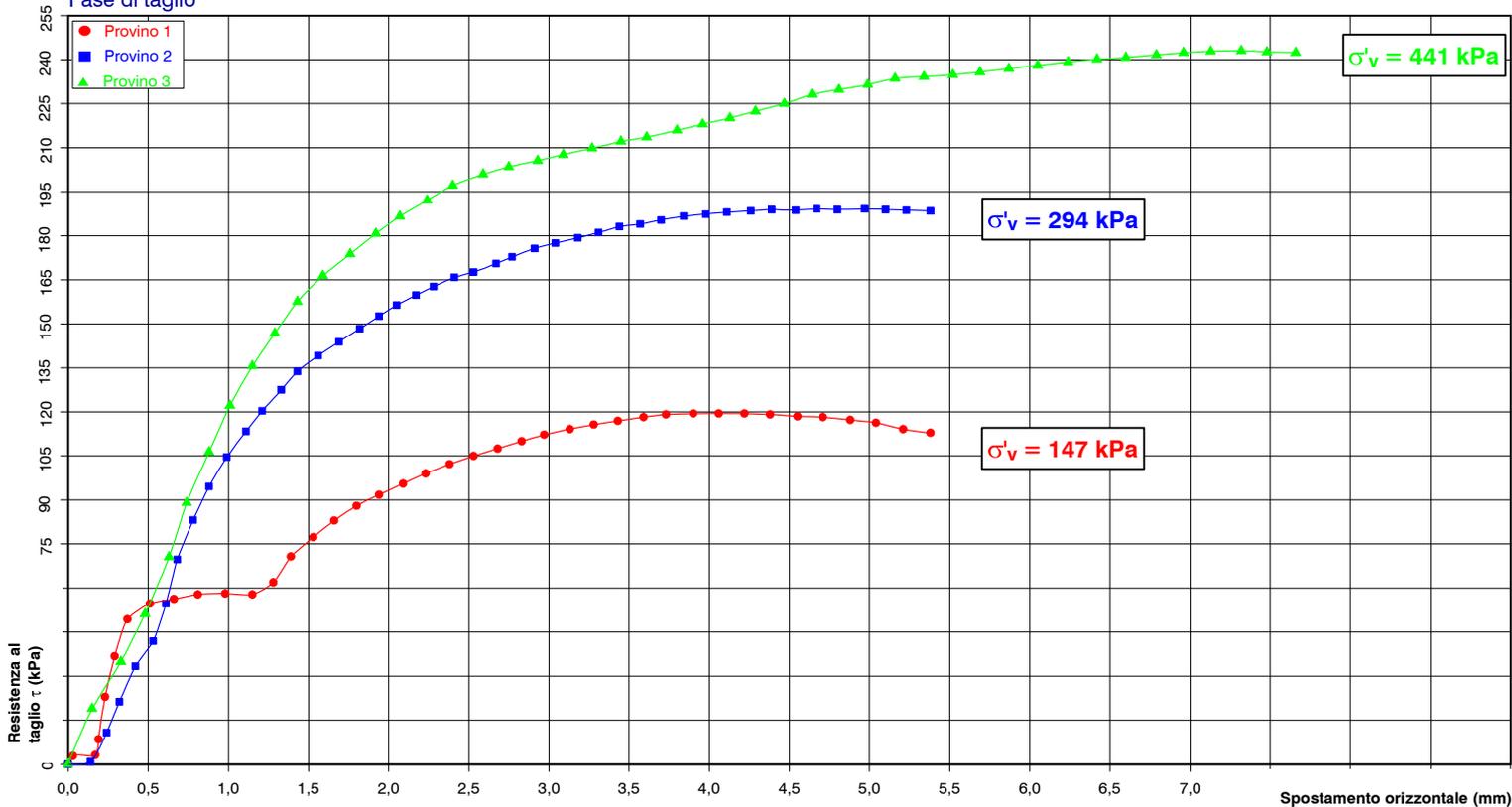
il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

(UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Fase di taglio



Note:



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Certificato di prova: **11078/g**
(foglio 3 di 4)

Verbale di Accettazione: **3161/3**

Lavoro di laboratorio: **084/19**

Sondaggio n° 1

Campione n° D3

Profondità di prelievo:
da m **23.40** a m **23.90**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

(UNI CEN ISO/TS 17892-10)

MISURAZIONI ACQUISITE

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostamento orizzontale (mm)	Deformazione verticale (%)	Sollecitazione di taglio (kPa)	Spostamento orizzontale (mm)	Deformazione verticale (%)	Sollecitazione di taglio (kPa)	Spostamento orizzontale (mm)	Deformazione verticale (%)	Sollecitazione di taglio (kPa)
0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0
0,03	-0,02	3	0,14	0,00	1	0,15	0,10	19
0,17	0,00	3	0,24	0,02	11	0,33	0,23	35
0,19	0,05	8	0,32	0,06	21	0,48	0,41	51
0,23	0,07	23	0,42	0,11	33	0,63	0,56	71
0,29	0,10	37	0,53	0,20	42	0,74	0,69	89
0,37	0,14	49	0,61	0,28	55	0,88	0,85	106
0,51	0,17	55	0,68	0,35	70	1,01	1,00	122
0,66	0,21	56	0,78	0,42	83	1,15	1,12	136
0,81	0,26	58	0,88	0,52	95	1,29	1,27	147
0,98	0,29	58	0,99	0,59	105	1,43	1,39	158
1,15	0,29	58	1,11	0,66	113	1,59	1,54	166
1,28	0,31	62	1,21	0,70	120	1,76	1,68	174
1,39	0,31	71	1,33	0,76	128	1,92	1,81	181
1,53	0,31	77	1,43	0,81	134	2,07	1,93	187
1,66	0,36	83	1,56	0,85	139	2,24	2,07	192
1,80	0,36	88	1,69	0,87	144	2,40	2,20	197
1,94	0,38	92	1,82	0,92	148	2,59	2,32	201
2,09	0,38	96	1,94	0,96	153	2,75	2,45	203
2,23	0,40	99	2,05	1,02	156	2,93	2,59	206
2,38	0,40	102	2,17	1,07	160	3,09	2,72	208
2,53	0,38	105	2,28	1,14	163	3,27	2,86	210
2,68	0,38	108	2,41	1,22	166	3,45	2,99	212
2,83	0,40	110	2,53	1,29	168	3,61	3,15	214
2,97	0,38	112	2,67	1,38	171	3,80	3,30	216
3,13	0,40	114	2,77	1,46	173	3,96	3,45	218
3,28	0,38	116	2,91	1,57	176	4,13	3,61	220
3,43	0,38	117	3,04	1,68	177	4,29	3,78	222
3,59	0,38	118	3,18	1,77	179	4,47	3,94	225
3,73	0,35	119	3,31	1,88	181	4,64	4,09	228



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Certificato di prova: **11079/a**
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: **3161/5**

Lavoro di laboratorio: **084/19**

Sondaggio n° **2**

Campione n° **I1**

Profondità di prelievo:
da m **01.60** a m **02.10**

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONAMENTO

Tipo di perforazione (dichiarata):	carotaggio continuo con asta e carotiere	Forma del campione:	cilindrica
Tipo di campionatore (dichiarato):	shelby	Diametro della carota ϕ :	86 mm
Contenitore:	fustella metallica	Lunghezza della carota:	330 mm
Diametro esterno ϕ del contenitore:	90 mm	Data di prelievo del campione:	06/03/19
Lunghezza del contenitore:	620 mm	Classe di Qualità (dichiarata):	da Q4 a Q5
Data di consegna del campione:	06/03/19	Data di apertura del campione:	27/03/19
Data di apertura Commessa:	05/03/19	Stoccaggio: nessuno stoccaggio particolare	
Data di inizio prova:	27/03/19	Data di fine prova:	27/03/19

SCHEMA DEL CAMPIONE	LUNGH.	POCKET PENETR.	VANE TEST	PROVE ESEGUITE	DESCRIZIONE
	cm	kPa (M.I.)	kPa (M.I.)		
ALTO	0	140			Limo con argilla sabbioso debolmente ghiaioso marrone scuro-olivastro, consistente, a struttura caotica, reattivo ad HCl. Tra 25 e 33 cm ca. dall'alto aumentano le frazioni ghiaiosa e sabbiosa e si presenta di colore marrone scuro.
10	170				
20	190				
30					
40					
50					
60					
70					
BASSO					

Note: la fustella era chiusa con nastro adesivo alle estremità, presentava forma normale con le superfici laterali esterna ed interna sufficientemente lisce e prive di protuberanze visivamente apprezzabili. Il filo della scarpa, di forma normale, era affilato.

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Certificato di prova: **11080/a**
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: **3161/6**

Lavoro di laboratorio: **084/19**

Sondaggio n° **2**

Campione n° **12**

Profondità di prelievo:
da m **03.00** a m **03.50**

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONAMENTO

Tipo di perforazione (dichiarata):	carotaggio continuo con asta e carotiere	Forma del campione:	cilindrica
Tipo di campionatore (dichiarato):	shelby	Diametro della carota ϕ :	86 mm
Contenitore:	fustella metallica	Lunghezza della carota:	550 mm
Diametro esterno ϕ del contenitore:	90 mm	Data di prelievo del campione:	06/03/19
Lunghezza del contenitore:	600 mm	Classe di Qualità (dichiarata):	da Q4 a Q5
Data di consegna del campione:	06/03/19	Data di apertura del campione:	18/03/19
Data di apertura Commessa:	05/03/19	Stoccaggio: in camera ad umidità e temperatura controllate	
Data di inizio prova:	18/03/19	Data di fine prova:	18/03/19

SCHEMA DEL CAMPIONE	LUNGH.	POCKET PENETR.	VANE TEST	PROVE ESEGUITE	DESCRIZIONE
	cm	kPa (M.I.)	kPa (M.I.)		
ALTO	10	230		W ₁ Gran. TD1	Argilla con limo marrone scuro con screziature biancaste e grigio-olivastre, molto consistente, a struttura caotica, reattiva ad HCl.
20	250		W ₂ γ_n TD2		
30			TD3		
40	240		W ₃		
50					
60					
70	BASSO				

Note: la fustella era chiusa con nastro adesivo alle estremità, presentava forma normale con le superfici laterali esterna ed interna sufficientemente lisce e prive di protuberanze visivamente apprezzabili. Il filo della scarpa, di forma normale, era affilato. Il campione era isolato con paraffina.

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 2

Campione n° 12

Certificato di prova: 11080/b
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: 3161/6

Lavoro di laboratorio: 084/19

Profondità di prelievo:
da m 03.00 a m 03.50

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

(UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Data di inizio prova:	18/03/19	Data di fine prova:	19/03/19
	Determinazione W_1	Determinazione W_2	Determinazione W_3
Peso lordo umido (g)	37,40	40,80	52,84
Peso lordo secco (g)	31,84	35,08	43,24
Tara (g)	20,32	19,95	21,12
Umidità relativa W (%)	48,3	37,8	43,4
UMIDITA' NATURALE MEDIA W_n	43,2	%	
		DEVIAZIONE STANDARD	5,25

Note:

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore

(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)

Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio

(Dott. Geol. Fabio Garbin)

Fabio Garbin

PESO DELL'UNITA' DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

(UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Data di inizio prova:	18/03/19	Data di fine prova:	18/03/19
Peso umido del terreno (g)	125,68	Volume (cm ³)	72,24
PESO DI VOLUME NATURALE γ_n	17,07	kN/m ³	
		Determinazione eseguita tramite:	fustella tarata

Note:

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore

(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)

Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio

(Dott. Geol. Fabio Garbin)

Fabio Garbin



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 2

Campione n° 12

Certificato di prova: **11080/c**
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: **3161/6**

Lavoro di laboratorio: **084/19**

Profondità di prelievo:
da m **03.00** a m **03.50**

PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Data di inizio prova:	18/03/19	Data di fine prova:	01/04/19
-----------------------	----------	---------------------	----------

Determinazione n° 1	Quantità misurate	Determinazione n° 2
92,73	Tara picnometro (g)	81,96
107,82	Picnometro + campione secco (g)	96,92
223,87	Picnometro + campione + acqua (g)	216,92
18,5	Temperatura di prova (°C)	18,5
214,29	Picnometro + acqua (g)	207,42
26,87	P. di vol. dei grani misurato (kN/m ³)	26,88

PESO DI VOLUME DEI GRANI γ_s	26,88 kN/m ³	DEVIATION STANDARD	0,002
-------------------------------------	--------------------------------	--------------------	--------------

Note: il peso specifico assoluto a 20° C è pari a 26,93 (2,745).

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin

CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE

INDICE DEI VUOTI	e	1,259	GRADO DI SATURAZIONE	S_r	94 %
POROSITA'	n	0,557	PESO DI VOLUME SECCO	γ_{dry}	11,92 kN/m ³
PESO DI VOL. SATURO	γ_{sat}	17,36 kN/m ³	PESO DI VOL. IMMERSO	γ'	7,25 kN/m ³

Note:

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin

ANALISI GRANULOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-4)

geoplanning Laboratorio Geotecnico

SERVIZI PER IL TERRITORIO

Laboratorio Geotecnico

Via Gianio della Bella, 43/45 - 00162 Roma * Tel. 06 44 69 550
laboratorio@geoplanning.it http://www.geoplanning.it



Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti ai sensi del Decreto n° 6630 del 09/10/14, art. 59 D.P.R. 380/2001, Circ. Il.TT. 7618/STC/2010 relativamente al "Settore A" (Prove di laboratorio su terreni, Prove di carico su piastra, Prove di densità in sito).

Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 2

Campione n° 12

Certificato di prova:
(foglio 2 di 2)

11080/d

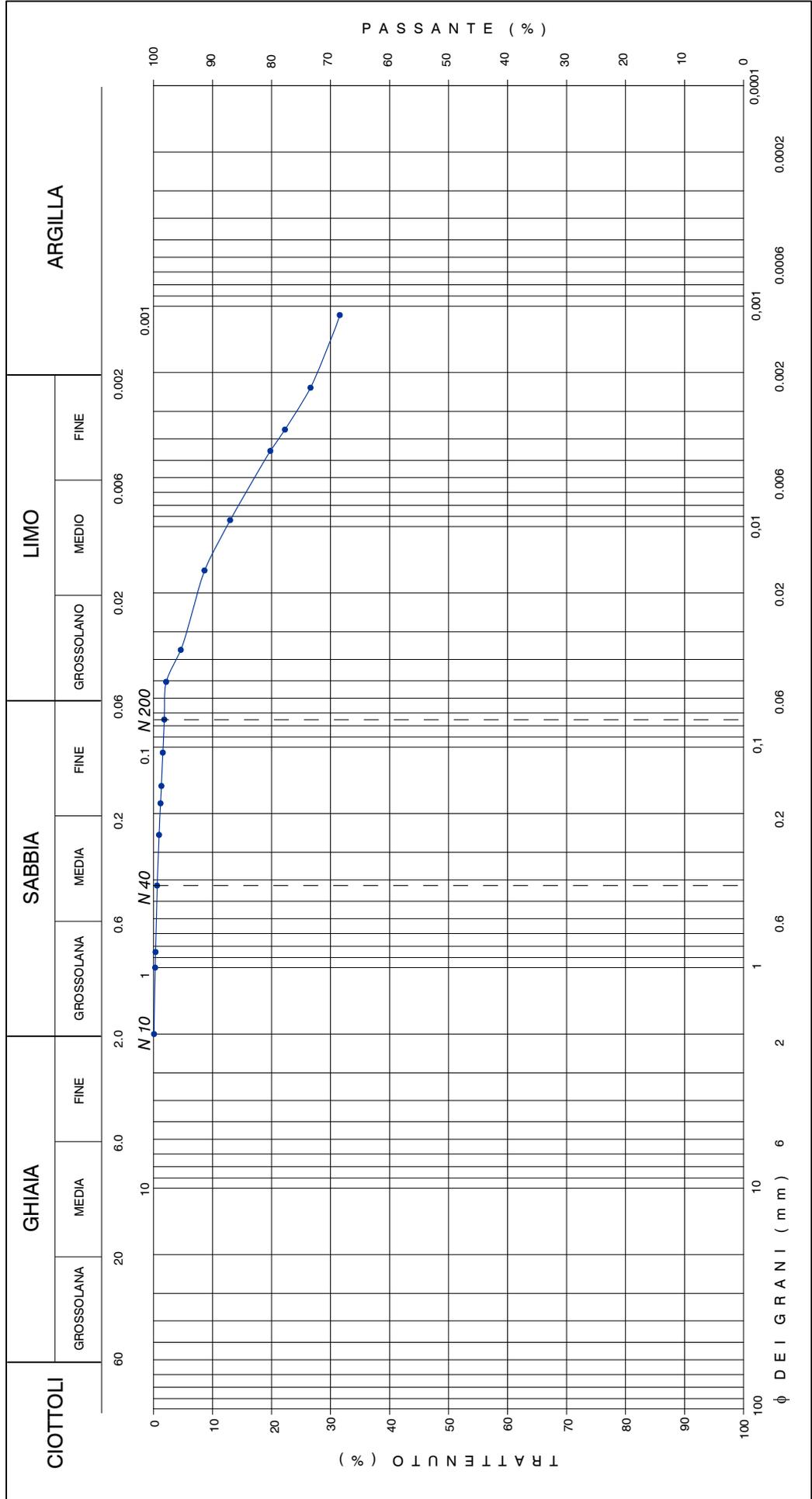
Verbale di Accettazione:
Lavoro di laboratorio:

3161/6
084/19

Profondità di prelievo:
da m 03.00 a m 03.50

Descrizione granulometrica del campione: ARGILLA CON LIMO DEBOLMENTE SABBIOSA.

GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
> 2 mm	0,06 - 2 mm	0,002 - 0,06 mm	< 0,002 mm
0 %	2 %	26 %	72 %
PASSANTE AI SETACCI	N 10	N 40	N 200
	2 mm	0,425 mm	0,075 mm
	100 %	99 %	98 %



Note: il diametro del granulo maggiore è di 2 mm circa.

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)**

(UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Data di inizio prova:	18/03/19	Data di fine prova:	22/03/19
-----------------------	----------	---------------------	----------

CARATTERISTICHE INIZIALI DEI PROVINI

Provino		1	2	3
Altezza	cm	2,024	1,974	2,014
Lato	cm	6,011	5,993	6,008
Volume	cm ³	73,13	70,90	72,70
Peso di volume	kN/m ³	16,78	17,17	17,27
Contenuto d'acqua	%	50,3	42,1	41,8
Peso di volume dei grani	kN/m ³	26,88	26,88	26,88
Indice dei vuoti		1,407	1,228	1,218
Grado di saturazione	%	98	94	94

FASE DI CONSOLIDAZIONE

Provino		1	2	3
Carico verticale efficace	kPa	98	196	294
Durata	h	24	24	24
Cedimento	mm	1,41	0,85	1,69

FASE DI TAGLIO

Provino		1	2	3
Velocità di deformazione	mm/min	0,0028	0,0028	0,0028
Carico verticale efficace	kPa	98	196	294
Contenuto finale d'acqua	%	52,7	42,8	43,0

NOTE

--

Roma, 04/04/19

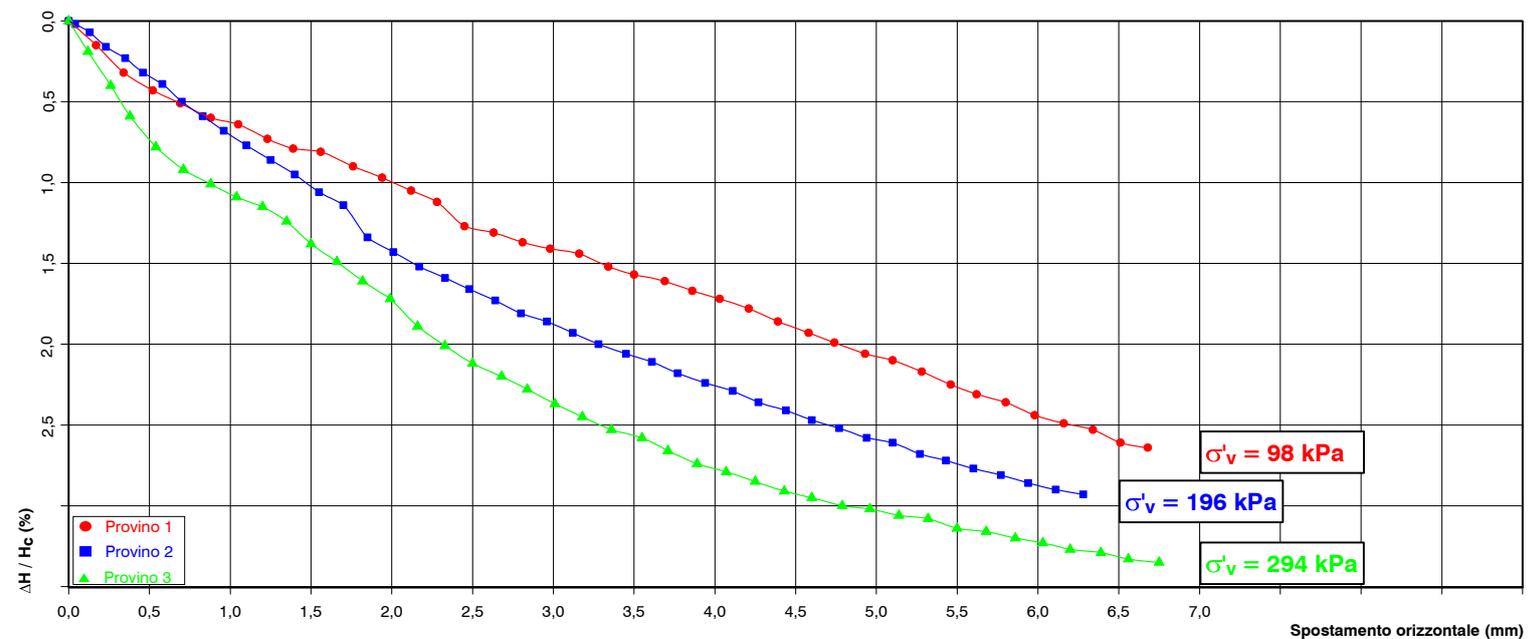
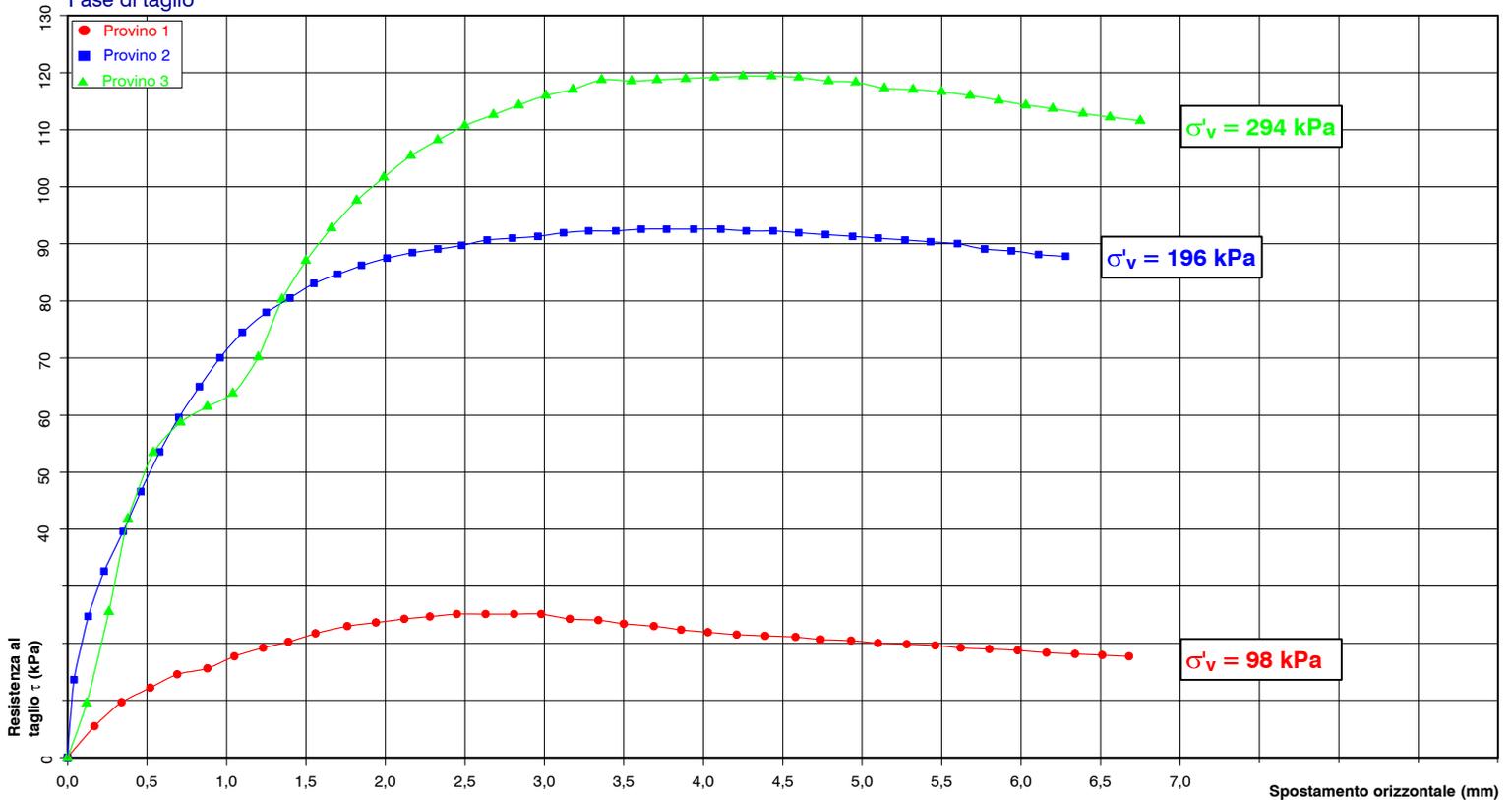
il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)



PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

(UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Fase di taglio



Note:



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Certificato di prova: **11080/e**
(foglio 3 di 4)

Verbale di Accettazione: **3161/6**

Lavoro di laboratorio: **084/19**

Sondaggio n° **2**

Campione n° **12**

Profondità di prelievo:
da m **03.00** a m **03.50**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

(UNI CEN ISO/TS 17892-10)

MISURAZIONI ACQUISITE

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostamento orizzontale (mm)	Deformazione verticale (%)	Sollecitazione di taglio (kPa)	Spostamento orizzontale (mm)	Deformazione verticale (%)	Sollecitazione di taglio (kPa)	Spostamento orizzontale (mm)	Deformazione verticale (%)	Sollecitazione di taglio (kPa)
0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0
0,17	0,15	5	0,04	0,02	14	0,12	0,19	10
0,34	0,32	10	0,13	0,07	25	0,26	0,40	26
0,52	0,43	12	0,23	0,16	33	0,38	0,59	42
0,69	0,51	15	0,35	0,23	40	0,54	0,78	53
0,88	0,60	16	0,46	0,32	47	0,71	0,92	59
1,05	0,64	18	0,58	0,39	54	0,88	1,01	61
1,23	0,73	19	0,70	0,50	60	1,04	1,09	64
1,39	0,79	20	0,83	0,59	65	1,20	1,15	70
1,56	0,81	22	0,96	0,68	70	1,35	1,24	80
1,76	0,90	23	1,10	0,77	74	1,50	1,38	87
1,94	0,97	24	1,25	0,86	78	1,66	1,49	93
2,12	1,05	24	1,40	0,95	81	1,82	1,61	98
2,28	1,12	25	1,55	1,06	83	1,99	1,72	102
2,45	1,27	25	1,70	1,14	85	2,16	1,89	105
2,63	1,31	25	1,85	1,34	86	2,33	2,01	108
2,81	1,37	25	2,01	1,43	87	2,50	2,12	111
2,98	1,41	25	2,17	1,52	88	2,68	2,20	113
3,16	1,44	24	2,33	1,59	89	2,84	2,28	114
3,34	1,52	24	2,48	1,66	90	3,01	2,37	116
3,50	1,57	23	2,64	1,73	91	3,18	2,45	117
3,69	1,61	23	2,80	1,81	91	3,36	2,53	119
3,86	1,67	22	2,96	1,86	91	3,55	2,58	119
4,03	1,72	22	3,12	1,93	92	3,71	2,66	119
4,21	1,78	22	3,28	2,00	92	3,89	2,74	119
4,39	1,86	21	3,45	2,06	92	4,07	2,79	119
4,58	1,93	21	3,61	2,11	93	4,25	2,85	119
4,74	1,99	21	3,77	2,18	93	4,43	2,91	119
4,93	2,06	20	3,94	2,24	93	4,60	2,95	119
5,10	2,10	20	4,11	2,29	93	4,79	3,00	119



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Certificato di prova: **11081/a**
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: **3161/7**

Lavoro di laboratorio: **084/19**

Sondaggio n° **2**

Campione n° **D3**

Profondità di prelievo:
da m **09.50** a m **10.00**

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONAMENTO

Tipo di perforazione (dichiarata):	carotaggio continuo con asta e carotiere	Forma del campione:	cilindrica
Tipo di campionatore (dichiarato):	non dichiarato	Diametro della carota ϕ :	85 mm
Contenitore:	fustella PVC	Lunghezza della carota:	400 mm
Diametro esterno ϕ del contenitore:	90 mm	Data di prelievo del campione:	06/03/19
Lunghezza del contenitore:	400 mm	Classe di Qualità (dichiarata):	da Q3 a Q4
Data di consegna del campione:	06/03/19	Data di apertura del campione:	07/03/19
Data di apertura Commessa:	05/03/19	Stoccaggio: nessuno stoccaggio particolare	
Data di inizio prova:	07/03/19	Data di fine prova:	07/03/19

SCHEMA DEL CAMPIONE	LUNGH.	POCKET PENETR.	VANE TEST	PROVE ESEGUITE	DESCRIZIONE
	cm	kPa (M.I.)	kPa (M.I.)		
ALTO		370			Limo con sabbia argilloso debolmente ghiaioso marrone scuro-rossastro, molto consistente, a struttura complessivamente omogenea, reattivo ad HCl.
10		340			
20		290			
30		340			
40	▲				
50					
60					
70	BASSO				

Note: la fustella era chiusa con nastro adesivo alle estremità.

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 2

Campione n° D4

Certificato di prova: 11082/a
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: 3161/8

Lavoro di laboratorio: 084/19

Profondità di prelievo:
da m 18.50 a m 19.00

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONAMENTO

Tipo di perforazione (dichiarata):	carotaggio continuo con asta e carotiere	Forma del campione:	cilindrica
Tipo di campionatore (dichiarato):	non dichiarato	Diametro della carota ϕ :	85 mm
Contenitore:	fustella PVC	Lunghezza della carota:	400 mm
Diametro esterno ϕ del contenitore:	90 mm	Data di prelievo del campione:	06/03/19
Lunghezza del contenitore:	400 mm	Classe di Qualità (dichiarata):	da Q3 a Q4
Data di consegna del campione:	06/03/19	Data di apertura del campione:	21/03/19
Data di apertura Commessa:	05/03/19	Stoccaggio: in camera ad umidità e temperatura controllate	
Data di inizio prova:	21/03/19	Data di fine prova:	21/03/19

SCHEMA DEL CAMPIONE	LUNGH.	POCKET PENETR.	VANE TEST	PROVE ESEGUITE	DESCRIZIONE
	cm	kPa (M.I.)	kPa (M.I.)		
ALTO				W_1 TD1 TD2 TD3 Lim. W_2 Gran. γ_n ED γ_s W_3	Sabbia con limo marrone-olivastro, di natura piroclastica granulare localmente blandamente saldata, a struttura caotica, non plastica relativamente alle caratteristiche mineralogiche, non reattiva ad HCl.
10		N.D.	N.D.		
20					
30					
40	▲				
50					
60					
70	BASSO				

Note: la fustella era chiusa con nastro adesivo alle estremità.

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 2

Campione n° D4

Certificato di prova: 11082/b
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: 3161/8

Lavoro di laboratorio: 084/19

Profondità di prelievo:
da m 18.50 a m 19.00

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

(UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Data di inizio prova:	21/03/19	Data di fine prova:	22/03/19
	Determinazione W_1	Determinazione W_2	Determinazione W_3
Peso lordo umido (g)	59,09	70,92	81,34
Peso lordo secco (g)	46,78	53,96	62,04
Tara (g)	21,94	21,74	20,71
Umidità relativa W (%)	49,6	52,6	46,7
UMIDITA' NATURALE MEDIA W_n	49,6	%	
		DEVIAZIONE STANDARD	2,95

Note:

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore

(Dott. Geol. Giovanni Caproni)

Giovanni Caproni

il Direttore del Laboratorio

(Dott. Geol. Fabio Garbin)

Fabio Garbin

PESO DELL'UNITA' DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

(UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Data di inizio prova:	21/03/19	Data di fine prova:	21/03/19
Peso umido del terreno (g)	67,72	Volume (cm ³)	39,79
PESO DI VOLUME NATURALE γ_n	16,70	kN/m ³	
		Determinazione eseguita tramite:	fustella tarata

Note:

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore

(Dott. Geol. Giovanni Caproni)

Giovanni Caproni

il Direttore del Laboratorio

(Dott. Geol. Fabio Garbin)

Fabio Garbin



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 2

Campione n° D4

Certificato di prova: **11082/c**
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: **3161/8**

Lavoro di laboratorio: **084/19**

Profondità di prelievo:
da m **18.50** a m **19.00**

PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Data di inizio prova:	21/03/19	Data di fine prova:	02/04/19
-----------------------	----------	---------------------	----------

Determinazione n° 1	Quantità misurate	Determinazione n° 2
79,90	Tara picnometro (g)	84,91
94,94	Picnometro + campione secco (g)	99,96
215,45	Picnometro + campione + acqua (g)	212,63
20,2	Temperatura di prova (°C)	20,1
205,80	Picnometro + acqua (g)	203,01
27,39	P. di vol. dei grani misurato (kN/m ³)	27,21

PESO DI VOLUME DEI GRANI γ_s	27,30 kN/m ³	DEVIATION STANDARD	0,127
-------------------------------------	--------------------------------	--------------------	--------------

Note: il peso specifico assoluto a 20° C è pari a 27,35 (2,788).

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin

CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE

INDICE DEI VUOTI	e	1,450	GRADO DI SATURAZIONE	S_r	95 %
POROSITA'	n	0,592	PESO DI VOLUME SECCO	γ_{dry}	11,16 kN/m ³
PESO DI VOL. SATURO	γ_{sat}	16,97 kN/m ³	PESO DI VOL. IMMERSO	γ'	6,89 kN/m ³

Note:

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



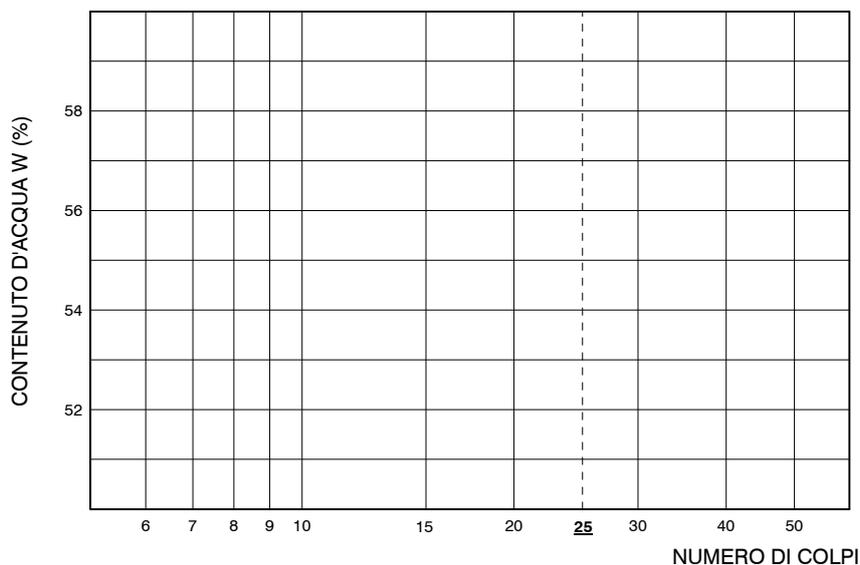
CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA

(UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Data di inizio prova LL e LP	21/03/19	Data di fine prova LL e LP	21/03/19
Data di inizio prova LR	--	Data di fine prova LR	--

				prova n°	colpi n°	W %	
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL	N.D.	%	1	--	--	LL
LIMITE DI PLASTICITA'	LP	N.D.	%	2	--	--	
INDICE DI PLASTICITA'	IP	N.C.	%	3	--	--	
LIMITE DI RITIRO	LR	--	%	4	--	--	
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	W _n	49,6	%	5	--	--	
INDICE DI CONSISTENZA	IC	N.C.		1		--	LP
INDICE DI LIQUIDITA'	IL	N.C.		2		--	
INDICE DI RITIRO	I _r	--		1		--	LR
RAPPORTO DI RITIRO	R _r	--		2		--	
INDICE DI ATTIVITA'	A	N.C.					

LIMITE DI LIQUIDITA'



Note:

Roma, 04/04/18

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Capriani)
Giovanni Capriani

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin

ANALISI GRANULOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-4)

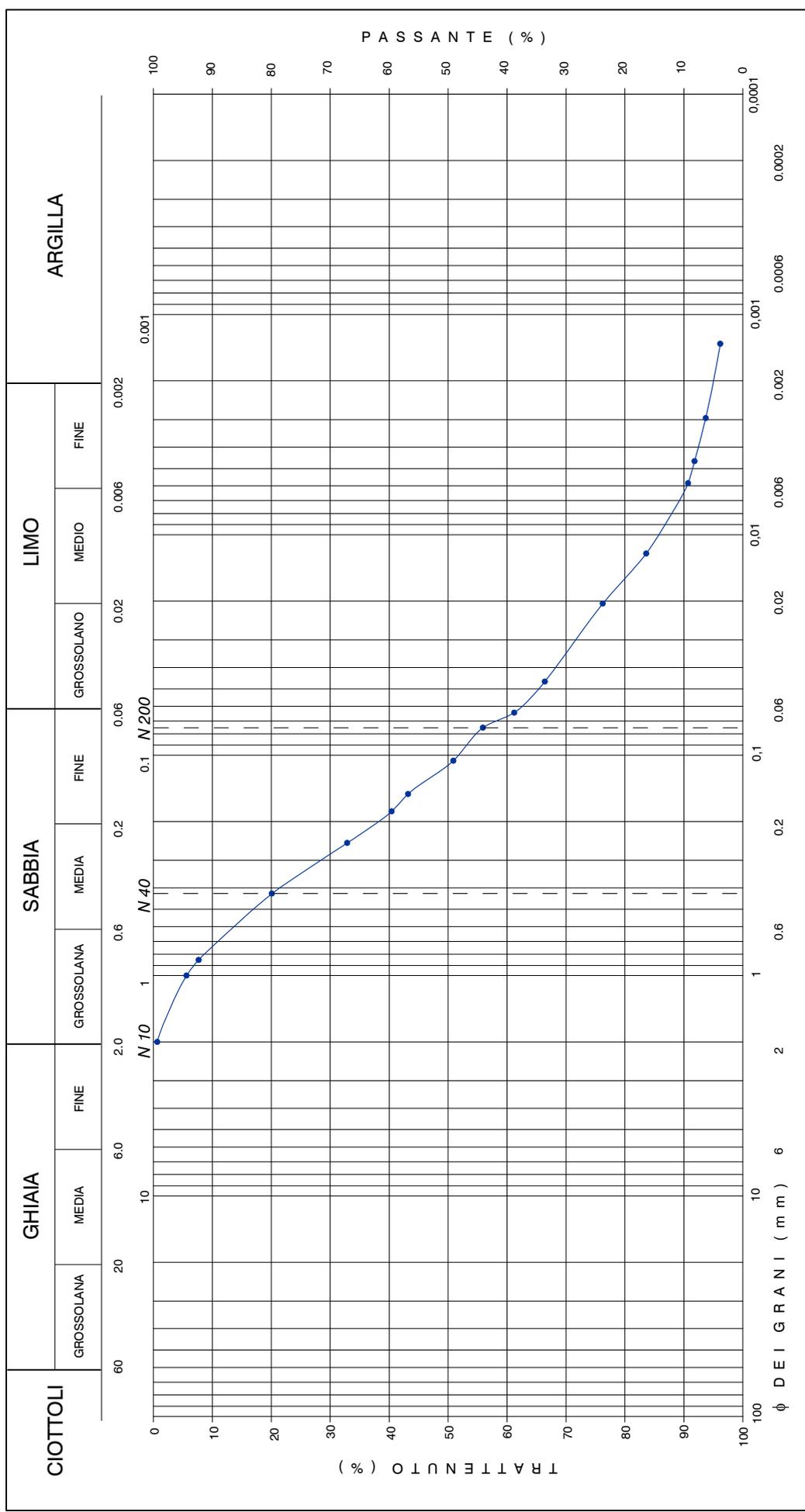


Committente: LazioCrea S.p.A.
Richiedente: Geocompany S.r.l.
Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)
Sondaggio n° 2
Campione n° D4

Certificato di prova: (foglio 2 di 2)	11082/e
Verbale di Accettazione: Lavoro di laboratorio:	3161/8 084/19
Profondità di prelievo: da m 18.50 a m 19.00	

Descrizione granulometrica del campione: **SABBIA CON LIMO DEBOLMENTE ARGILLOSA E GHIAIOSA.**

GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA	%
> 2 mm	0.06 - 2 mm	0.002 - 0.06 mm	< 0.002 mm	
1	62	32	5	%
PASSANTE AI SETACCI	N 10	N 40	N 200	%
	2 mm	0.425 mm	0.075 mm	
	99	80	44	%



Note: il diametro del granulo maggiore è di 2-3 mm.



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 2

Campione n° D4

Certificato di prova: **11082/f**
(foglio 1 di 4)

Verbale di Accettazione: **3161/8**
Lavoro di laboratorio: **084/19**

Profondità di prelievo:
da m **18.50** a m **19.00**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Data di inizio prova:	21/03/19	Data di fine prova:	02/04/19
-----------------------	----------	---------------------	----------

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

Diametro	ϕ	5,034	cm	Peso di vol. dei grani	γ_s	27,30	kN/m ³
Altezza iniziale	H_0	1,999	cm	Grado di saturazione	S_r	95	%
Area	a	19,903	cm ²	Cont. d'acqua finale	W_f	42,7	%
Volume iniziale	V_0	39,786	cm ³	Porosità iniziale	n_0	0,591	
Cont. d'acqua iniziale	W_i	49,4	%	Altezza del secco	H_{dry}	0,817	cm
Peso di volume	γ	16,68	kN/m ³	Indice dei vuoti iniziale	e_0	1,447	

Pressione σ (kPa)	Tempo t (h)	Cedimento cumulativo d (mm)	Indice dei vuoti e (--)	Modulo di compressibilità E' (kPa)	Coefficiente di compressibilità m_v (kPa ⁻¹)	Coefficiente di consolidazione c_v (cm ² /sec)	Coefficiente di permeabilità k (m/sec)
0	0	0	1,447				
49	24	-0,023	1,450	--	--	N.D.	N.D.
98	24	0,045	1,441	14.421	6,93E-05	N.D.	N.D.
196	24	0,251	1,416	9.488	1,05E-04	N.D.	N.D.
392	24	0,686	1,363	8.894	1,12E-04	N.D.	N.D.
785	24	1,292	1,289	12.519	7,99E-05	N.D.	N.D.
1570	24	2,070	1,194	18.866	5,30E-05	N.D.	N.D.
392	24	1,877	1,217				
98	12	1,728	1,235				
49	12	1,660	1,244				

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

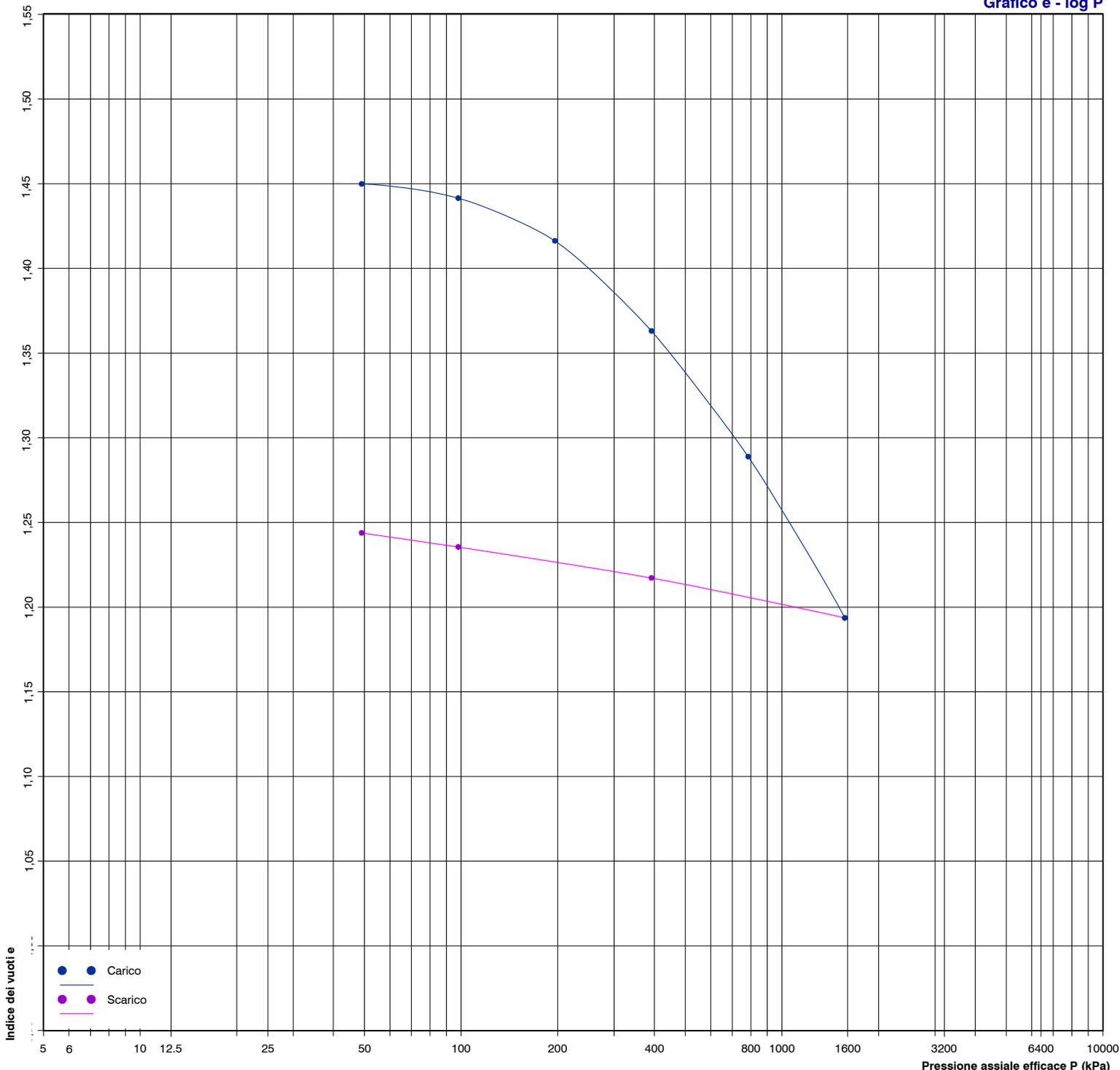
il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Grafico e - log P



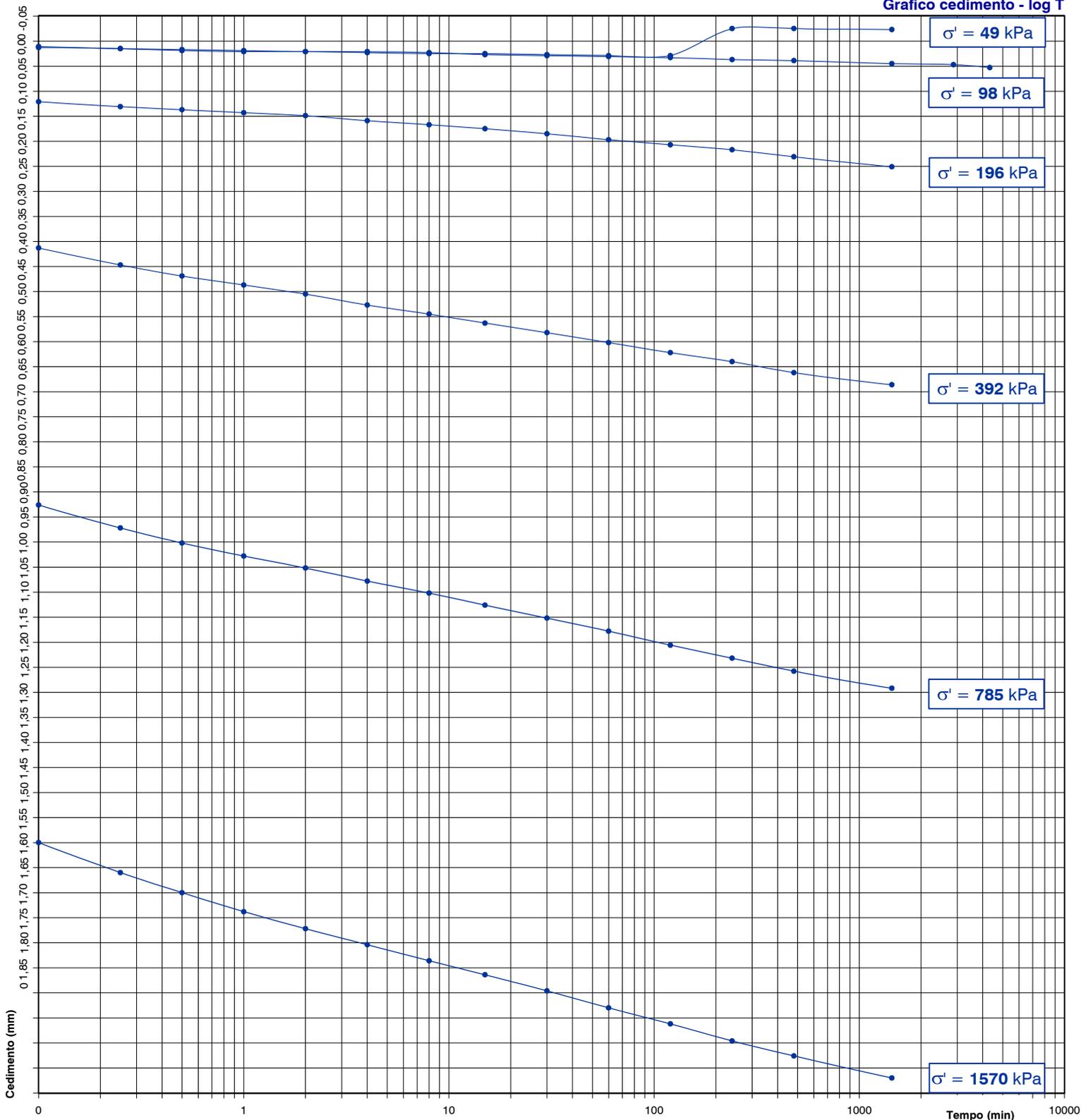
Note:



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Grafico cedimento - log T



Note:



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

MISURAZIONI ACQUISITE

Pressione (kPa)	49	98	196	392	785	1570	392	98	49									
Data (gg/mese)	21/3	22/3	25/3	26/3	27/3	28/3	29/3	1/4	1/4									
Tempi	Cedimenti (mm)																	
0"	0,000	-0,023	0,053	0,251	0,686	1,292	2,070	1,877	1,728									
6"	0,013	0,011	0,121	0,413	0,926	1,600												
15"	0,015	0,015	0,131	0,447	0,972	1,660												
30"	0,019	0,017	0,137	0,469	1,002	1,700												
1'	0,021	0,019	0,143	0,487	1,028	1,738												
2'	0,021	0,021	0,149	0,505	1,052	1,772												
4'	0,023	0,021	0,159	0,527	1,078	1,804												
8'	0,025	0,023	0,167	0,545	1,102	1,836												
15'	0,025	0,027	0,175	0,563	1,126	1,864												
30'	0,027	0,029	0,185	0,582	1,152	1,896												
60'	0,029	0,031	0,197	0,602	1,178	1,930												
120'	0,029	0,033	0,207	0,622	1,206	1,962												
240'	-0,025	0,037	0,217	0,640	1,232	1,996												
480'	-0,025	0,039	0,231	0,662	1,258	2,026												
1440'	-0,023	0,045	0,251	0,686	1,292	2,070	1,877	1,728	1,660									
2880'		0,047																
4320'		0,053																

Note: in corrispondenza di 49 kPa si sono verificati dei rigonfiamenti. Le deformazioni finali relative agli ultimi due step di pressione in fase di scarico sono state acquisite dopo 12 ore.



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 2

Campione n° D4

Certificato di prova: 11082/g
(foglio 1 di 4)

Verbale di Accettazione: 3161/8

Lavoro di laboratorio: 084/19

Profondità di prelievo:
da m 18.50 a m 19.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

(UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Data di inizio prova:	21/03/19	Data di fine prova:	29/03/19
-----------------------	----------	---------------------	----------

CARATTERISTICHE INIZIALI DEI PROVINI

Provino		1	2	3
Altezza	cm	2,025	1,957	1,992
Lato	cm	6,009	5,975	5,990
Volume	cm ³	73,12	69,87	71,47
Peso di volume	kN/m ³	15,99	16,28	15,99
Contenuto d'acqua	%	49,9	51,9	51,8
Peso di volume dei grani	kN/m ³	27,30	27,30	27,30
Indice dei vuoti		1,560	1,549	1,600
Grado di saturazione	%	89	93	90

FASE DI CONSOLIDAZIONE

Provino		1	2	3
Carico verticale efficace	kPa	98	196	294
Durata	h	24	24	24
Cedimento	mm	0,88	1,08	1,34

FASE DI TAGLIO

Provino		1	2	3
Velocità di deformazione	mm/min	0,0111	0,0111	0,0111
Carico verticale efficace	kPa	98	196	294
Contenuto finale d'acqua	%	50,3	48,6	53,2

NOTE

--

Roma, 04/04/19

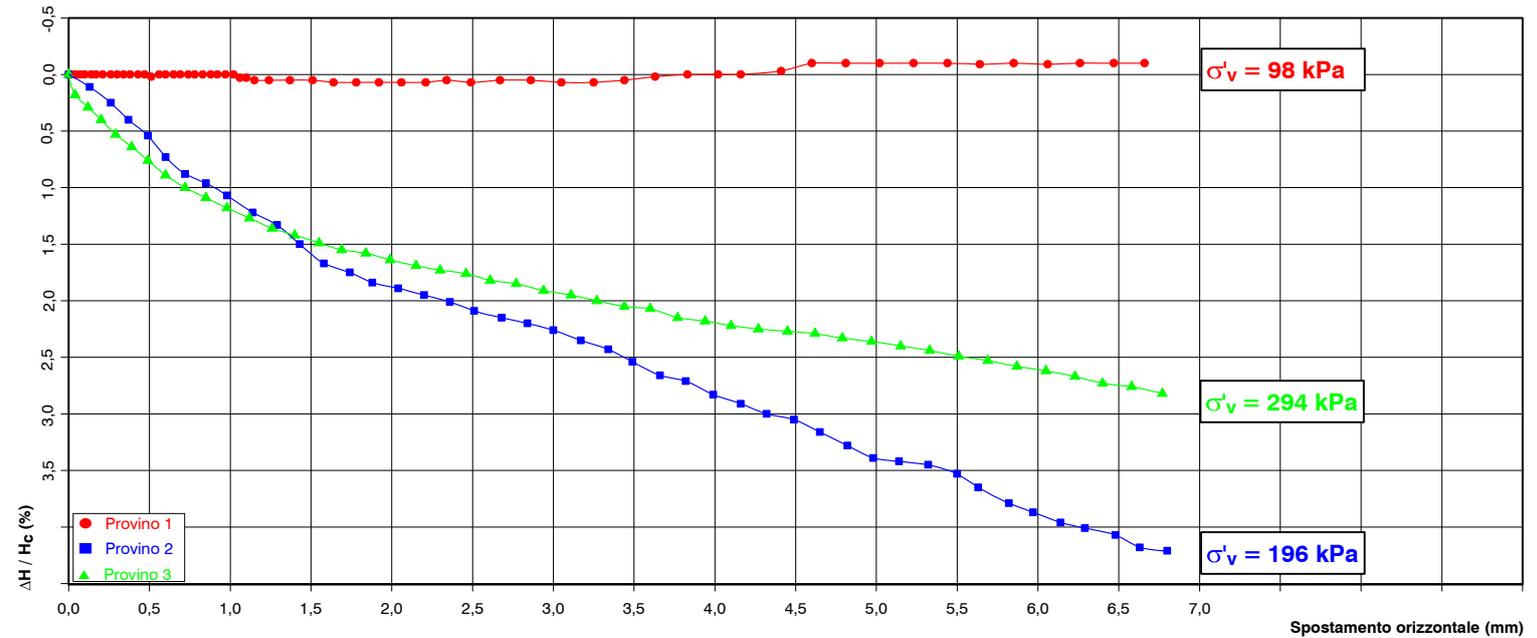
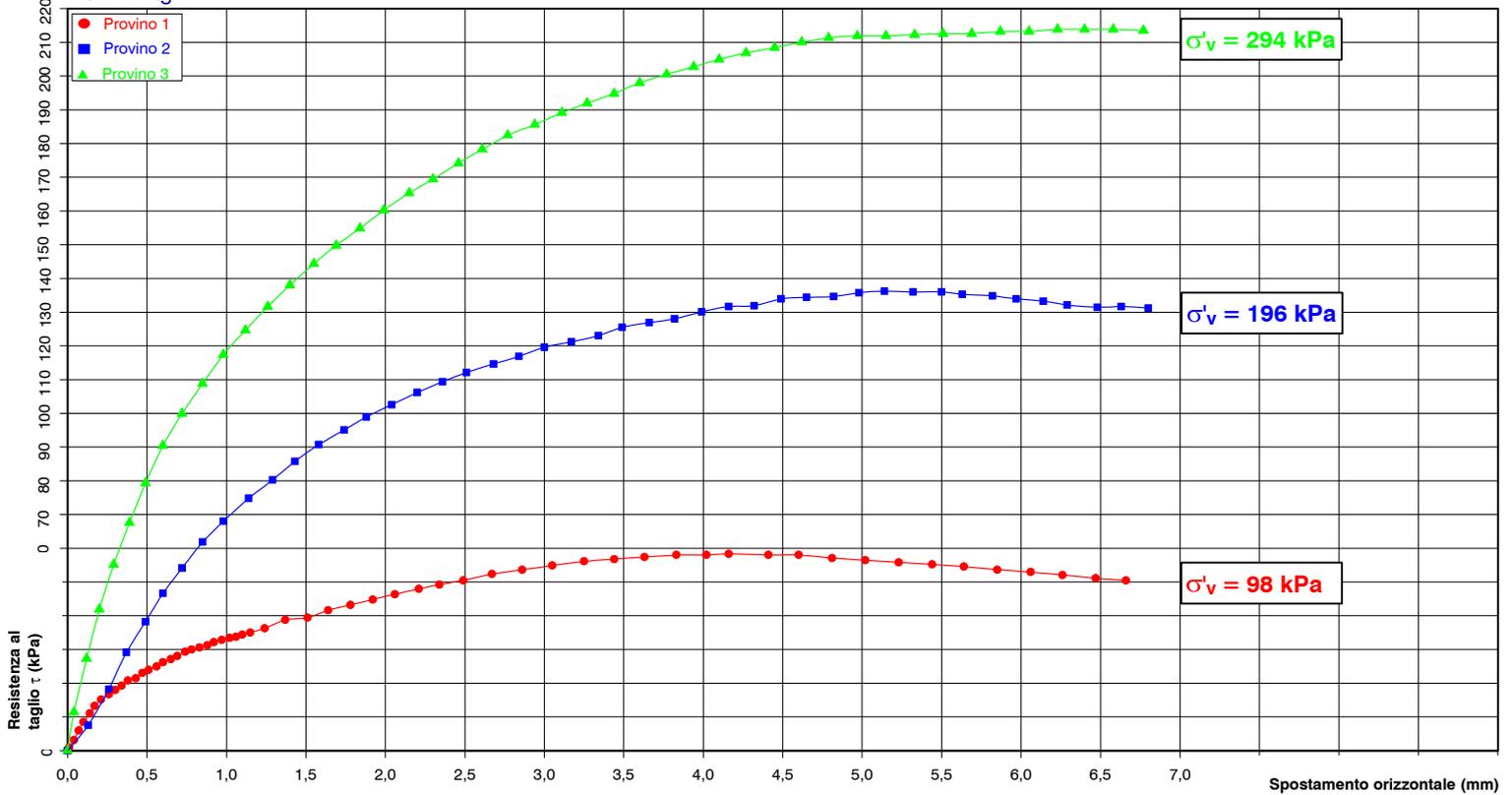
il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caproni)
il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)



PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

(UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Fase di taglio



Note:



PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

(UNI CEN ISO/TS 17892-10)

MISURAZIONI ACQUISITE

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostamento orizzontale (mm)	Deformazione verticale (%)	Sollecitazione di taglio (kPa)	Spostamento orizzontale (mm)	Deformazione verticale (%)	Sollecitazione di taglio (kPa)	Spostamento orizzontale (mm)	Deformazione verticale (%)	Sollecitazione di taglio (kPa)
0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0
0,01	0,00	1	0,13	0,11	8	0,04	0,18	11
0,04	0,00	3	0,26	0,25	18	0,12	0,29	27
0,07	0,00	6	0,37	0,40	29	0,20	0,40	42
0,10	0,00	9	0,49	0,54	38	0,29	0,53	55
0,14	0,00	11	0,60	0,73	47	0,39	0,64	68
0,17	0,00	13	0,72	0,88	54	0,49	0,76	79
0,21	0,00	15	0,85	0,96	62	0,60	0,89	90
0,26	0,00	17	0,98	1,07	68	0,72	1,00	100
0,30	0,00	18	1,14	1,22	75	0,85	1,09	109
0,34	0,00	19	1,29	1,33	80	0,98	1,18	117
0,38	0,00	21	1,43	1,50	86	1,12	1,27	125
0,43	0,00	21	1,58	1,67	91	1,26	1,36	132
0,47	0,00	23	1,74	1,75	95	1,40	1,42	138
0,51	0,02	24	1,88	1,84	99	1,55	1,49	144
0,56	0,00	25	2,04	1,89	103	1,69	1,55	150
0,60	0,00	26	2,20	1,95	106	1,84	1,58	155
0,65	0,00	27	2,36	2,01	109	1,99	1,64	160
0,69	0,00	28	2,51	2,09	112	2,15	1,69	165
0,74	0,00	29	2,68	2,15	115	2,30	1,73	169
0,78	0,00	30	2,84	2,20	117	2,46	1,76	174
0,83	0,00	31	3,00	2,26	120	2,61	1,82	178
0,88	0,00	31	3,17	2,35	121	2,77	1,85	182
0,92	0,00	32	3,34	2,43	123	2,94	1,91	186
0,97	0,00	33	3,49	2,54	126	3,11	1,95	189
1,02	0,00	33	3,66	2,66	127	3,27	2,00	192
1,06	0,03	34	3,82	2,71	128	3,44	2,05	195
1,10	0,03	34	3,99	2,83	130	3,60	2,07	198
1,15	0,05	35	4,16	2,91	132	3,77	2,15	201
1,24	0,05	36	4,32	3,00	132	3,94	2,18	203



PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

(UNI CEN ISO/TS 17892-10)

MISURAZIONI ACQUISITE

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostamento orizzontale (mm)	Deformazione verticale (%)	Sollecitazione di taglio (kPa)	Spostamento orizzontale (mm)	Deformazione verticale (%)	Sollecitazione di taglio (kPa)	Spostamento orizzontale (mm)	Deformazione verticale (%)	Sollecitazione di taglio (kPa)
1,37	0,05	39	4,49	3,05	134	4,10	2,22	205
1,51	0,05	39	4,65	3,16	134	4,27	2,25	207
1,64	0,07	42	4,82	3,28	135	4,45	2,27	208
1,78	0,07	43	4,98	3,39	136	4,62	2,29	210
1,92	0,07	45	5,14	3,42	136	4,79	2,33	211
2,06	0,07	46	5,32	3,45	136	4,97	2,36	212
2,21	0,07	48	5,50	3,53	136	5,15	2,40	212
2,34	0,05	49	5,63	3,65	135	5,33	2,44	212
2,49	0,07	50	5,82	3,79	135	5,51	2,49	213
2,67	0,05	52	5,97	3,87	134	5,69	2,53	213
2,86	0,05	54	6,14	3,96	133	5,87	2,58	213
3,05	0,07	55	6,29	4,01	132	6,05	2,62	213
3,25	0,07	56	6,48	4,07	131	6,23	2,67	214
3,44	0,05	57	6,63	4,18	132	6,40	2,73	214
3,63	0,02	57	6,80	4,21	131	6,58	2,76	214
3,83	0,00	58				6,77	2,82	214
4,02	0,00	58						
4,16	0,00	58						
4,41	-0,03	58						
4,60	-0,10	58						
4,81	-0,10	57						
5,02	-0,10	56						
5,23	-0,10	56						
5,44	-0,10	55						
5,64	-0,09	55						
5,85	-0,10	54						
6,06	-0,09	53						
6,26	-0,10	52						
6,47	-0,10	51						
6,66	-0,10	50						



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 3

Campione n° 11

Certificato di prova: **11083/a**
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: **3161/9**

Lavoro di laboratorio: **084/19**

Profondità di prelievo:
da m **03.00** a m **03.50**

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONAMENTO

Tipo di perforazione (dichiarata):	carotaggio continuo con asta e carotiere	Forma del campione:	cilindrica
Tipo di campionatore (dichiarato):	shelby	Diametro della carota ϕ :	86 mm
Contenitore:	fustella metallica	Lunghezza della carota:	370 mm
Diametro esterno ϕ del contenitore:	90 mm	Data di prelievo del campione:	06/03/19
Lunghezza del contenitore:	600 mm	Classe di Qualità (dichiarata):	da Q3 a Q4
Data di consegna del campione:	09/03/19	Data di apertura del campione:	19/03/19
Data di apertura Commessa:	05/03/19	Stoccaggio: in camera ad umidità e temperatura controllate	
Data di inizio prova:	19/03/19	Data di fine prova:	19/03/19

SCHEMA DEL CAMPIONE	LUNGH.	POCKET PENETR.	VANE TEST	PROVE ESEGUITE	DESCRIZIONE
	cm	kPa (M.I.)	kPa (M.I.)		
ALTO		240		W_1 γ_n ■ ED	Argilla limosa e sabbiosa marrone scuro-olivastro, molto consistente, a struttura nel complesso omogenea, molto plastica ed inattiva relativamente alle caratteristiche mineralogiche, reattiva ad HCl. Tra 27 e 37 cm ca. dall'alto è presente un livello centimetrico con alti tenori di sabbia e ghiaia.
10		250	Gran. Lim. γ_s		
20		380		W_2	
30		310		W_3	
40	▲				
50					
60					
70	BASSO				

Note: la fustella era chiusa con nastro adesivo alle estremità, presentava forma normale con le superfici laterali esterna ed interna sufficientemente lisce e prive di protuberanze visivamente apprezzabili. Il filo della scarpa era slabbrato e non affilato. Il campione era isolato con paraffina. Sono stati eseguiti pocket penetrometer test trasversalmente alla carota a 12 cm circa dall'alto, che hanno evidenziato valori di resistenza (nell'ordine dall'esterno verso l'interno) di 250, 210 e 190 kPa.

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 3

Campione n° 11

Certificato di prova: 11083/b
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: 3161/9

Lavoro di laboratorio: 084/19

Profondità di prelievo:
da m 03.00 a m 03.50

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

(UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Data di inizio prova:	19/03/19	Data di fine prova:	20/03/19
	Determinazione W_1	Determinazione W_2	Determinazione W_3
Peso lordo umido (g)	47,51	30,22	44,42
Peso lordo secco (g)	39,82	27,39	38,36
Tara (g)	20,03	21,65	21,29
Umidità relativa W (%)	38,9	49,3	35,5
UMIDITA' NATURALE MEDIA W_n	41,2	%	DEVIAZIONE STANDARD 7,19

Note:

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore

(Dott. Geol. Giovanni Caproni)

il Direttore del Laboratorio

(Dott. Geol. Fabio Garbin)

PESO DELL'UNITA' DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

(UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Data di inizio prova:	19/03/19	Data di fine prova:	19/03/19
Peso umido del terreno (g)	70,66	Volume (cm ³)	39,57
PESO DI VOLUME NATURALE γ_n	17,52	kN/m ³	Determinazione eseguita tramite: fustella tarata

Note:

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore

(Dott. Geol. Giovanni Caproni)

il Direttore del Laboratorio

(Dott. Geol. Fabio Garbin)



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 3

Campione n° 11

Certificato di prova: **11083/c**
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: **3161/9**

Lavoro di laboratorio: **084/19**

Profondità di prelievo:
da m **03.00** a m **03.50**

PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Data di inizio prova:	19/03/19	Data di fine prova:	02/04/19
-----------------------	----------	---------------------	----------

Determinazione n° 1	Quantità misurate	Determinazione n° 2
92,73	Tara picnometro (g)	81,96
107,74	Picnometro + campione secco (g)	96,97
223,83	Picnometro + campione + acqua (g)	217,01
19,8	Temperatura di prova (°C)	20,0
214,24	Picnometro + acqua (g)	207,37
27,17	P. di vol. dei grani misurato (kN/m ³)	27,42

PESO DI VOLUME DEI GRANI γ_s	27,29 kN/m ³	DEVIATION STANDARD	0,179
-------------------------------------	--------------------------------	--------------------	--------------

Note: il peso specifico assoluto a 20° C è pari a 27,34 (2,787).

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin

CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE

INDICE DEI VUOTI	e	1,204	GRADO DI SATURAZIONE	S_r	95 %
POROSITA'	n	0,546	PESO DI VOLUME SECCO	γ_{dry}	12,41 kN/m ³
PESO DI VOL. SATURO	γ_{sat}	17,76 kN/m ³	PESO DI VOL. IMMERSO	γ'	7,70 kN/m ³

Note:

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



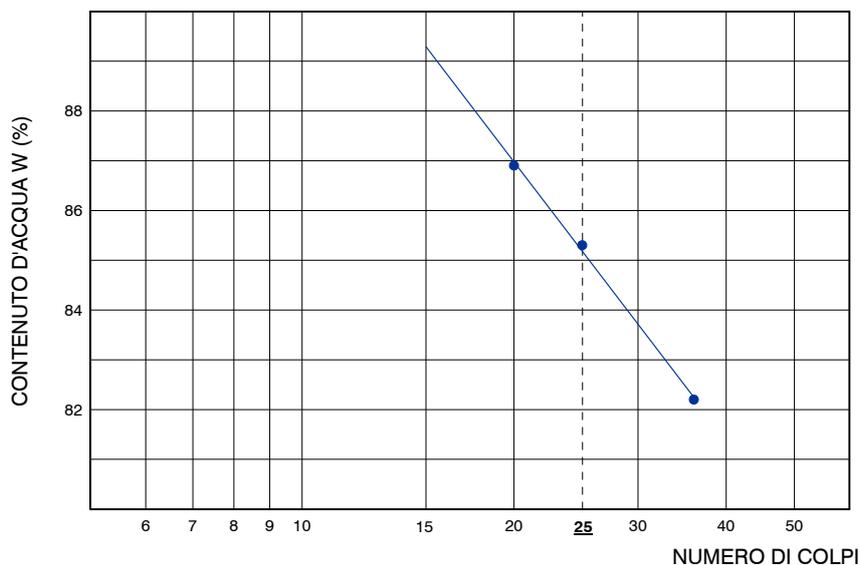
CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA

(UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Data di inizio prova LL e LP	19/03/19	Data di fine prova LL e LP	02/04/19
Data di inizio prova LR	--	Data di fine prova LR	--

Caratteristica	Simbolo	Valore	Unità	Prova n°	Colpi n°	W %	Stato
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL	85	%				
LIMITE DI PLASTICITA'	LP	42	%				
INDICE DI PLASTICITA'	IP	43	%				
LIMITE DI RITIRO	LR	--	%				
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	W _n	41,2	%				
INDICE DI CONSISTENZA	IC	>1					
INDICE DI LIQUIDITA'	IL	<0					
INDICE DI RITIRO	I _r	--					
RAPPORTO DI RITIRO	R _r	--					
INDICE DI ATTIVITA'	A	0,60					
				1	20	86,9	LL
				2	25	85,3	
				3	36	82,2	
				4	--	--	
				5	--	--	
				1	Dev. Stand. 0,35	42,4	LP
				2		41,9	
				1		--	LR
				2		--	

LIMITE DI LIQUIDITA'



Note:

Roma, 04/04/18

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caproni)
Giovanni Caproni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



ANALISI GRANULOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-4)

MISURAZIONI ACQUISITE VAGLIATURA		
Peso secco cumulato (g)	Diamet. medio (mm)	Trattenuto cumulativo (%)
0,94	2,000	0,4
1,98	1,000	0,7
2,76	0,850	1,0
9,86	0,425	3,7
20,24	0,250	7,5
25,46	0,180	9,5
27,49	0,150	10,3
31,82	0,106	11,9
34,54	0,075	12,9

Data di inizio prova per vagliatura: 22/03/19

Data di fine prova per vagliatura: 03/04/19

Peso secco iniziale vagliatura (g): 268,15

Data di inizio prova per sedimentazione: 19/03/19

Data di fine prova per sedimentazione: 22/03/19

Peso secco iniziale sedimentazione (g): 51,40

Note: i calcoli per l'elaborazione dell'areometria sono stati eseguiti utilizzando il peso specifico indicato dal Richiedente, e pari a . La curva granulometrica è restituita secondo le indicazioni A.G.I.

MISURAZIONI ACQUISITE AREOMETRIA					
Tempo (secondi)	Letture (Rh)	Temperatura (°C)	Correzione totale	Diamet. medio (mm)	Trattenuto cumulativo (%)
30	29,8	19,5	2,2	0,0537	14,74
60	29,5	19,5	2,2	0,0381	15,65
330	29,0	19,5	2,2	0,0164	17,17
990	28,5	19,5	2,2	0,0095	18,68
4500	27,3	19,5	2,2	0,0046	22,32
7200	26,9	19,5	2,2	0,0036	23,54
18000	26,3	19,5	2,9	0,0023	27,48
86400	24,9	19,0	3,1	0,0011	32,34

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)

ANALISI GRANULOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-4)

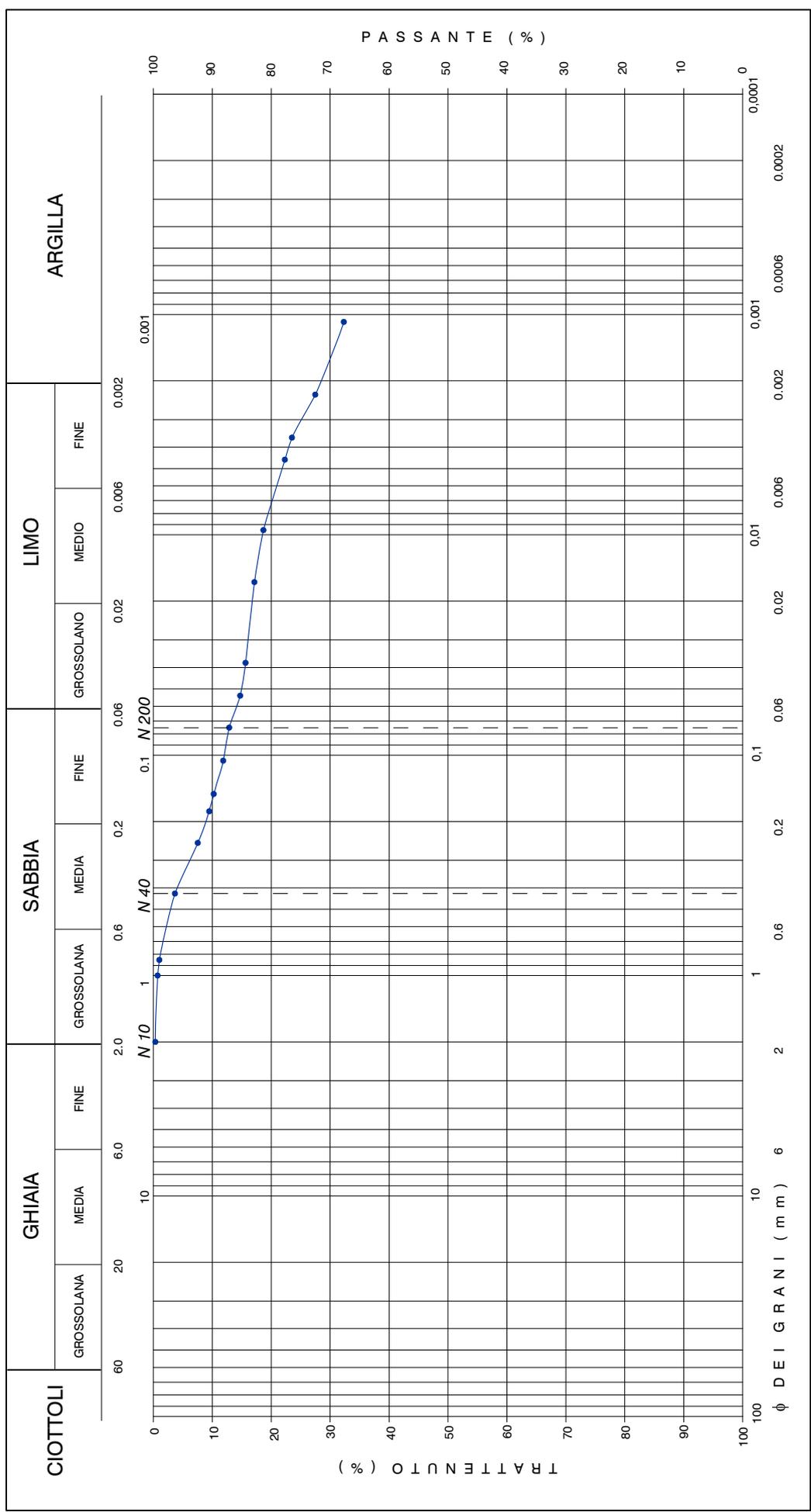


Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti ai sensi del Decreto n° 6630 del 09/10/14, art. 59 D.P.R. 380/2001, Circ. Il.TT. 7618/STC/2010 relativamente al "Settore A" (Prove di laboratorio su terreni, Prove di carico su piastra, Prove di densità in sito).

Committente: LazioCrea S.p.A.
Richiedente: Geocompany S.r.l.
Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)
Sondaggio n° 3 | **Campione n°** I1

Certificato di prova: 11083/e
 (foglio 2 di 2)
Verbale di Accettazione: 3161/9
Lavoro di laboratorio: 084/19
Profondità di prelievo: da m 03.00 a m 03.50

Descrizione granulometrica del campione: ARGILLA LIMOSA E SABBIOSA.					
GHIAIA > 2 mm	0	%	SABBIA 0.06 - 2 mm	14	%
PASSANTE AI SETACCI	N 10 2 mm	%	LIMO 0.002 - 0.06 mm	14	%
			ARGILLA < 0.002 mm	72	%
			N 200 0.075 mm	96	%
			N 40 0.425 mm	87	%



Note: il diametro del granulo maggiore è di 2 mm circa.



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 3

Campione n° 11

Certificato di prova: 11083/f
(foglio 1 di 4)

Verbale di Accettazione: 3161/9

Lavoro di laboratorio: 084/19

Profondità di prelievo:
da m 03.00 a m 03.50

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Data di inizio prova:	19/03/19	Data di fine prova:	01/04/19
-----------------------	----------	---------------------	----------

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

Diametro	ϕ	5,018	cm	Peso di vol. dei grani	γ_s	27,29	kN/m ³
Altezza iniziale	H_0	2,001	cm	Grado di saturazione	S_r	93	%
Area	a	19,777	cm ²	Cont. d'acqua finale	W_f	41,9	%
Volume iniziale	V_0	39,573	cm ³	Porosità iniziale	n_0	0,538	
Cont. d'acqua iniziale	W_i	38,6	%	Altezza del secco	H_{dry}	0,925	cm
Peso di volume	γ	17,56	kN/m ³	Indice dei vuoti iniziale	e_0	1,163	

Pressione σ (kPa)	Tempo t (h)	Cedimento cumulativo d (mm)	Indice dei vuoti e (--)	Modulo di compressibilità E' (kPa)	Coefficiente di compressibilità m_v (kPa ⁻¹)	Coefficiente di consolidazione c_v (cm ² /sec)	Coefficiente di permeabilità k (m/sec)
0	0	0	1,163				
49	24	0,147	1,147	6.670	1,50E-04	2,66E-02	4,0E-09
98	24	0,313	1,129	5.863	1,71E-04	2,94E-02	5,0E-09
196	24	0,585	1,100	7.097	1,41E-04	2,71E-02	3,8E-09
392	24	1,022	1,053	8.712	1,15E-04		
785	24	1,792	0,969	9.691	1,03E-04		
1570	24	2,694	0,872	15.855	6,31E-05		
392	24	2,340	0,910				
98	12	1,930	0,954				
49	12	1,753	0,974				

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

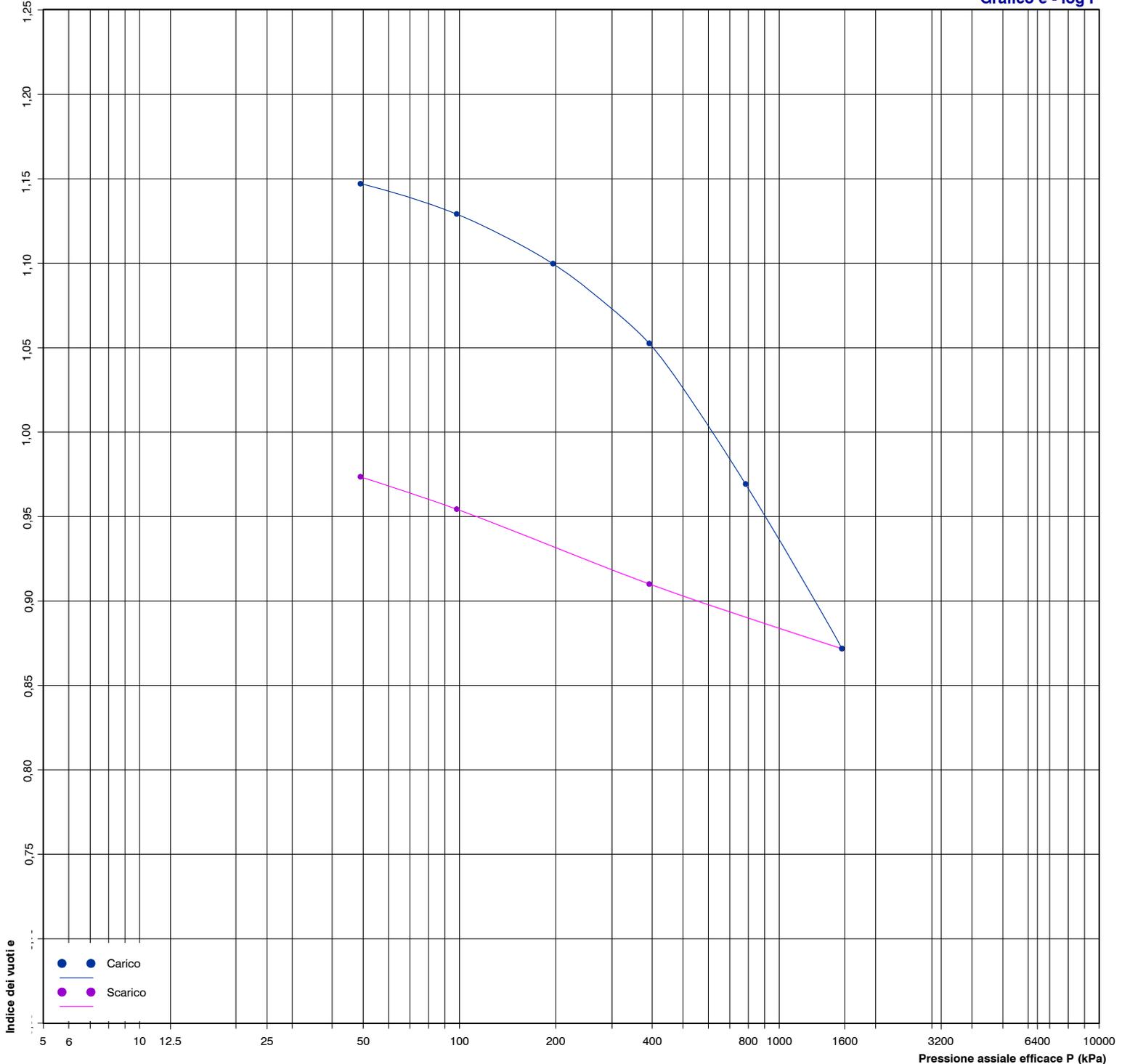
il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Grafico e - log P



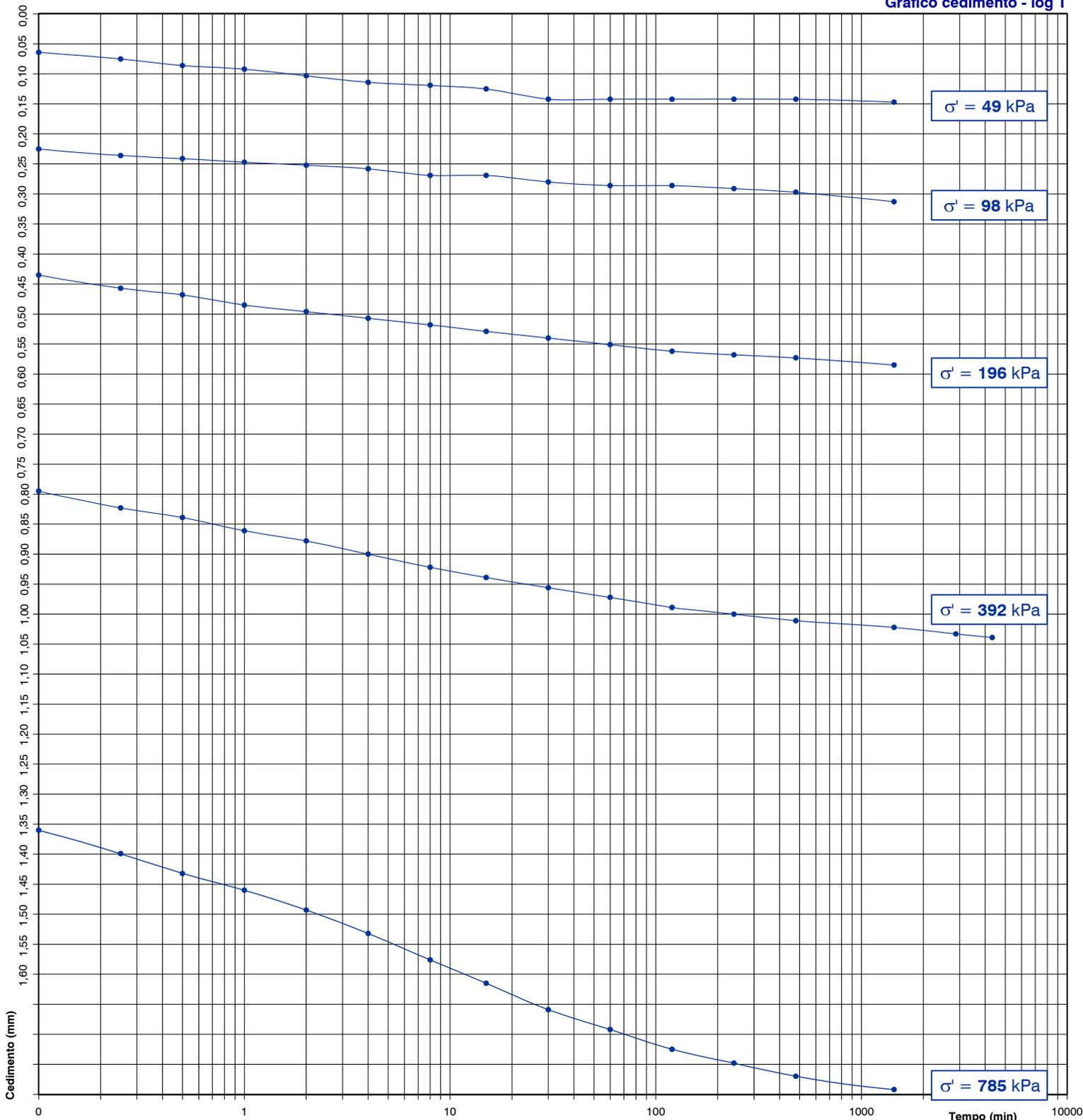
Note:



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Grafico cedimento - log T



Note: il Cv è stato determinato con il metodo di Taylor.



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

MISURAZIONI ACQUISITE

Pressione (kPa)	49	98	196	392	785	1570	392	98	49										
Data (gg/mese)	19/3	20/3	21/3	22/3	25/3	26/3	27/3	28/3	29/3										
Tempi	Cedimenti (mm)																		
0"	0,000	0,147	0,313	0,585	1,039	1,792	2,694	2,340	1,930										
6"	0,064	0,225	0,435	0,795	1,360														
15"	0,075	0,236	0,457	0,823	1,399														
30"	0,086	0,241	0,468	0,839	1,432														
1'	0,092	0,247	0,485	0,861	1,460														
2'	0,103	0,252	0,496	0,878	1,493														
4'	0,114	0,258	0,507	0,900	1,532														
8'	0,119	0,269	0,518	0,922	1,576														
15'	0,125	0,269	0,529	0,939	1,615														
30'	0,142	0,280	0,540	0,956	1,659														
60'	0,142	0,286	0,551	0,972	1,692														
120'	0,142	0,286	0,562	0,989	1,725														
240'	0,142	0,291	0,568	1,000	1,748														
480'	0,142	0,297	0,573	1,011	1,770														
1440'	0,147	0,313	0,585	1,022	1,792	2,694	2,340	1,930	1,753										
2880'				1,033															
4320'				1,039															

Note:



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 3

Campione n° 12

Certificato di prova: 11084/a
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: 3161/10

Lavoro di laboratorio: 084/19

Profondità di prelievo:
da m 07.40 a m 07.90

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONAMENTO

Tipo di perforazione (dichiarata):	carotaggio continuo con asta e carotiere	Forma del campione:	cilindrica
Tipo di campionatore (dichiarato):	shelby	Diametro della carota ϕ :	86 mm
Contenitore:	fustella metallica	Lunghezza della carota:	510 mm
Diametro esterno ϕ del contenitore:	90 mm	Data di prelievo del campione:	08/03/19
Lunghezza del contenitore:	700 mm	Classe di Qualità (dichiarata):	da Q4 a Q5
Data di consegna del campione:	09/03/19	Data di apertura del campione:	19/03/19
Data di apertura Commessa:	05/03/19	Stoccaggio: in camera ad umidità e temperatura controllate	
Data di inizio prova:	19/03/19	Data di fine prova:	19/03/19

SCHEMA DEL CAMPIONE	LUNGH.	POCKET PENETR.	VANE TEST	PROVE ESEGUITE	DESCRIZIONE
	cm	kPa (M.I.)	kPa (M.I.)		
ALTO	10	220		W ₁	Sabbia con limo argillosa olivastro, da consistente a molto consistente ove prevalenti le frazioni fini, a struttura molto caotica (tra 5 e 20 cm e tra 35 e 51 cm dall'alto si presenta come limo argilloso e sabbioso. Tra 0 e 5 cm e tra 20 e 35 cm dall'alto si presenta come sabbia limosa debolmente argillosa e ghiaiosa), molto plastica ed attiva relativamente alle caratteristiche mineralogiche, reattiva ad HCl.
	20			Lim.	
	30			Gran. γ_s	
	40	370		W ₂ TD1 TD2 TD3	
	50	380		γ_n ED	
	50			W ₃	
BASSO	70				

Note: la fustella era chiusa con nastro adesivo alle estremità, presentava forma normale con le superfici laterali esterna ed interna sufficientemente lisce e prive di protuberanze visivamente apprezzabili. Il filo della scarpa, di forma normale, era affilato. Il campione era isolato con paraffina.

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 3

Campione n° 12

Certificato di prova: 11084/b
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: 3161/10

Lavoro di laboratorio: 084/19

Profondità di prelievo:
da m 07.40 a m 07.90

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

(UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Data di inizio prova:	19/03/19	Data di fine prova:	20/03/19
	Determinazione W_1	Determinazione W_2	Determinazione W_3
Peso lordo umido (g)	57,57	45,03	37,14
Peso lordo secco (g)	52,13	39,66	33,01
Tara (g)	20,58	21,06	20,86
Umidità relativa W (%)	17,2	28,9	34,0
UMIDITA' NATURALE MEDIA W_n	26,7	%	DEVIAZIONE STANDARD 8,61

Note:

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore

(Dott. Geol. Giovanni Caproni)

il Direttore del Laboratorio

(Dott. Geol. Fabio Garbin)

PESO DELL'UNITA' DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

(UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Data di inizio prova:	19/03/19	Data di fine prova:	19/03/19
Peso umido del terreno (g)	69,80	Volume (cm ³)	39,60
PESO DI VOLUME NATURALE γ_n	17,29	kN/m ³	Determinazione eseguita tramite: fustella tarata

Note:

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore

(Dott. Geol. Giovanni Caproni)

il Direttore del Laboratorio

(Dott. Geol. Fabio Garbin)



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 3

Campione n° 12

Certificato di prova: **11084/c**
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: **3161/10**

Lavoro di laboratorio: **084/19**

Profondità di prelievo:
da m **07.40** a m **07.90**

PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Data di inizio prova:	19/03/19	Data di fine prova:	02/04/19
-----------------------	----------	---------------------	----------

Determinazione n° 1	Quantità misurate	Determinazione n° 2
85,24	Tara picnometro (g)	84,80
100,51	Picnometro + campione secco (g)	99,97
205,85	Picnometro + campione + acqua (g)	220,67
20,0	Temperatura di prova (°C)	20,0
196,23	Picnometro + acqua (g)	211,11
26,51	P. di vol. dei grani misurato (kN/m ³)	26,54

PESO DI VOLUME DEI GRANI γ_s	26,53 kN/m ³	DEVIATION STANDARD	0,019
-------------------------------------	--------------------------------	--------------------	--------------

Note: il peso specifico assoluto a 20° C è pari a 26,58 (2,709).

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin

CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE

INDICE DEI VUOTI	e	0,947	GRADO DI SATURAZIONE	S_r	76 %
POROSITA'	n	0,486	PESO DI VOLUME SECCO	γ_{dry}	13,65 kN/m ³
PESO DI VOL. SATURO	γ_{sat}	18,44 kN/m ³	PESO DI VOL. IMMERSO	γ'	7,48 kN/m ³

Note:

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



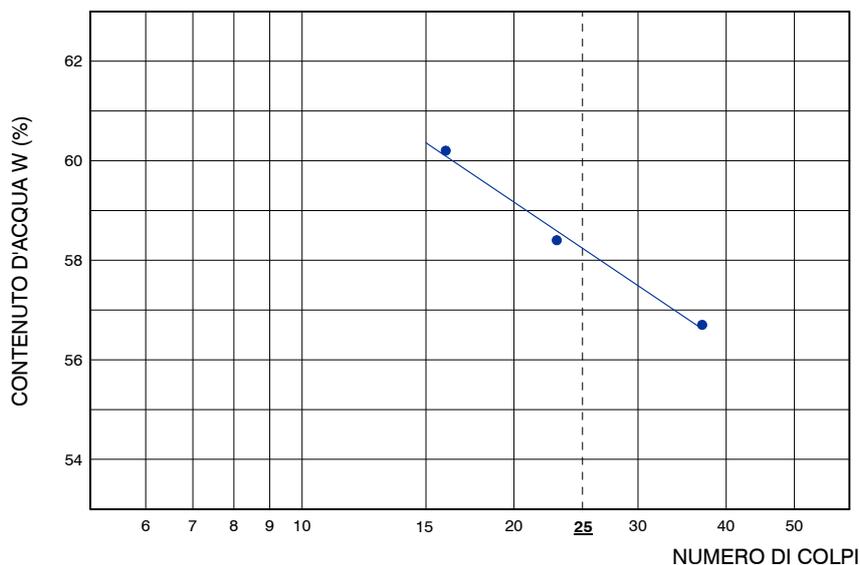
CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA

(UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Data di inizio prova LL e LP	19/03/19	Data di fine prova LL e LP	02/04/19
Data di inizio prova LR	--	Data di fine prova LR	--

Caratteristica	Simbolo	Valore	Unità	Prova n°	Colpi n°	W %	Classificazione
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL	58	%	1	16	60,2	LL
LIMITE DI PLASTICITA'	LP	33	%	2	23	58,4	
INDICE DI PLASTICITA'	IP	25	%	3	37	56,7	
LIMITE DI RITIRO	LR	--	%	4	--	--	
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	W _n	26,7	%	5	--	--	
INDICE DI CONSISTENZA	IC	>1		1	Dev. Stand. 0,42	32,4	LP
INDICE DI LIQUIDITA'	IL	<0		2		33,0	
INDICE DI RITIRO	I _r	--		1		--	LR
RAPPORTO DI RITIRO	R _r	--		2		--	
INDICE DI ATTIVITA'	A	1,79					

LIMITE DI LIQUIDITA'



Note:

Roma, 04/04/18

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caproni)
Giovanni Caproni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin

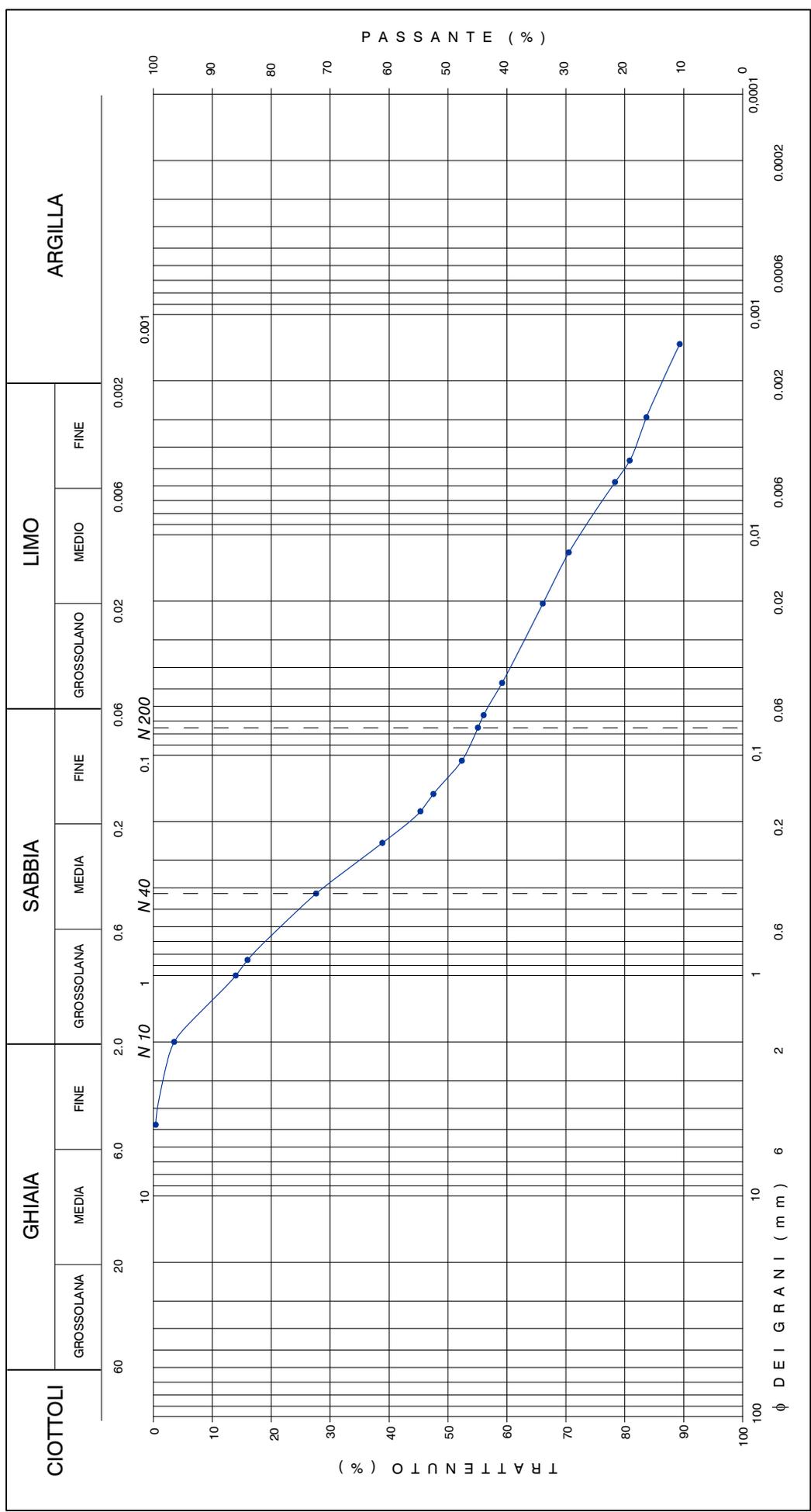
ANALISI GRANULOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-4)



Descrizione granulometrica del campione: **SABBIA CON LIMO ARGILLOSA DEBOLMENTE GHIAIOSA.**

GHIAIA > 2 mm	%	SABBIA 0.06 - 2 mm	%	LIMO 0.002 - 0.06 mm	%	ARGILLA < 0.002 mm	%
4		53		29		14	
PASSANTE AI SETACCI		N 10 2 mm	96	N 40 0.425 mm	72	N 200 0.075 mm	45



Note: il diametro del granulo maggiore è di 8 mm circa.



PROVA DI COMPRESIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Data di inizio prova:	19/03/19	Data di fine prova:	02/04/19
-----------------------	----------	---------------------	----------

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

Diametro	ϕ	5,025	cm	Peso di vol. dei grani	γ_s	26,53	kN/m ³
Altezza iniziale	H ₀	1,996	cm	Grado di saturazione	S _r	83	%
Area	a	19,840	cm ²	Cont. d'acqua finale	W _f	27,8	%
Volume iniziale	V ₀	39,600	cm ³	Porosità iniziale	n ₀	0,504	
Cont. d'acqua iniziale	W _i	31,2	%	Altezza del secco	H _{dry}	0,990	cm
Peso di volume	γ	17,27	kN/m ³	Indice dei vuoti iniziale	e ₀	1,016	

Pressione σ (kPa)	Tempo t (h)	Cedimento cumulativo d (mm)	Indice dei vuoti e (--)	Modulo di compressibilità E' (kPa)	Coefficiente di compressibilità m _v (kPa ⁻¹)	Coefficiente di consolidazione c _v (cm ² /sec)	Coefficiente di permeabilità k (m/sec)
0	0	0	1,016				
25	24	0,088	1,007	5.670	1,76E-04	N.D.	N.D.
49	24	0,220	0,994	3.613	2,77E-04	N.D.	N.D.
98	24	0,407	0,975	5.173	1,93E-04	N.D.	N.D.
196	24	0,688	0,947	6.819	1,47E-04	N.D.	N.D.
392	24	1,106	0,904	9.037	1,11E-04	N.D.	N.D.
785	24	1,767	0,838	11.210	8,92E-05	N.D.	N.D.
1570	24	2,691	0,744	15.456	6,47E-05		
392	24	2,557	0,758				
98	24	2,378	0,776				
25	24	2,317	0,782				

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

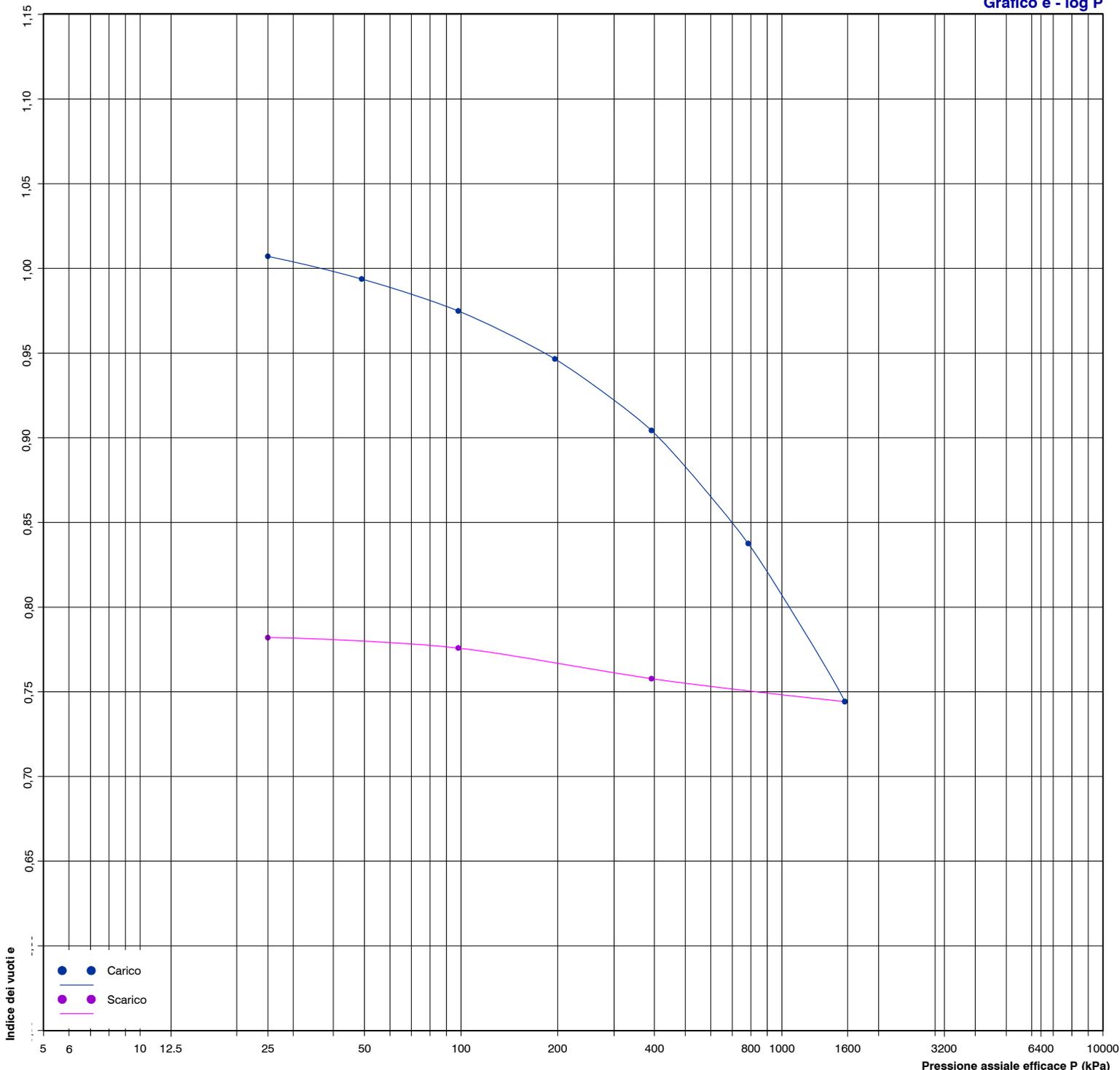
il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Grafico e - log P



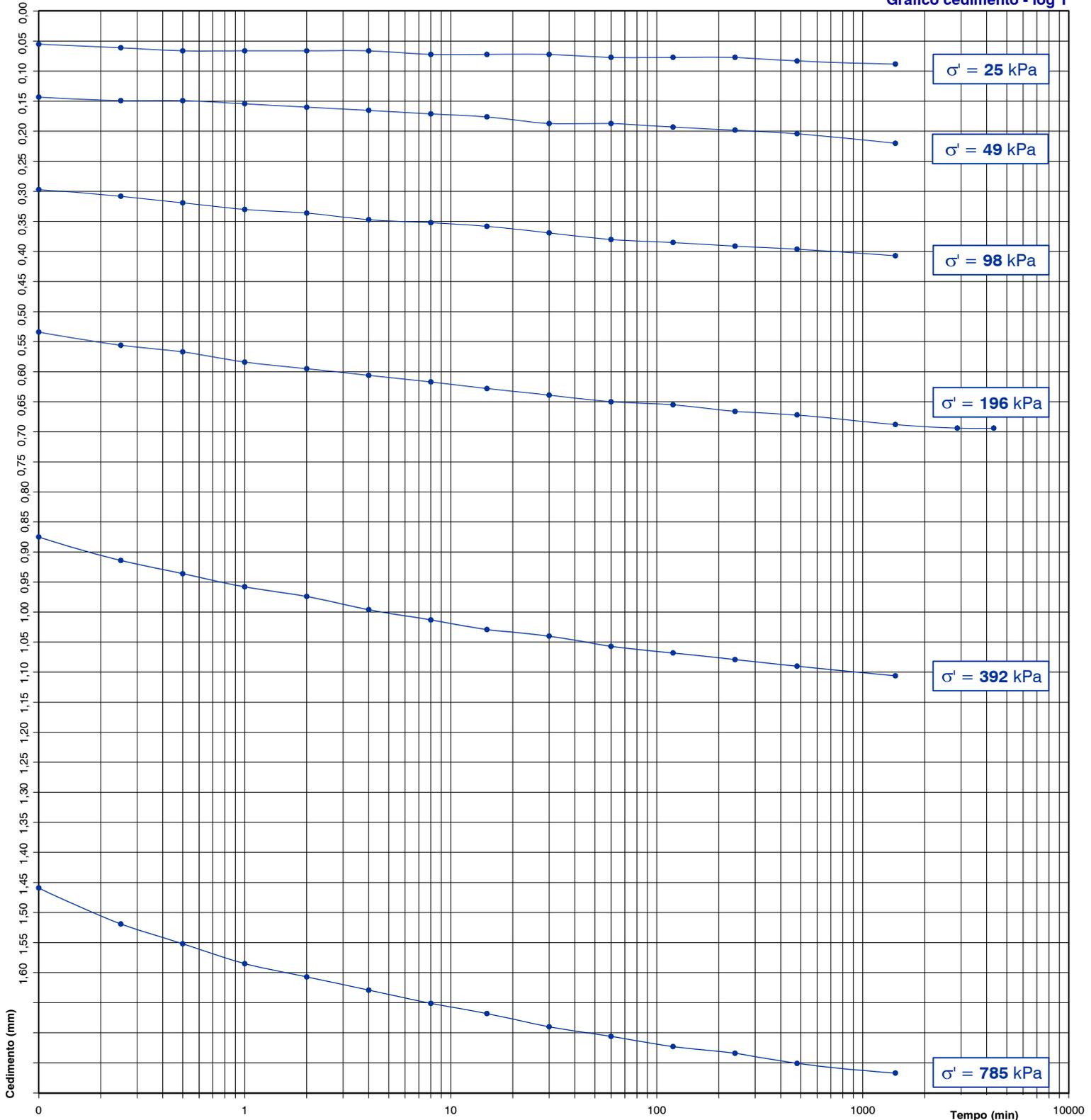
Note:



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Grafico cedimento - log T



Note:



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

MISURAZIONI ACQUISITE

Pressione (kPa)	25	49	98	196	392	785	1570	392	98	25								
Data (gg/mese)	19/3	20/3	21/3	22/3	25/3	26/3	27/3	28/3	29/3	3/4								
Tempi	Cedimenti (mm)																	
0"	0,000	0,088	0,220	0,407	0,694	1,106	1,767	2,691	2,557	2,378								
6"	0,055	0,143	0,297	0,534	0,875	1,459												
15"	0,061	0,149	0,308	0,556	0,914	1,519												
30"	0,066	0,149	0,319	0,567	0,936	1,552												
1'	0,066	0,154	0,330	0,584	0,958	1,585												
2'	0,066	0,160	0,336	0,595	0,974	1,607												
4'	0,066	0,165	0,347	0,606	0,996	1,629												
8'	0,072	0,171	0,352	0,617	1,013	1,651												
15'	0,072	0,176	0,358	0,628	1,029	1,668												
30'	0,072	0,187	0,369	0,639	1,040	1,690												
60'	0,077	0,187	0,380	0,650	1,057	1,706												
120'	0,077	0,193	0,385	0,655	1,068	1,723												
240'	0,077	0,198	0,391	0,666	1,079	1,734												
480'	0,083	0,204	0,396	0,672	1,090	1,751												
1440'	0,088	0,220	0,407	0,688	1,106	1,767	2,691	2,557	2,378	2,317								
2880'				0,694														
4320'				0,694														

Note:



PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

(UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Data di inizio prova:	19/03/19	Data di fine prova:	26/03/19
-----------------------	----------	---------------------	----------

CARATTERISTICHE INIZIALI DEI PROVINI

Provino		1	2	3
Altezza	cm	1,999	2,015	2,004
Lato	cm	5,996	6,009	6,013
Volume	cm ³	71,87	72,76	72,46
Peso di volume	kN/m ³	15,70	15,70	16,19
Contenuto d'acqua	%	28,9	34,4	35,2
Peso di volume dei grani	kN/m ³	26,53	26,53	26,53
Indice dei vuoti		1,177	1,279	1,216
Grado di saturazione	%	67	73	78

FASE DI CONSOLIDAZIONE

Provino		1	2	3
Carico verticale efficace	kPa	98	196	294
Durata	h	24	24	24
Cedimento	mm	1,09	1,79	2,08

FASE DI TAGLIO

Provino		1	2	3
Velocità di deformazione	mm/min	0,0133	0,0133	0,0133
Carico verticale efficace	kPa	98	196	294
Contenuto finale d'acqua	%	38,1	42,8	40,6

NOTE

Provini confezionati su un tratto di carota avente maggiori tenori di frazioni grossolane.

Roma, 04/04/19

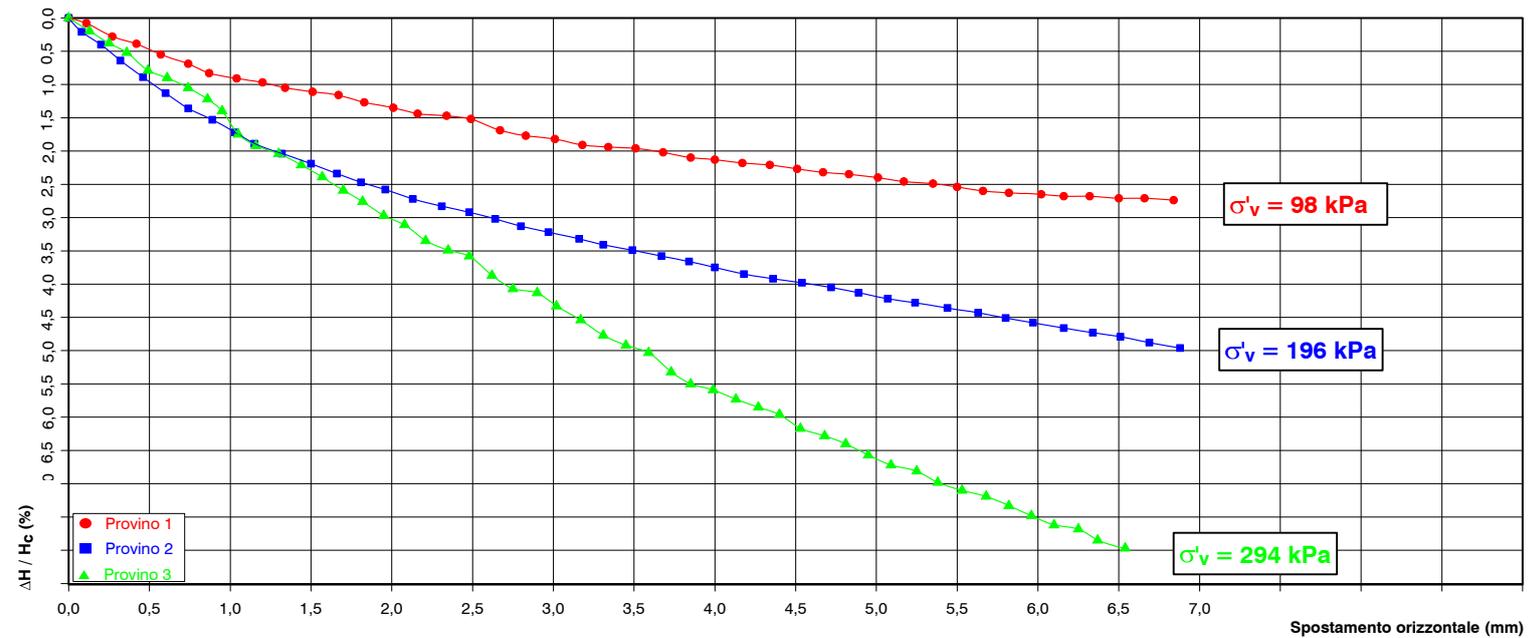
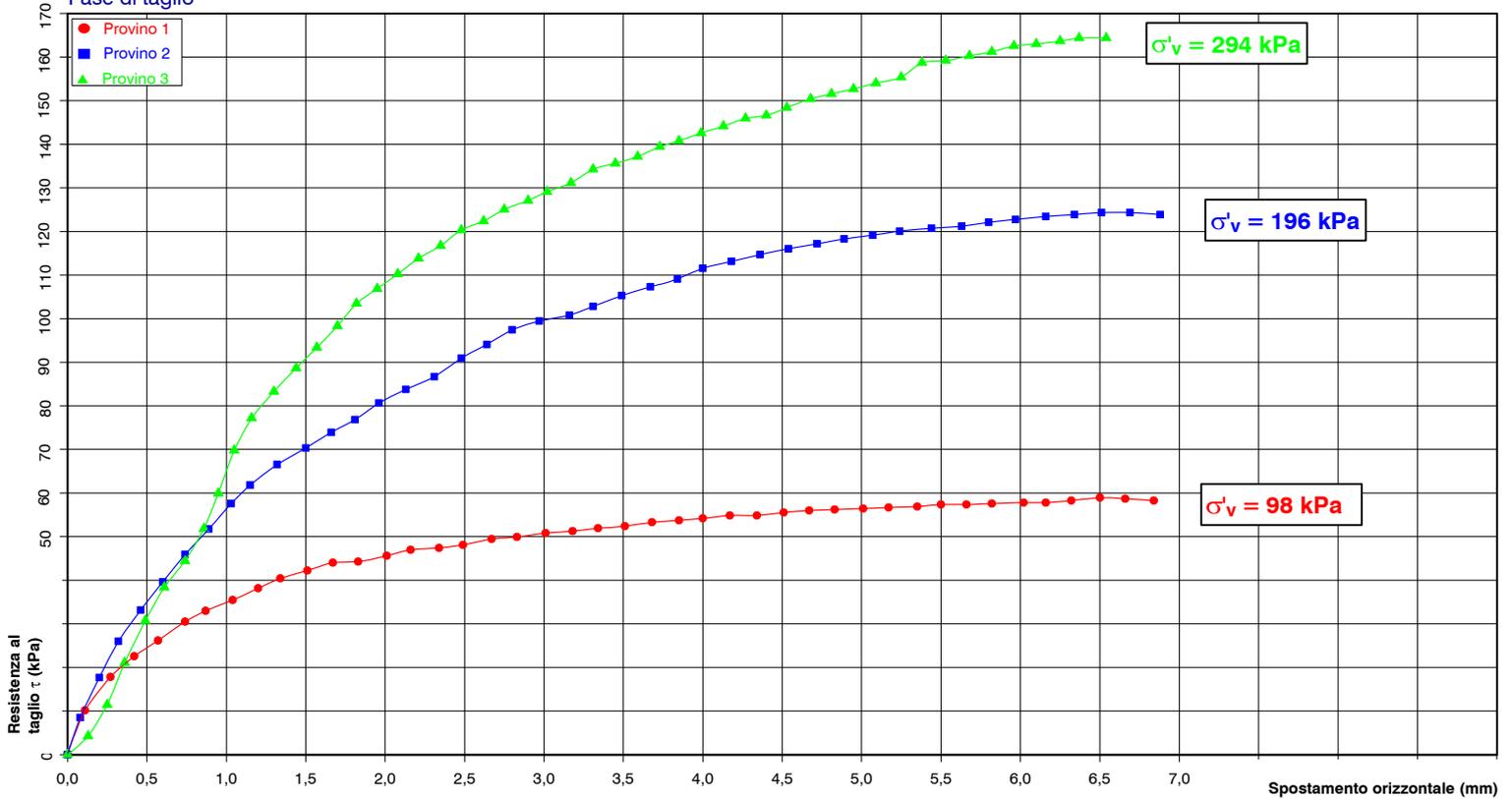
il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)



PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

(UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Fase di taglio



Note:



PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

(UNI CEN ISO/TS 17892-10)

MISURAZIONI ACQUISITE

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostamento orizzontale (mm)	Deformazione verticale (%)	Sollecitazione di taglio (kPa)	Spostamento orizzontale (mm)	Deformazione verticale (%)	Sollecitazione di taglio (kPa)	Spostamento orizzontale (mm)	Deformazione verticale (%)	Sollecitazione di taglio (kPa)
0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0
0,11	0,08	10	0,08	0,21	9	0,13	0,20	4
0,27	0,28	18	0,20	0,40	18	0,25	0,38	11
0,42	0,39	23	0,32	0,64	26	0,36	0,52	21
0,57	0,55	26	0,46	0,89	33	0,49	0,79	31
0,74	0,69	30	0,60	1,13	40	0,61	0,90	38
0,87	0,83	33	0,74	1,36	46	0,74	1,05	44
1,04	0,91	35	0,89	1,53	52	0,86	1,22	52
1,20	0,97	38	1,03	1,72	58	0,95	1,40	60
1,34	1,05	40	1,15	1,89	62	1,05	1,75	70
1,51	1,11	42	1,32	2,04	67	1,16	1,92	77
1,67	1,16	44	1,50	2,19	70	1,30	2,04	83
1,83	1,27	44	1,66	2,34	74	1,44	2,21	89
2,01	1,35	46	1,81	2,47	77	1,57	2,39	93
2,16	1,44	47	1,96	2,58	81	1,70	2,59	98
2,34	1,47	47	2,13	2,72	84	1,82	2,76	104
2,49	1,52	48	2,31	2,83	87	1,95	2,97	107
2,67	1,69	49	2,48	2,92	91	2,08	3,11	110
2,83	1,77	50	2,64	3,02	94	2,21	3,35	114
3,01	1,82	51	2,80	3,13	97	2,35	3,49	117
3,18	1,91	51	2,97	3,22	99	2,48	3,58	120
3,34	1,94	52	3,16	3,32	101	2,62	3,87	122
3,51	1,96	52	3,31	3,41	103	2,75	4,07	125
3,68	2,02	53	3,49	3,49	105	2,90	4,13	127
3,85	2,10	54	3,67	3,58	107	3,02	4,33	129
4,00	2,13	54	3,84	3,66	109	3,17	4,54	131
4,17	2,18	55	4,00	3,75	112	3,31	4,77	134
4,34	2,21	55	4,18	3,85	113	3,45	4,92	136
4,51	2,27	56	4,36	3,92	115	3,59	5,03	137
4,67	2,32	56	4,54	3,98	116	3,73	5,32	139



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Certificato di prova: **11085/a**
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: **3161/11**

Lavoro di laboratorio: **084/19**

Sondaggio n° **3**

Campione n° **D3**

Profondità di prelievo:
da m **11.20** a m **11.50**

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONAMENTO

Tipo di perforazione (dichiarata):	carotaggio continuo con asta e carotiere	Forma del campione:	cilindrica
Tipo di campionatore (dichiarato):	non dichiarato	Diametro della carota ϕ :	85 mm
Contenitore:	fustella PVC	Lunghezza della carota:	350 mm
Diametro esterno ϕ del contenitore:	90 mm	Data di prelievo del campione:	08/03/19
Lunghezza del contenitore:	360 mm	Classe di Qualità (dichiarata):	da Q3 a Q4
Data di consegna del campione:	09/03/19	Data di apertura del campione:	21/03/19
Data di apertura Commessa:	05/03/19	Stoccaggio: in camera ad umidità e temperatura controllate	
Data di inizio prova:	21/03/19	Data di fine prova:	21/03/19

SCHEMA DEL CAMPIONE	LUNGH.	POCKET PENETR.	VANE TEST	PROVE ESEGUITE	DESCRIZIONE
	cm	kPa (M.I.)	kPa (M.I.)		
ALTO		510		W_1	Limo con sabbia argilloso marrone scuro-rossastro, duro, a struttura complessivamente omogenea, plastico e normalmente attivo relativamente alle caratteristiche mineralogiche, non reattivo ad HCl. Si rinvencono elementi di natura piroclastica.
10	460		W_2	γ_n ■ ED	
20	485		Gran.	γ_s	
30	440		Lim.		
40				W_3	
BASSO					

Note: la fustella era chiusa con nastro adesivo alle estremità.

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 3

Campione n° D3

Certificato di prova: 11085/b
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: 3161/11

Lavoro di laboratorio: 084/19

Profondità di prelievo:
da m 11.20 a m 11.50

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

(UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Data di inizio prova:	21/03/19	Data di fine prova:	22/03/19
	Determinazione W_1	Determinazione W_2	Determinazione W_3
Peso lordo umido (g)	35,71	40,63	57,93
Peso lordo secco (g)	31,72	35,32	48,30
Tara (g)	21,13	20,29	20,27
Umidità relativa W (%)	37,7	35,3	34,4
UMIDITA' NATURALE MEDIA W_n	35,8	%	
		DEVIAZIONE STANDARD	1,71

Note:

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore

(Dott. Geol. Giovanni Caproni)

Giovanni Caproni

il Direttore del Laboratorio

(Dott. Geol. Fabio Garbin)

Fabio Garbin

PESO DELL'UNITA' DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

(UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Data di inizio prova:	21/03/19	Data di fine prova:	21/03/19
Peso umido del terreno (g)	69,94	Volume (cm ³)	39,76
PESO DI VOLUME NATURALE γ_n	17,26	kN/m ³	
		Determinazione eseguita tramite:	fustella tarata

Note:

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore

(Dott. Geol. Giovanni Caproni)

Giovanni Caproni

il Direttore del Laboratorio

(Dott. Geol. Fabio Garbin)

Fabio Garbin



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 3

Campione n° D3

Certificato di prova: **11085/c**
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: **3161/11**

Lavoro di laboratorio: **084/19**

Profondità di prelievo:
da m **11.20** a m **11.50**

PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Data di inizio prova:	21/03/19	Data di fine prova:	03/04/19
-----------------------	----------	---------------------	----------

Determinazione n° 1	Quantità misurate	Determinazione n° 2
82,85	Tara picnometro (g)	90,30
97,95	Picnometro + campione secco (g)	105,44
215,02	Picnometro + campione + acqua (g)	221,94
20,2	Temperatura di prova (°C)	20,1
205,49	Picnometro + acqua (g)	212,40
26,60	P. di vol. dei grani misurato (kN/m ³)	26,54

PESO DI VOLUME DEI GRANI γ_s	26,57 kN/m ³	DEVIATION STANDARD	0,039
-------------------------------------	--------------------------------	--------------------	--------------

Note: il peso specifico assoluto a 20° C è pari a 26,61 (2,713).

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin

CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE

INDICE DEI VUOTI	e	1,095	GRADO DI SATURAZIONE	S_r	89 %
POROSITA'	n	0,523	PESO DI VOLUME SECCO	γ_{dry}	12,71 kN/m ³
PESO DI VOL. SATURO	γ_{sat}	17,85 kN/m ³	PESO DI VOL. IMMERSO	γ'	7,44 kN/m ³

Note:

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



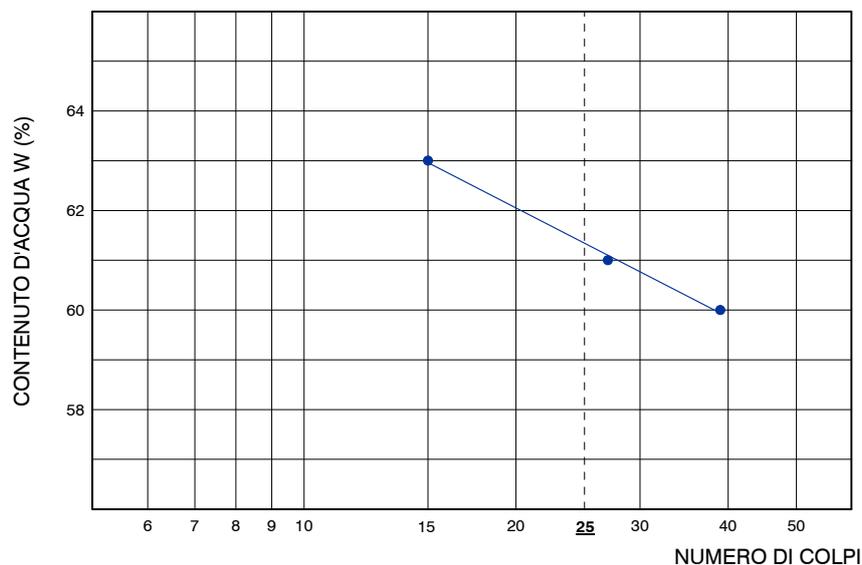
CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA

(UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Data di inizio prova LL e LP	21/03/19	Data di fine prova LL e LP	04/04/19
Data di inizio prova LR	--	Data di fine prova LR	--

Caratteristica	Simbolo	Valore	Unità	Prova n°	Colpi n°	W %	Classificazione
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL	61	%	1	15	63,0	LL
LIMITE DI PLASTICITA'	LP	39	%	2	27	61,0	
INDICE DI PLASTICITA'	IP	22	%	3	39	60,0	
LIMITE DI RITIRO	LR	--	%	4	--	--	
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	W _n	35,8	%	5	--	--	
INDICE DI CONSISTENZA	IC	>1		1	Dev. Stand. 0,57	39,4	LP
INDICE DI LIQUIDITA'	IL	<0		2		38,6	
INDICE DI RITIRO	I _r	--		1		--	LR
RAPPORTO DI RITIRO	R _r	--		2		--	
INDICE DI ATTIVITA'	A	1,05					

LIMITE DI LIQUIDITA'



Note:

Roma, 04/04/18

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caproni)
Giovanni Caproni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 3

Campione n° D3

Certificato di prova: 11085/e
(foglio 1 di 2)

Verbale di Accettazione: 3161/11

Lavoro di laboratorio: 084/19

Profondità di prelievo:
da m 11.20 a m 11.50

ANALISI GRANULOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-4)

MISURAZIONI ACQUISITE VAGLIATURA		
Peso secco cumulato (g)	Diamet. medio (mm)	Trattenuto cumulativo (%)
0,59	2,000	0,2
4,26	1,000	1,6
5,39	0,850	2,0
16,60	0,425	6,1
36,86	0,250	13,5
52,27	0,180	19,1
58,63	0,150	21,4
72,69	0,106	26,6
80,29	0,075	29,3

Data di inizio prova per vagliatura: 26/03/19

Data di fine prova per vagliatura: 04/04/19

Peso secco iniziale vagliatura (g): 273,68

Data di inizio prova per sedimentazione: 21/03/19

Data di fine prova per sedimentazione: 26/03/19

Peso secco iniziale sedimentazione (g): 50,79

Note: i calcoli per l'elaborazione dell'areometria sono stati eseguiti utilizzando il peso specifico indicato dal Richiedente, e pari a . La curva granulometrica è restituita secondo le indicazioni A.G.I.

MISURAZIONI ACQUISITE AREOMETRIA					
Tempo (secondi)	Letture (Rh)	Temperatura (°C)	Correzione totale	Diamet. medio (mm)	Trattenuto cumulativo (%)
30	23,9	19,1	3,2	0,0601	33,89
60	21,7	19,1	3,2	0,0437	40,75
330	18,1	19,1	3,2	0,0195	51,98
990	15,7	19,1	3,2	0,0116	59,46
4500	12,5	19,1	3,2	0,0056	69,44
7200	11,3	19,1	3,2	0,0045	73,18
18000	9,9	19,2	3,0	0,0029	76,92
86400	8,7	19,2	2,9	0,0013	80,35

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
*Giovanni Caprioni*il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin

ANALISI GRANULOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-4)



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 3

Campione n° D3

Certificato di prova:
(foglio 2 di 2)

11085/e

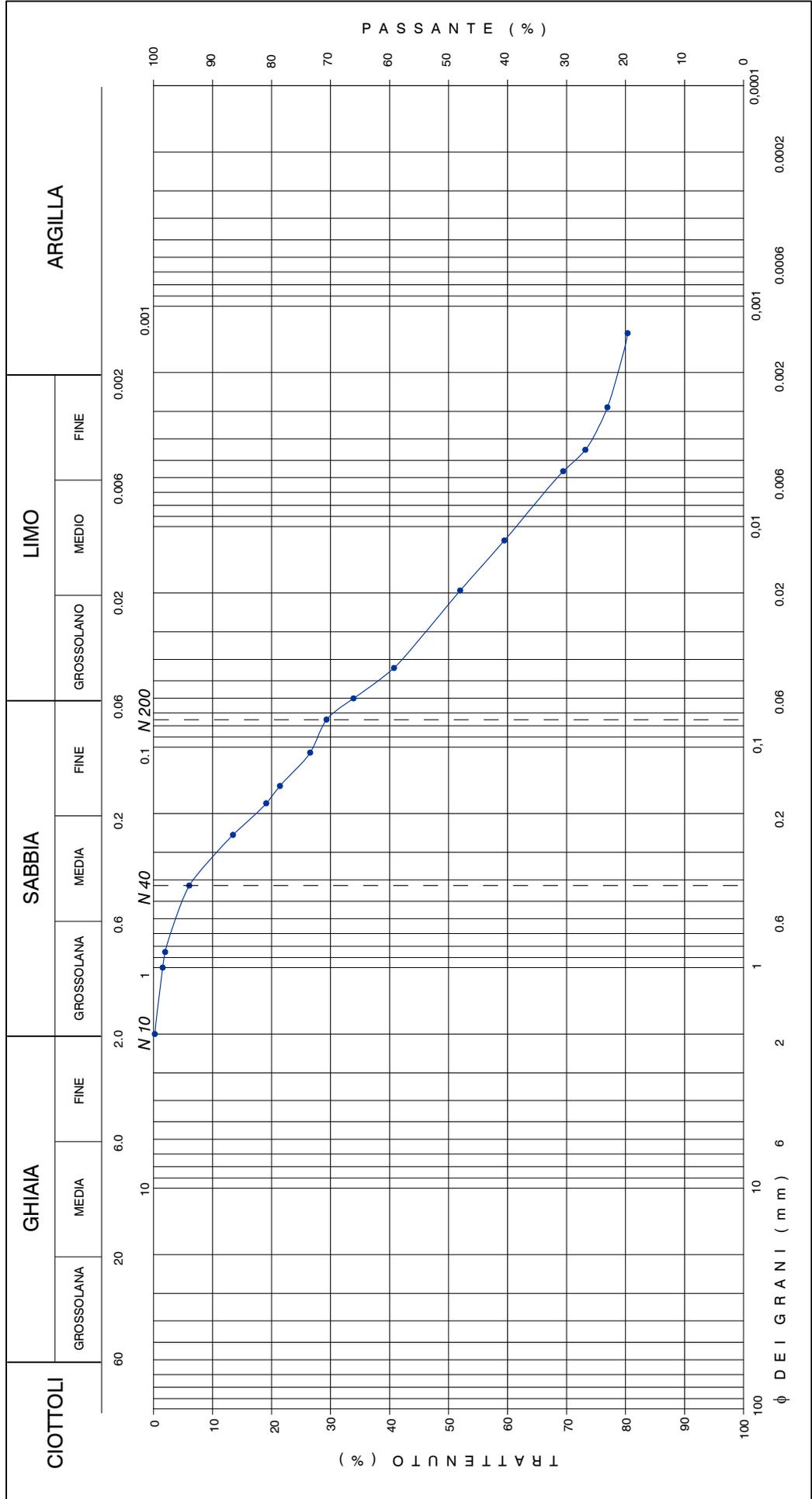
Verbale di Accettazione:
Lavoro di laboratorio:

3161/11
084/19

Profondità di prelievo:
da m 11.20 a m 11.50

Descrizione granulometrica del campione: LIMO CON SABBIA ARGILLOSO.

GHIAIA > 2 mm	%	SABBIA 0.06 - 2 mm	%	LIMO 0.002 - 0.06 mm	%	ARGILLA < 0.002 mm	%
0		34		45		21	
PASSANTE AI SETACCI > 2 mm	%	SABBIA 0.06 - 2 mm	%	LIMO 0.002 - 0.06 mm	%	ARGILLA < 0.002 mm	%
		100		94		71	

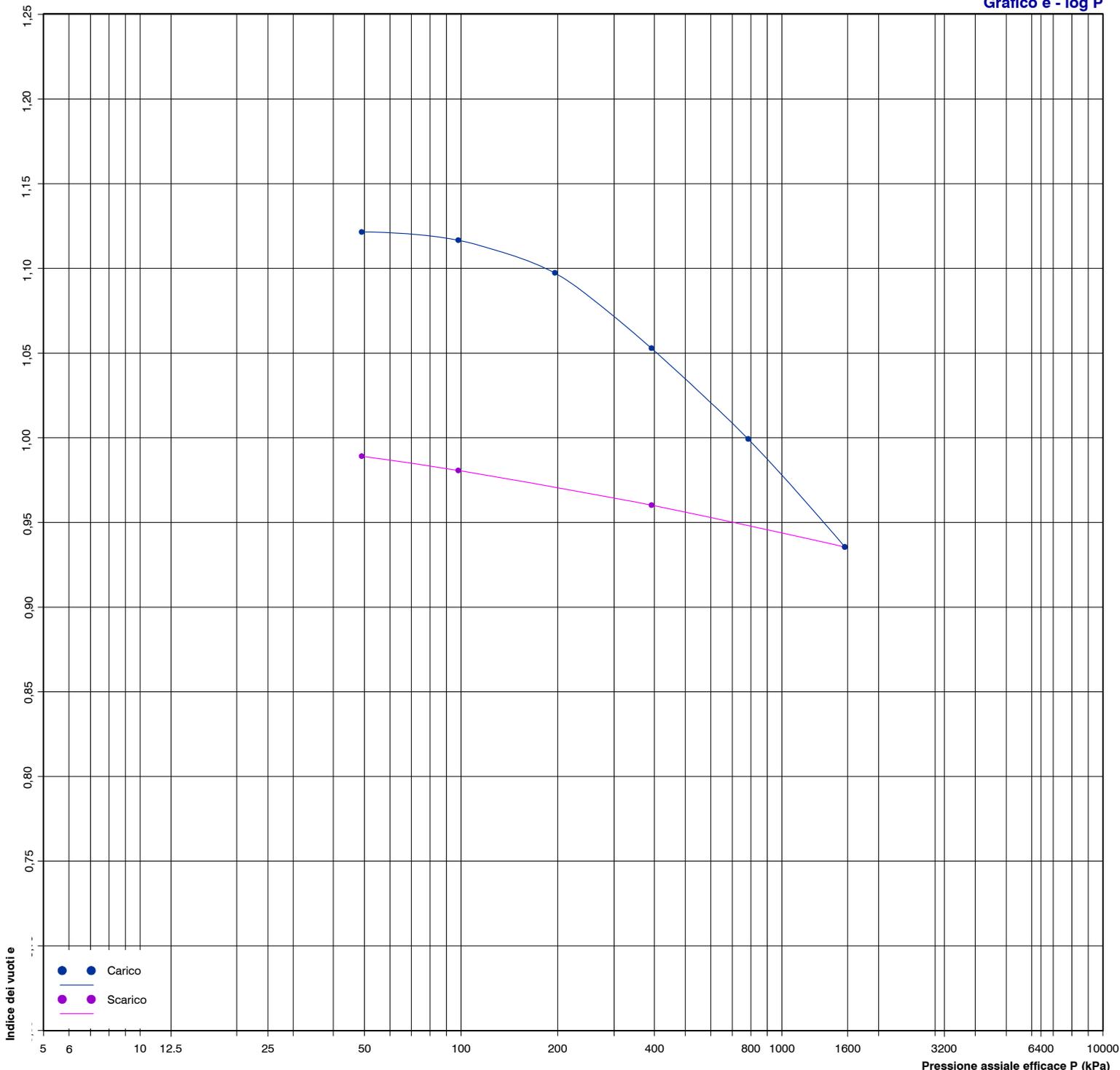




PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Grafico e - log P



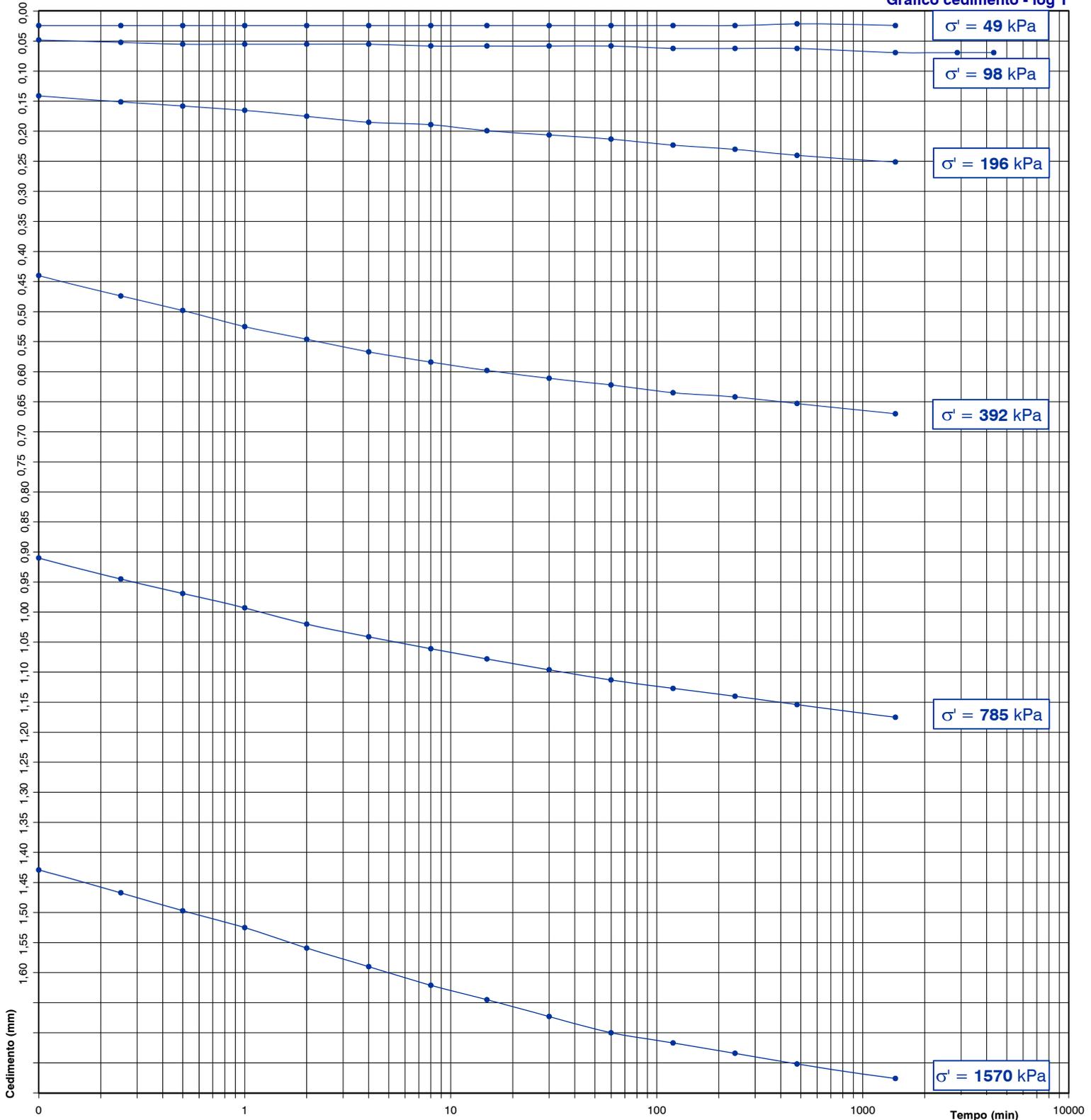
Note:



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Grafico cedimento - log T



Note:



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

MISURAZIONI ACQUISITE

Pressione (kPa)	49	98	196	392	785	1570	392	98	49										
Data (gg/mese)	21/3	22/3	25/3	26/3	27/3	28/3	29/3	1/4	1/4										
Tempi	Cedimenti (mm)																		
0"	0,000	0,024	0,069	0,251	0,670	1,175	1,776	1,543	1,350										
6"	0,024	0,048	0,141	0,440	0,910	1,429													
15"	0,024	0,052	0,151	0,474	0,945	1,467													
30"	0,024	0,055	0,158	0,498	0,969	1,497													
1'	0,024	0,055	0,165	0,525	0,993	1,525													
2'	0,024	0,055	0,175	0,546	1,020	1,559													
4'	0,024	0,055	0,185	0,567	1,041	1,590													
8'	0,024	0,058	0,189	0,584	1,061	1,621													
15'	0,024	0,058	0,199	0,598	1,078	1,645													
30'	0,024	0,058	0,206	0,611	1,096	1,673													
60'	0,024	0,058	0,213	0,622	1,113	1,700													
120'	0,024	0,062	0,223	0,635	1,127	1,717													
240'	0,024	0,062	0,230	0,642	1,140	1,734													
480'	0,021	0,062	0,240	0,653	1,154	1,752													
1440'	0,024	0,069	0,251	0,670	1,175	1,776	1,543	1,350	1,271										
2880'		0,069																	
4320'		0,069																	

Note: le deformazioni finali relative agli ultimi due step di pressione in fase di scarico sono state acquisite dopo 12 ore.



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 4

Campione n° 11

Certificato di prova: **11086/a**
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: **3161/12**

Lavoro di laboratorio: **084/19**

Profondità di prelievo:
da m **01.60** a m **01.90**

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONAMENTO

Tipo di perforazione (dichiarata):	carotaggio continuo con asta e carotiere	Forma del campione:	cilindrica
Tipo di campionatore (dichiarato):	shelby	Diametro della carota ϕ :	86 mm
Contenitore:	fustella metallica	Lunghezza della carota:	240 mm
Diametro esterno ϕ del contenitore:	90 mm	Data di prelievo del campione:	11/03/19
Lunghezza del contenitore:	610 mm	Classe di Qualità (dichiarata):	da Q4 a Q5
Data di consegna del campione:	12/03/19	Data di apertura del campione:	18/03/19
Data di apertura Commessa:	05/03/19	Stoccaggio: in camera ad umidità e temperatura controllate	
Data di inizio prova:	18/03/19	Data di fine prova:	18/03/19

SCHEMA DEL CAMPIONE	LUNGH.	POCKET PENETR.	VANE TEST	PROVE ESEGUITE	DESCRIZIONE
	cm	kPa (M.I.)	kPa (M.I.)		
ALTO		250		$W_1 \gamma_n$ ED	Argilla con limo sabbiosa marrone-olivastro, molto consistente, a struttura caotica, molto plastica e normalmente attiva relativamente alle caratteristiche mineralogiche, reattiva ad HCl. Si rinvencono concrezioni di natura carbonatica.
10		300		Lim. W_2	
20	▲			Gran. γ_s W_3	
30					
40					
50					
60					
70	BASSO				

Note: la fustella era chiusa con nastro adesivo alle estremità, presentava forma normale con le superfici laterali esterna ed interna sufficientemente lisce e prive di protuberanze visivamente apprezzabili. Il filo della scarpa, di forma normale, non era affilato. Il campione era isolato con paraffina.

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 4

Campione n° I1

Certificato di prova: 11086/b
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: 3161/12

Lavoro di laboratorio: 084/19

Profondità di prelievo:
da m 01.60 a m 01.90

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

(UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Data di inizio prova:	18/03/19	Data di fine prova:	19/03/19
	Determinazione W_1	Determinazione W_2	Determinazione W_3
Peso lordo umido (g)	30,31	31,24	32,12
Peso lordo secco (g)	27,55	28,01	29,26
Tara (g)	20,03	19,39	21,08
Umidità relativa W (%)	36,7	37,5	35,0
UMIDITA' NATURALE MEDIA W_n	36,4	%	
		DEVIAZIONE STANDARD	1,28

Note:

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore

(Dott. Geol. Giovanni Caproni)

Giovanni Caproni

il Direttore del Laboratorio

(Dott. Geol. Fabio Garbin)

Fabio Garbin

PESO DELL'UNITA' DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

(UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Data di inizio prova:	18/03/19	Data di fine prova:	18/03/19
Peso umido del terreno (g)	74,68	Volume (cm ³)	39,51
PESO DI VOLUME NATURALE γ_n	18,54	kN/m ³	
		Determinazione eseguita tramite:	fustella tarata

Note:

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore

(Dott. Geol. Giovanni Caproni)

Giovanni Caproni

il Direttore del Laboratorio

(Dott. Geol. Fabio Garbin)

Fabio Garbin



PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Data di inizio prova:	18/03/19	Data di fine prova:	03/04/19
-----------------------	----------	---------------------	----------

Determinazione n° 1	Quantità misurate	Determinazione n° 2
90,57	Tara picnometro (g)	82,53
105,69	Picnometro + campione secco (g)	97,63
222,31	Picnometro + campione + acqua (g)	212,62
20,2	Temperatura di prova (°C)	20,3
212,83	Picnometro + acqua (g)	203,17
26,30	P. di vol. dei grani misurato (kN/m ³)	26,22

PESO DI VOLUME DEI GRANI γ_s	26,26 kN/m ³	DEVIATION STANDARD	0,056
-------------------------------------	--------------------------------	--------------------	--------------

Note: il peso specifico assoluto a 20° C è pari a 26,31 (2,682).

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin

CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE

INDICE DEI VUOTI	e	0,936	GRADO DI SATURAZIONE	S_r	104 %
POROSITA'	n	0,483	PESO DI VOLUME SECCO	γ_{dry}	13,59 kN/m ³
PESO DI VOL. SATURO	γ_{sat}	18,34 kN/m ³	PESO DI VOL. IMMERSO	γ'	8,73 kN/m ³

Note: i controlli effettuati non hanno evidenziato errori di procedura, di misura e/o di calcolo.

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA

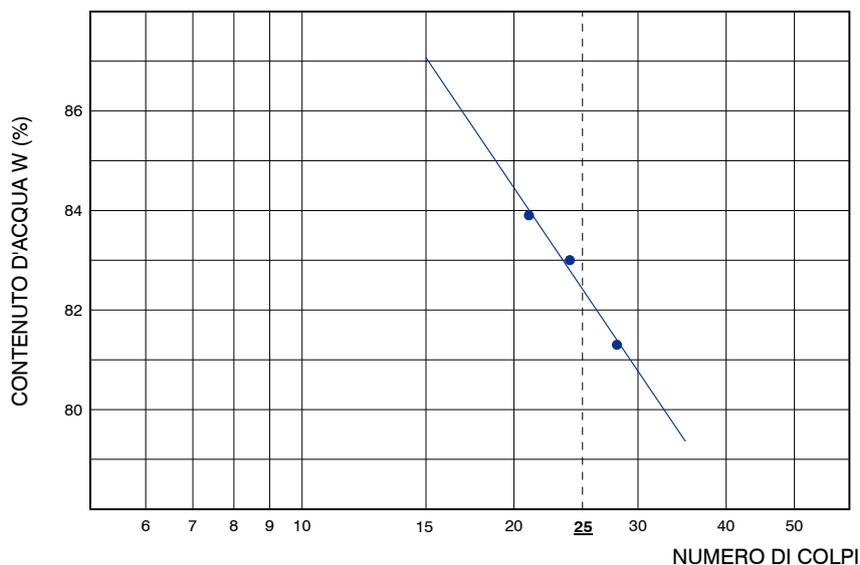
(UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Data di inizio prova LL e LP	18/03/19	Data di fine prova LL e LP	03/04/19
Data di inizio prova LR	--	Data di fine prova LR	--

Caratteristica	Simbolo	Valore	Unità	Classe
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL	82	%	LL
LIMITE DI PLASTICITA'	LP	34	%	
INDICE DI PLASTICITA'	IP	48	%	
LIMITE DI RITIRO	LR	--	%	
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	W _n	36,4	%	
INDICE DI CONSISTENZA	IC	0,95		
INDICE DI LIQUIDITA'	IL	0,05		LP
INDICE DI RITIRO	I _r	--		
RAPPORTO DI RITIRO	R _r	--		LR
INDICE DI ATTIVITA'	A	0,84		

prova n°	colpi n°	W %	Classe
1	21	83,9	LL
2	24	83,0	
3	28	81,3	
4	--	--	
5	--	--	
1	Dev. Stand. 0,14	34,3	LP
2		34,1	
1		--	LR
2		--	

LIMITE DI LIQUIDITA'



Note:

Roma, 04/04/18

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caproni)
Giovanni Caproni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 4

Campione n° 11

Certificato di prova: 11086/e
(foglio 1 di 2)

Verbale di Accettazione: 3161/12

Lavoro di laboratorio: 084/19

Profondità di prelievo:
da m 01.60 a m 01.90

ANALISI GRANULOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-4)

MISURAZIONI ACQUISITE VAGLIATURA		
Peso secco cumulato (g)	Diamet. medio (mm)	Trattenuto cumulativo (%)
3,64	2,000	1,3
6,40	1,000	2,4
7,22	0,850	2,7
10,96	0,425	4,0
14,33	0,250	5,3
16,61	0,180	6,1
17,96	0,150	6,6
22,58	0,106	8,3
27,03	0,075	10,0

Data di inizio prova per vagliatura: 21/03/19

Data di fine prova per vagliatura: 04/04/19

Peso secco iniziale vagliatura (g): 271,58

Data di inizio prova per sedimentazione: 18/03/19

Data di fine prova per sedimentazione: 21/03/19

Peso secco iniziale sedimentazione (g): 50,04

Note: i calcoli per l'elaborazione dell'areometria sono stati eseguiti utilizzando il peso specifico indicato dal Richiedente, e pari a . La curva granulometrica è restituita secondo le indicazioni A.G.I.

MISURAZIONI ACQUISITE AREOMETRIA					
Tempo (secondi)	Letture (Rh)	Temperatura (°C)	Correzione totale	Diamet. medio (mm)	Trattenuto cumulativo (%)
30	30,0	19,6	2,6	0,0551	11,10
60	29,0	19,6	2,6	0,0396	14,28
330	26,9	19,6	2,6	0,0174	20,97
990	25,6	19,6	2,6	0,0102	25,12
4500	22,8	19,6	2,6	0,0050	34,04
7200	21,9	19,6	2,6	0,0040	36,91
18000	20,8	19,7	2,8	0,0026	41,05
86400	19,0	19,6	3,0	0,0012	47,42

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)

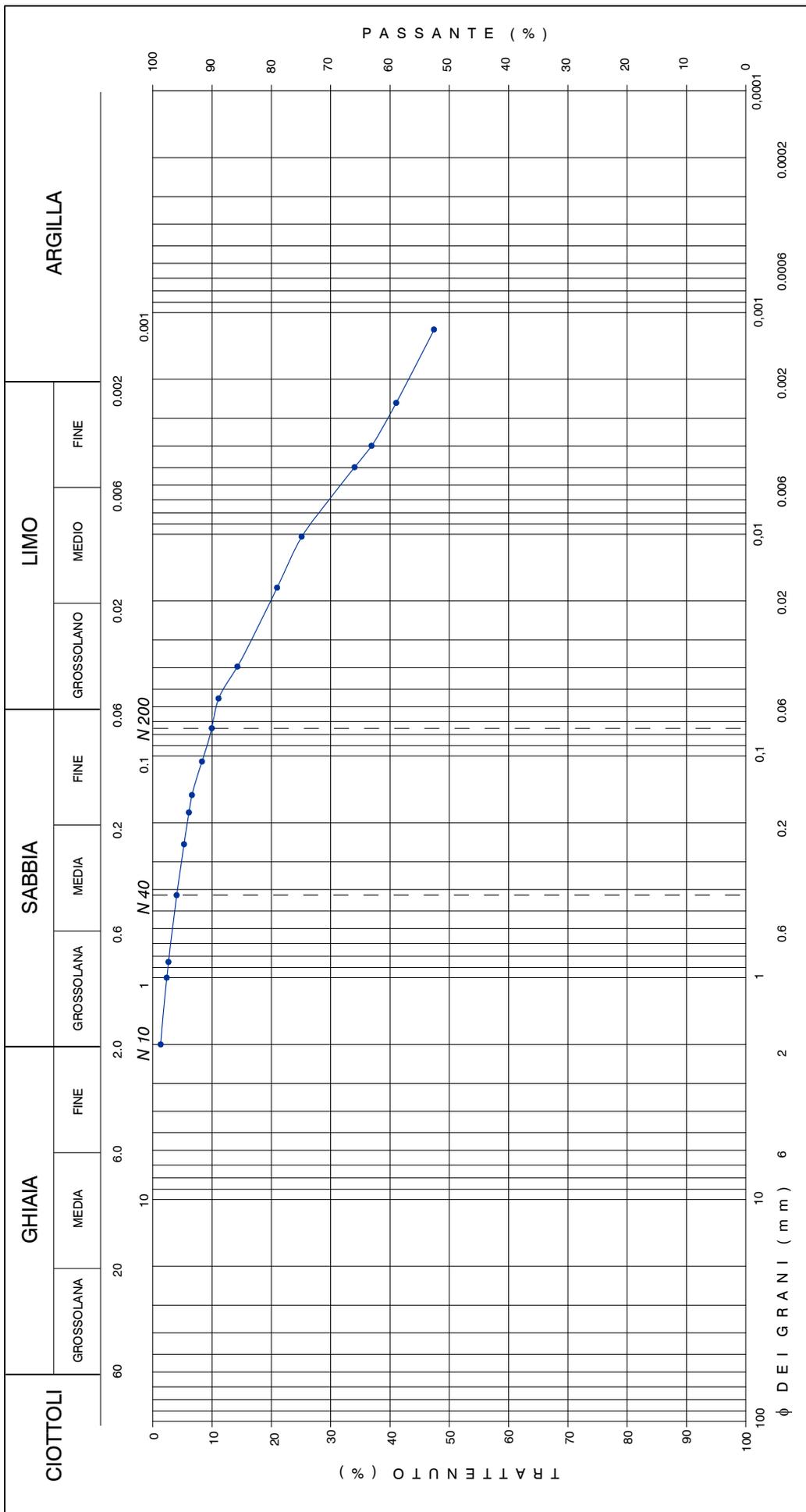
ANALISI GRANULOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-4)



Descrizione granulometrica del campione: ARGILLA CON LIMO SABBIOSA DEBOLMENTE GHIAIOSA.

GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
1 > 2 mm	10 0.06 - 2 mm	32 0.002 - 0.06 mm	57 < 0.002 mm
PASSANTE AI SETACCI	99 N 10 2 mm	96 N 40 0.425 mm	90 N 200 0.075 mm



Note: il diametro del granulo maggiore è di 2-3 mm.



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 4

Campione n° 11

Certificato di prova: 11086/f
(foglio 1 di 4)

Verbale di Accettazione: 3161/12

Lavoro di laboratorio: 084/19

Profondità di prelievo:
da m 01.60 a m 01.90

PROVA DI COMPRESIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Data di inizio prova:	21/03/19	Data di fine prova:	02/04/19
-----------------------	----------	---------------------	----------

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

Diametro	ϕ	5,018	cm	Peso di vol. dei grani	γ_s	26,26	kN/m ³
Altezza iniziale	H_0	1,998	cm	Grado di saturazione	S_r	99	%
Area	a	19,777	cm ²	Cont. d'acqua finale	W_f	33,9	%
Volume iniziale	V_0	39,514	cm ³	Porosità iniziale	n_0	0,469	
Cont. d'acqua iniziale	W_i	32,6	%	Altezza del secco	H_{dry}	1,062	cm
Peso di volume	γ	18,54	kN/m ³	Indice dei vuoti iniziale	e_0	0,882	

Pressione σ (kPa)	Tempo t (h)	Cedimento cumulativo d (mm)	Indice dei vuoti e (--)	Modulo di compressibilità E' (kPa)	Coefficiente di compressibilità m_v (kPa ⁻¹)	Coefficiente di consolidazione c_v (cm ² /sec)	Coefficiente di permeabilità k (m/sec)
0	0	0	0,882				
49	1	0,011	0,881	89.000	1,12E-05	N.D.	N.D.
98	24	0,100	0,873	10.994	9,10E-05	N.D.	N.D.
196	24	0,245	0,859	13.436	7,44E-05	N.D.	N.D.
392	24	0,648	0,821	9.598	1,04E-04	3,22E-04	3,4E-11
785	24	1,239	0,765	12.855	7,78E-05	1,75E-04	1,4E-11
1570	24	1,904	0,703	22.123	4,52E-05	1,20E-04	5,4E-12
3139	24	2,588	0,638	41.465	2,41E-05		
785	24	2,101	0,684				
196	24	1,618	0,730				
49	24	1,234	0,766				

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

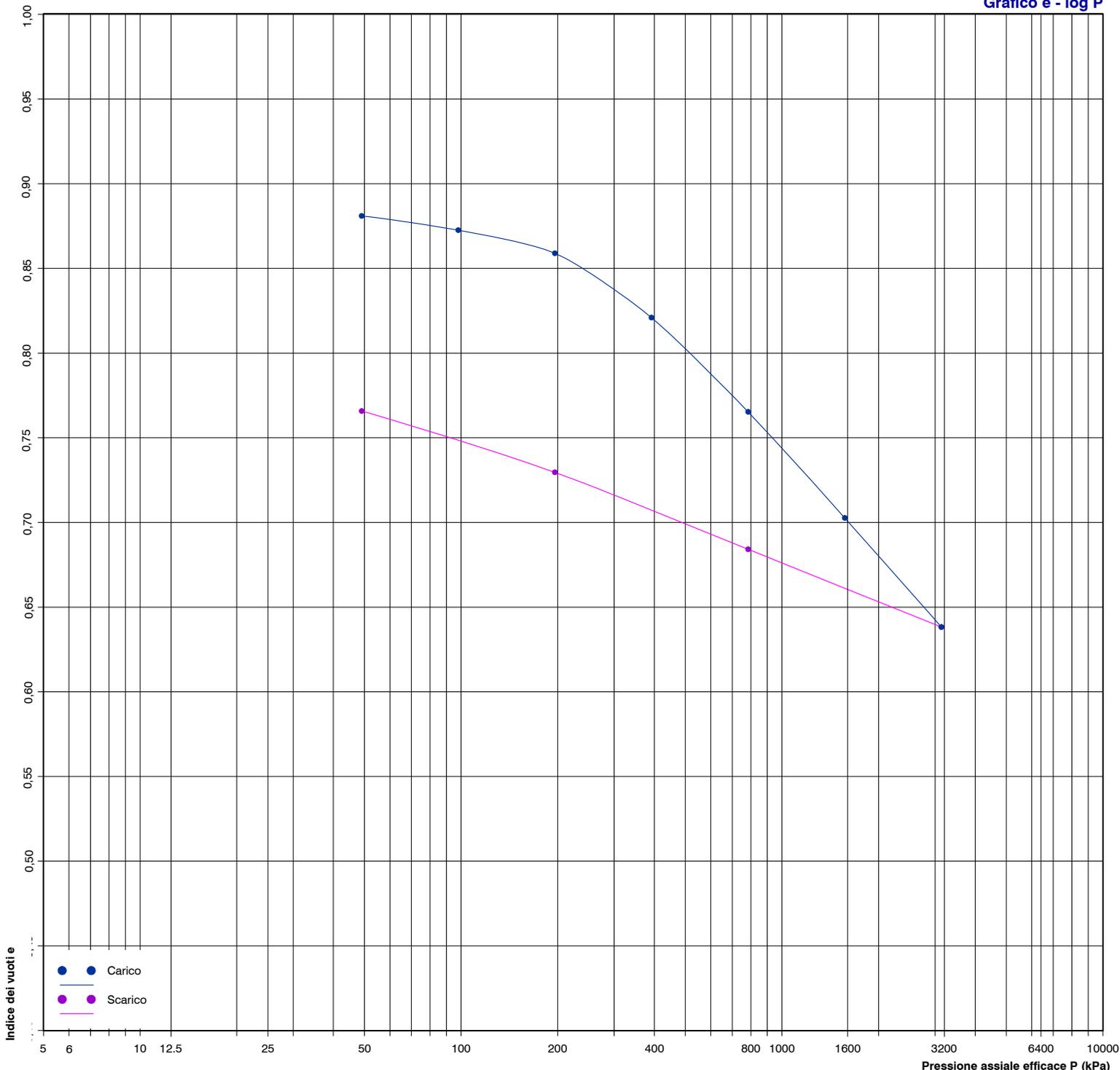
il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Grafico e - log P



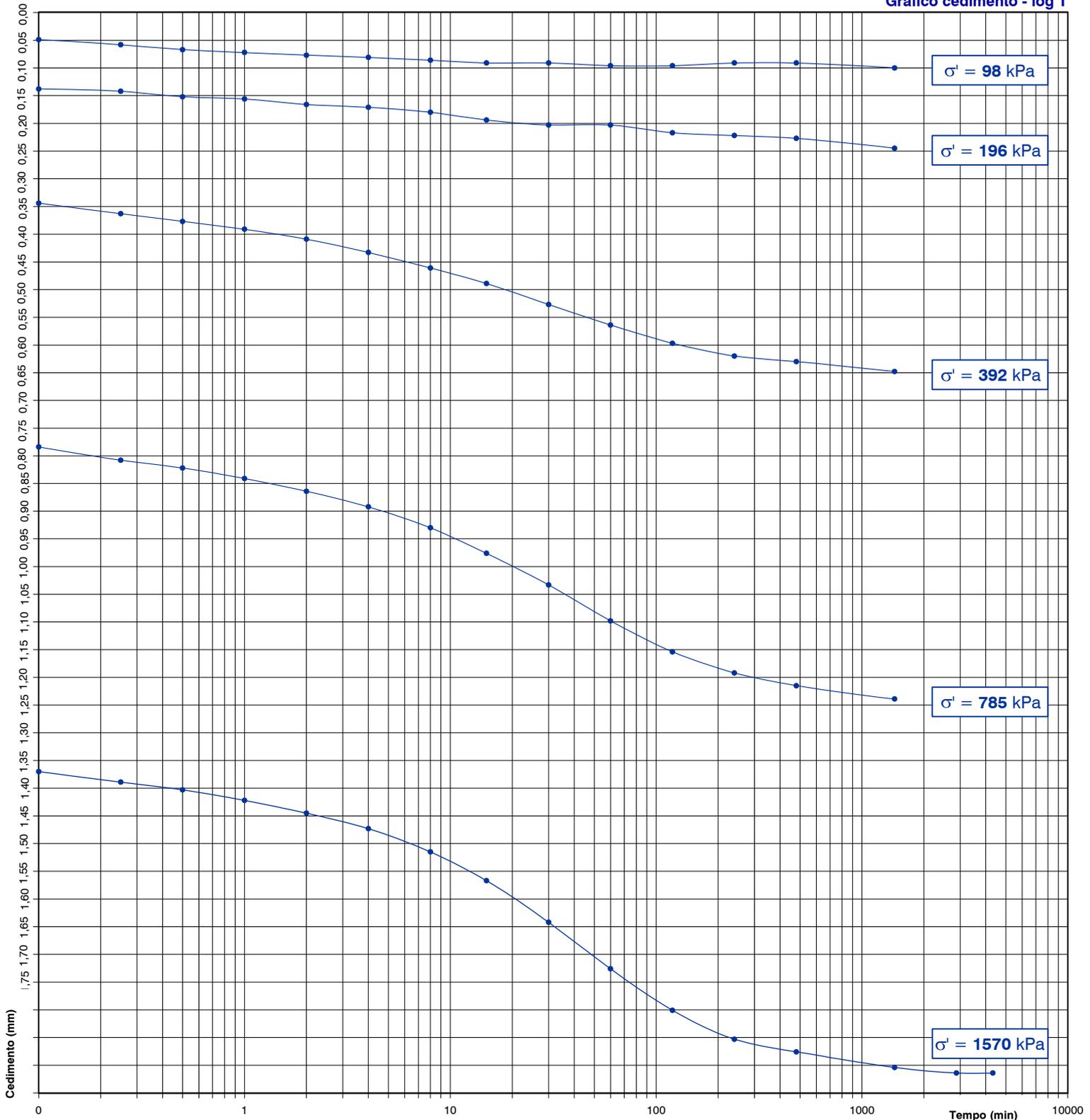
Note:



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Grafico cedimento - log T



Note:



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

MISURAZIONI ACQUISITE

Pressione (kPa)	49	98	196	392	785	1570	3139	785	196	49									
Data (gg/mese)	18/3	18/3	19/3	20/3	21/3	22/3	25/3	26/3	27/3	28/3									
Tempi	Cedimenti (mm)																		
0"	0,000	0,011	0,100	0,245	0,648	1,239	1,914	2,588	2,101	1,618									
6"		0,049	0,138	0,344	0,784	1,370													
15"		0,058	0,142	0,363	0,808	1,389													
30"		0,067	0,152	0,377	0,822	1,403													
1'		0,072	0,156	0,391	0,841	1,422													
2'		0,077	0,166	0,409	0,864	1,445													
4'		0,081	0,171	0,433	0,892	1,473													
8'		0,086	0,180	0,461	0,930	1,515													
15'		0,091	0,194	0,489	0,976	1,567													
30'		0,091	0,203	0,527	1,033	1,642													
60'	0,011	0,096	0,203	0,564	1,098	1,726													
120'		0,096	0,217	0,597	1,154	1,801													
240'		0,091	0,222	0,620	1,192	1,853													
480'		0,091	0,227	0,630	1,215	1,876													
1440'		0,100	0,245	0,648	1,239	1,904	2,588	2,101	1,618	1,234									
2880'							1,914												
4320'							1,914												

Note: in mancanza di cedimenti apprezzabili in corrispondenza di 49 kPa, dopo 1 ora dall'imposizione della pressione si è provveduto a passare allo step di carico successivo. Causa un errore nel programma di acquisizione, non sono state registrate le deformazioni in corrispondenza di 49 kPa.



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Certificato di prova: **11087/a**
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: **3161/13**

Lavoro di laboratorio: **084/19**

Sondaggio n° 4

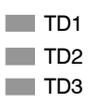
Campione n° 12

Profondità di prelievo:
da m **05.70** a m **06.20**

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONAMENTO

Tipo di perforazione (dichiarata):	carotaggio continuo con asta e carotiere	Forma del campione:	cilindrica
Tipo di campionatore (dichiarato):	shelby	Diametro della carota ϕ :	86 mm
Contenitore:	fustella metallica	Lunghezza della carota:	370 mm
Diametro esterno ϕ del contenitore:	90 mm	Data di prelievo del campione:	11/03/19
Lunghezza del contenitore:	700 mm	Classe di Qualità (dichiarata):	da Q4 a Q5
Data di consegna del campione:	12/03/19	Data di apertura del campione:	19/03/19
Data di apertura Commessa:	05/03/19	Stoccaggio: in camera ad umidità e temperatura controllate	
Data di inizio prova:	19/03/19	Data di fine prova:	19/03/19

SCHEMA DEL CAMPIONE	LUNGH.	POCKET PENETR.	VANE TEST	PROVE ESEGUITE	DESCRIZIONE
	cm	kPa (M.I.)	kPa (M.I.)		
ALTO 10 20 30 40 50 60 70 BASSO		240		W_1  γ_n $TD1$ $TD2$ $TD3$	Limo con sabbia argilloso olivastro, molto consistente, a struttura complessivamente omogenea, plastico ed attivo relativamente alle caratteristiche mineralogiche, reattivo ad HCl.
		370		Lim. γ_s W_2 Gran.	
		340		W_3	

Note: la fustella era chiusa con nastro adesivo alle estremità, presentava forma normale con le superfici laterali esterna ed interna sufficientemente lisce e prive di protuberanze visivamente apprezzabili. Il filo della scarpa, di forma normale, era affilato. Il campione era isolato con paraffina. Sono stati eseguiti pocket penetrometer test trasversalmente alla carota a 15 ed a 19 cm circa dall'alto. Nel primo caso è stata misurata la resistenza di 430 kPa. Nel secondo caso è stata misurata la resistenza di 290 kPa.

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 4

Campione n° 12

Certificato di prova: 11087/b
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: 3161/13

Lavoro di laboratorio: 084/19

Profondità di prelievo:
da m 05.70 a m 06.20

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

(UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Data di inizio prova:	19/03/19	Data di fine prova:	20/03/19
	Determinazione W_1	Determinazione W_2	Determinazione W_3
Peso lordo umido (g)	39,51	39,45	36,95
Peso lordo secco (g)	34,24	34,68	32,84
Tara (g)	20,59	20,40	20,44
Umidità relativa W (%)	38,6	33,4	33,1
UMIDITA' NATURALE MEDIA W_n	35,0	%	
		DEVIAZIONE STANDARD	3,09

Note:

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore

(Dott. Geol. Giovanni Caproni)

Giovanni Caproni

il Direttore del Laboratorio

(Dott. Geol. Fabio Garbin)

Fabio Garbin

PESO DELL'UNITA' DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

(UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Data di inizio prova:	19/03/19	Data di fine prova:	19/03/19
Peso umido del terreno (g)	74,68	Volume (cm ³)	39,51
PESO DI VOLUME NATURALE γ_n	18,54	kN/m ³	
		Determinazione eseguita tramite:	fustella tarata

Note:

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore

(Dott. Geol. Giovanni Caproni)

Giovanni Caproni

il Direttore del Laboratorio

(Dott. Geol. Fabio Garbin)

Fabio Garbin



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 4

Campione n° 12

Certificato di prova: **11087/c**
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: **3161/13**

Lavoro di laboratorio: **084/19**

Profondità di prelievo:
da m **05.70** a m **06.20**

PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Data di inizio prova:	19/03/19	Data di fine prova:	05/04/19
-----------------------	----------	---------------------	----------

Determinazione n° 1	Quantità misurate	Determinazione n° 2
79,89	Tara picnometro (g)	84,91
94,92	Picnometro + campione secco (g)	99,93
215,26	Picnometro + campione + acqua (g)	212,49
19,4	Temperatura di prova (°C)	19,2
205,83	Picnometro + acqua (g)	203,04
26,34	P. di vol. dei grani misurato (kN/m ³)	26,47

PESO DI VOLUME DEI GRANI γ_s	26,41 kN/m ³	DEVIATION STANDARD	0,091
-------------------------------------	--------------------------------	--------------------	--------------

Note: il peso specifico assoluto a 20° C è pari a 26,46 (2,697).

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin

CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE

INDICE DEI VUOTI	e	0,926	GRADO DI SATURAZIONE	S_r	102 %
POROSITA'	n	0,481	PESO DI VOLUME SECCO	γ_{dry}	13,73 kN/m ³
PESO DI VOL. SATURO	γ_{sat}	18,44 kN/m ³	PESO DI VOL. IMMERSO	γ'	8,73 kN/m ³

Note: i controlli effettuati non hanno evidenziato errori di procedura, di misura e/o di calcolo.

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caprioni)
Giovanni Caprioni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



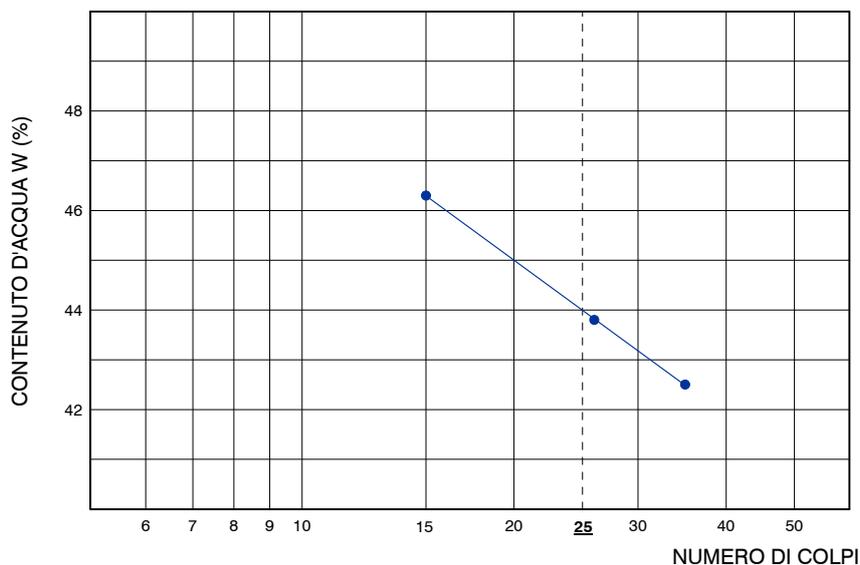
CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA

(UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Data di inizio prova LL e LP	19/03/19	Data di fine prova LL e LP	05/04/19
Data di inizio prova LR	--	Data di fine prova LR	--

Limite/Indice	Parametro	Valore	Unità	Prova n°	Colpi n°	W %	Classificazione
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL	44	%	1	15	46,3	LL
LIMITE DI PLASTICITA'	LP	27	%	2	26	43,8	
INDICE DI PLASTICITA'	IP	17	%	3	35	42,5	
LIMITE DI RITIRO	LR	--	%	4	--	--	
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	W _n	35,0	%	5	--	--	
INDICE DI CONSISTENZA	IC	0,53		1	Dev. Stand. 0,42	26,5	LP
INDICE DI LIQUIDITA'	IL	0,47		2		27,1	
INDICE DI RITIRO	I _r	--		1		--	LR
RAPPORTO DI RITIRO	R _r	--		2		--	
INDICE DI ATTIVITA'	A	1,42					

LIMITE DI LIQUIDITA'



Note:

Roma, 04/04/18

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caproni)
Giovanni Caproni

il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin

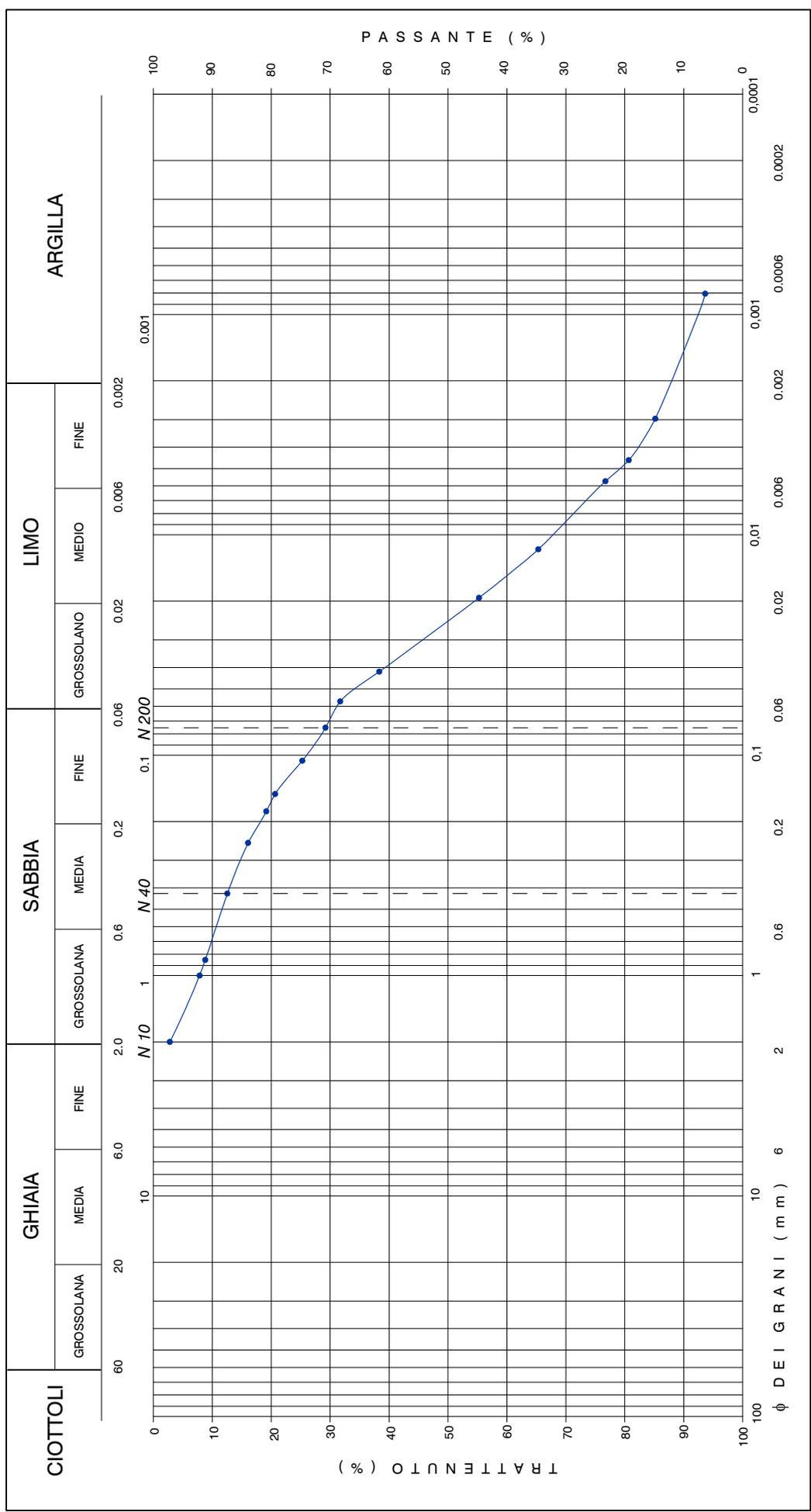
ANALISI GRANULOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-4)



Descrizione granulometrica del campione: **LIMO CON SABBIA ARGILLOSO DEBOLMENTE GHIAIOSO.**

GHIAIA > 2 mm	SABBIA 0.06 - 2 mm	LIMO 0.002 - 0.06 mm	ARGILLA < 0.002 mm
3 %	28 %	57 %	12 %
PASSANTE AI SETACCI	N 10 2 mm	N 40 0.425 mm	N 200 0.075 mm
	97 %	87 %	71 %



Note: il diametro del granulo maggiore è di 3-4 mm.



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 4

Campione n° 12

Certificato di prova: 11087/f
(foglio 1 di 4)

Verbale di Accettazione: 3161/13

Lavoro di laboratorio: 084/19

Profondità di prelievo:
da m 05.70 a m 06.20

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

(UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Data di inizio prova:	19/03/19	Data di fine prova:	29/03/19
-----------------------	----------	---------------------	----------

CARATTERISTICHE INIZIALI DEI PROVINI

Provino		1	2	3
Altezza	cm	2,026	2,023	2,022
Lato	cm	6,024	6,028	6,013
Volume	cm ³	73,52	73,51	73,11
Peso di volume	kN/m ³	17,36	17,56	16,97
Contenuto d'acqua	%	34,4	34,5	34,7
Peso di volume dei grani	kN/m ³	26,41	26,41	26,41
Indice dei vuoti		1,053	1,027	1,100
Grado di saturazione	%	88	91	85

FASE DI CONSOLIDAZIONE

Provino		1	2	3
Carico verticale efficace	kPa	98	196	294
Durata	h	24	24	24
Cedimento	mm	0,79	1,08	1,27

FASE DI TAGLIO

Provino		1	2	3
Velocità di deformazione	mm/min	0,0100	0,0100	0,0100
Carico verticale efficace	kPa	98	196	294
Contenuto finale d'acqua	%	38,5	37,4	37,0

NOTE

Roma, 04/04/19

il Tecnico Sperimentatore
(Dott. Geol. Giovanni Caproni)
Giovanni Caproni

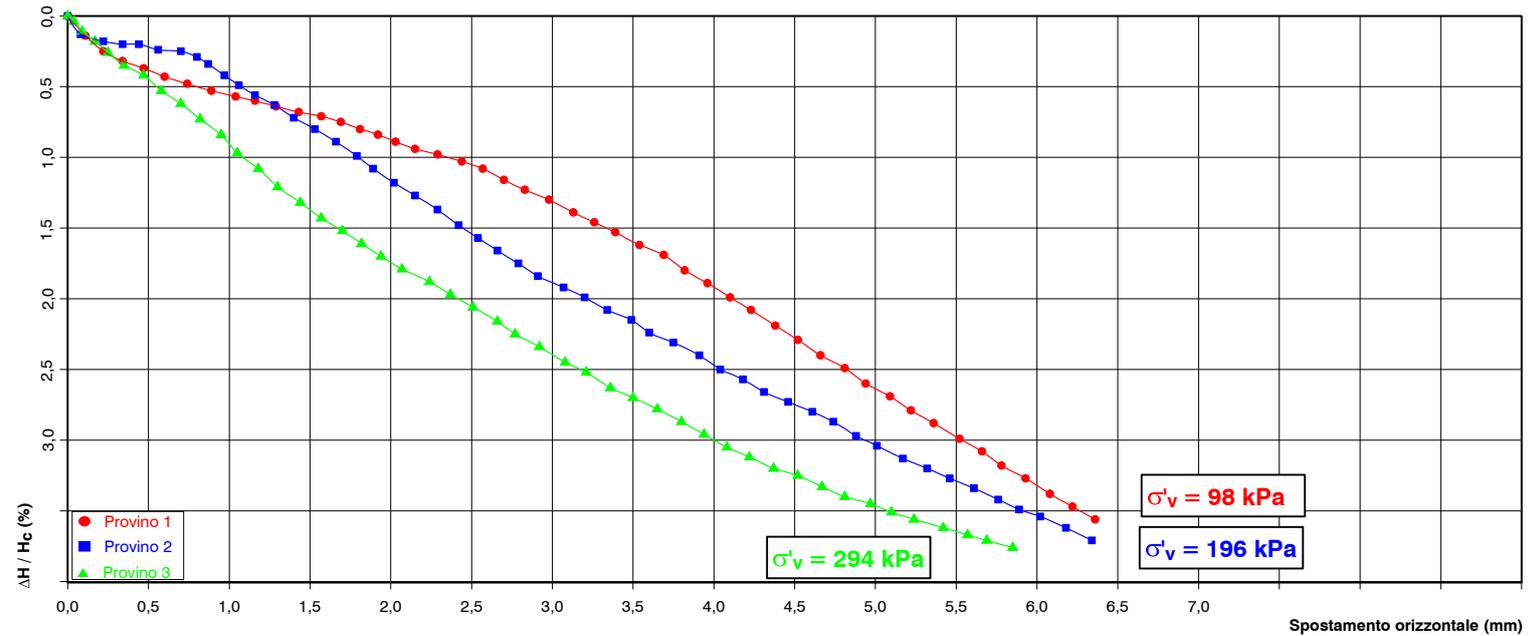
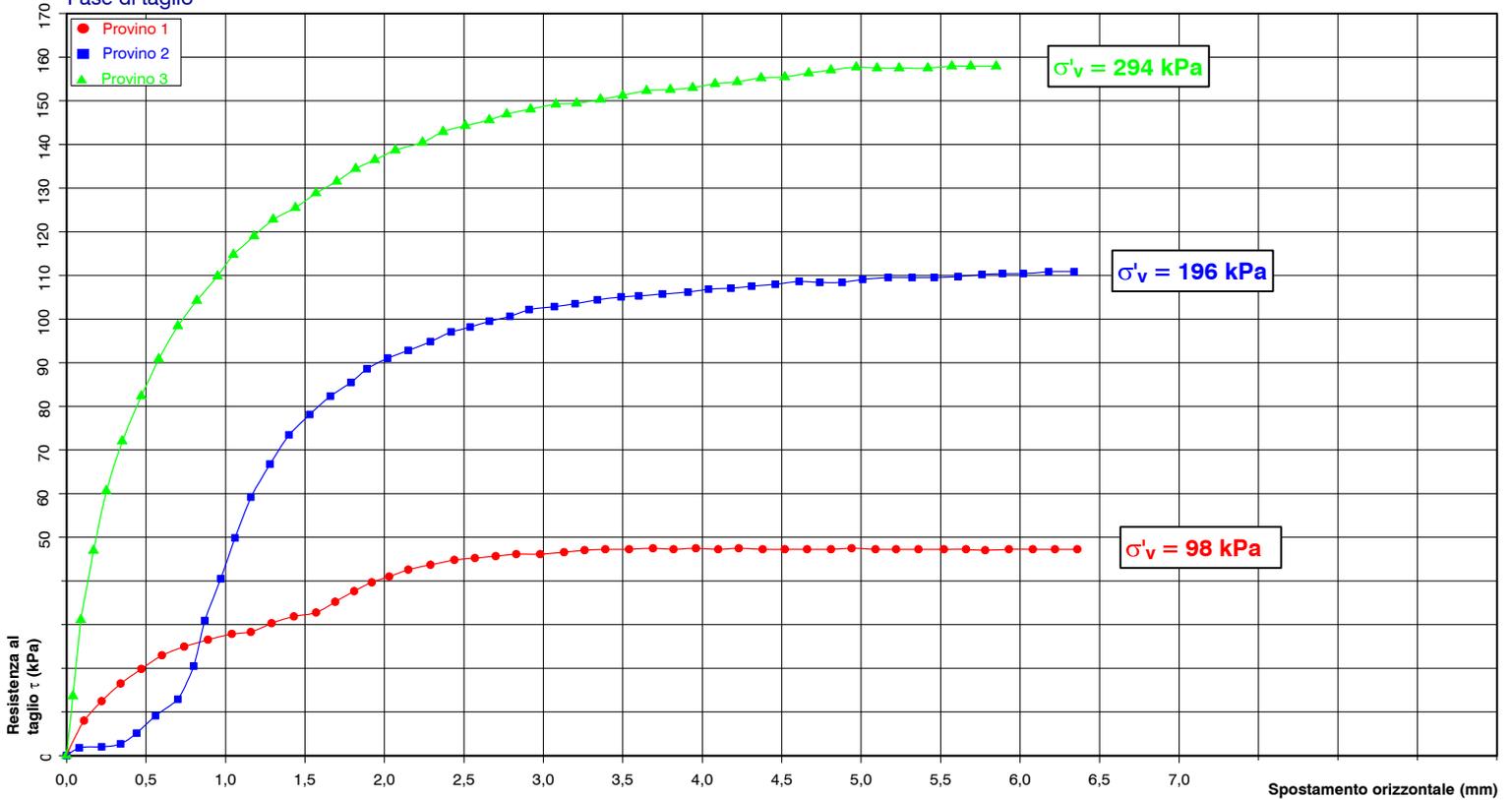
il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabio Garbin)
Fabio Garbin



PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

(UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Fase di taglio



Note:



Committente: LazioCrea S.p.A.

Richiedente: Geocompany S.r.l.

Cantiere: Via Provinciale Capena, 79-Capena (RM)

Sondaggio n° 4

Campione n° 12

Certificato di prova: **11087/f**
(foglio 3 di 4)

Verbale di Accettazione: **3161/13**

Lavoro di laboratorio: **084/19**

Profondità di prelievo:
da m **05.70** a m **06.20**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

(UNI CEN ISO/TS 17892-10)

MISURAZIONI ACQUISITE

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostamento orizzontale (mm)	Deformazione verticale (%)	Sollecitazione di taglio (kPa)	Spostamento orizzontale (mm)	Deformazione verticale (%)	Sollecitazione di taglio (kPa)	Spostamento orizzontale (mm)	Deformazione verticale (%)	Sollecitazione di taglio (kPa)
0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0
0,11	0,14	8	0,08	0,13	2	0,04	0,04	14
0,22	0,25	12	0,22	0,18	2	0,09	0,11	31
0,34	0,32	16	0,34	0,20	3	0,17	0,18	47
0,47	0,37	20	0,44	0,20	5	0,25	0,26	61
0,60	0,43	23	0,56	0,24	9	0,35	0,35	72
0,74	0,48	25	0,70	0,25	13	0,47	0,42	82
0,89	0,53	27	0,80	0,29	20	0,58	0,53	91
1,04	0,57	28	0,87	0,34	31	0,70	0,62	98
1,16	0,60	28	0,97	0,42	41	0,82	0,73	104
1,29	0,64	30	1,06	0,49	50	0,95	0,84	110
1,43	0,68	32	1,16	0,56	59	1,05	0,97	115
1,57	0,71	33	1,28	0,63	67	1,18	1,08	119
1,69	0,75	35	1,40	0,72	73	1,30	1,21	123
1,81	0,80	38	1,53	0,80	78	1,44	1,32	126
1,92	0,84	40	1,66	0,89	82	1,57	1,43	129
2,03	0,89	41	1,79	0,99	85	1,70	1,52	132
2,15	0,94	43	1,89	1,08	89	1,82	1,61	134
2,29	0,98	44	2,02	1,18	91	1,94	1,70	136
2,44	1,03	45	2,15	1,27	93	2,07	1,79	139
2,57	1,08	45	2,29	1,37	95	2,24	1,88	140
2,70	1,16	46	2,42	1,48	97	2,37	1,97	143
2,83	1,23	46	2,54	1,57	98	2,51	2,06	144
2,98	1,30	46	2,66	1,66	100	2,66	2,16	146
3,13	1,39	47	2,79	1,75	101	2,77	2,25	147
3,26	1,46	47	2,91	1,84	102	2,92	2,34	148
3,39	1,53	47	3,07	1,92	103	3,08	2,45	149
3,54	1,62	47	3,20	1,99	104	3,21	2,52	149
3,69	1,69	47	3,34	2,08	104	3,36	2,63	150
3,82	1,80	47	3,49	2,15	105	3,50	2,70	151

NORME DI RIFERIMENTO, RACCOMANDAZIONI E RIFERIMENTI TECNICI PER LE PROVE DI LABORATORIO

Descrizione e classificazione dei terreni

- Racc. A.G.I. (1963) : “Nomenclatura geotecnica e classifica delle terre”;
A.S.T.M. D 2487 : “Classification of the soil for engineering purposes”;
A.S.T.M. D 2488 : “Standard practise for description and identification of soils”.

Determinazione del contenuto d'acqua allo stato naturale

- UNI CEN ISO/TS 17892-1 : “Determinazione del contenuto in acqua”
C.N.R. U.N.I. 10008 : “Prove su materiali stradali. Umidità di una terra”;
A.S.T.M. D 2216-92 : “Laboratory determination of water (moisture) content of soil”.

Determinazione del peso dell'unità di volume allo stato naturale

- UNI CEN ISO/TS 17892-2 : “Determinazione della massa volumica dei terreni”
Racc. A.G.I. (1994) : Determinazione del peso dell'unità di volume relativo alle prove specifiche;

Determinazione del peso specifico assoluto dei granuli

- UNI CEN ISO/TS 17892-3 : “Determinazione della massa volumica dei granuli solidi”;
A.S.T.M. D 854 : “Standard method for specific gravity of soils”;
A.S.T.M. D 4718 : “Correction of unit weight and water content for soils containing oversize particles”.

Determinazione dei Limiti di consistenza

- UNI CEN ISO/TS 17892-12 : “Determinazione dei limiti di Atterberg”;
A.S.T.M. D 4318 : “Liquid limit, plastic limit and plastic index of soils”;
BISHOP & GLOSSOP : “Determinazione del limite di adesività”;
BISHOP & GLOSSOP : “Serie di prove indici su impasto di argilla”.
A.S.T.M. D 4943 : “Shrinkage factors of soils by the wax method”;
B.S. 1377, Part 2 : “Classification tests”.

Analisi granulometrica

- UNI CEN ISO/TS 17892-4 : “Determinazione della distribuzione granulometrica”;
Racc. A.G.I. (1994) : “Analisi granulometrica di una terra”;
A.S.T.M. D 422 : “Particle size analysis of soils”;
A.S.T.M. D 1140 : “Amount of material in soils finer than No.200 sieve”;
A.S.T.M. D 421 : “Dry preparation of soil samples for particle-size analysis and determination of soil constants”;
A.S.T.M. D 2217 : “Wet preparation of soil samples for particle-size analysis and determination of soil constants”;

Prova di consolidazione monodimensionale (edometrica)

- UNI CEN ISO/TS 17892-5 : “Prova edometrica ad incrementi di carico”;
Racc. A.G.I. (1994) : “Prove edometriche”;
A.S.T.M. D 2435 : “One-dimensional consolidation properties of soil”;
A.S.T.M. D 4186 : “One-dimensional consolidation properties of soils using controlled-strain loading”.

Prova di rigonfiamento

- UNI CEN ISO/TS 17892-5 : “Prova edometrica ad incrementi di carico”;
A.S.T.M. D 4546 : “One dimensional swell or settlement potential of cohesive soils”;
GIBBS & HOLTZ (1956) : “Prova di rigonfiamento libero”;
HUDER & AMBERG (1970) : “Quellung im Mergel, Opalin uston und Anhydrit

Prova di permeabilità

- UNI CEN ISO/TS 17892-11 : “Determinazione della permeabilità con prove a carico costante o a carico variabile”;
A.S.T.M. D 2434 : “Permeability of granular soils (costant head)”.

Prova di taglio con scissometro

- A.S.T.M. D 4648 : “Laboratory miniature Vane test for saturated fine-grained clayey”.

Prova di compressione ad espansione laterale libera

- UNI CEN ISO/TS 17892-7 : “Prova di compressione non confinata su terreni a grana fine”;
Racc. A.G.I. (1994) : “Prove di compressione triassiale su terre coesive”;
A.S.T.M. D 2166 : “Unconfined compressive strenght of cohesive soil”.

Prove triassiali

UNI CEN ISO/TS 17892-9	:	“Prove di compressione triassiale, consolidate, su terreni saturi”;
UNI CEN ISO/TS 17892-8	:	“Prova triassiale non consolidata non drenata”;
Racc. A.G.I. (1994)	:	“Prove di compressione triassiale su terre coesive”;
A.S.T.M. D 2850	:	“Unconsolidated, undrained compressive strength of cohesive soils in triaxial compression”;
A.S.T.M. D 7181	:	“Method for consolidated drained triaxial compression test for soils”;
A.S.T.M. D 4767	:	“Consolidated undrained triaxial compression test for cohesive soils”.

Prova di taglio diretto

UNI CEN ISO/TS 17892-10	:	“Prove di taglio diretto”;
Racc. A.G.I. (1994)	:	“Prove di taglio diretto”;
A.S.T.M. D 3080	:	“Direct shear test of soil under consolidated drained conditions”.

Prova di taglio per la definizione della resistenza residua

UNI CEN ISO/TS 17892-10	:	“Prove di taglio diretto”;
Racc. A.G.I. (1994)	:	“Prove di taglio diretto”;
A.S.T.M. D 3080	:	“Direct shear test of soil under consolidated drained conditions”.
A.S.T.M. D 6467	:	“Standard Test Method for Torsional Ring Shear Test to Determine Drained Residual Shear Strength of Cohesive Soils”.

Prova Proctor

C.N.R. B.U. A. XII N.69	:	“Norme sui materiali stradali. Prove di costipamento di una terra”;
ASTM D1557	:	“Test method for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort (56,000 ft-lbf/ft ³ (2,700 kN-m/m ³));”;
A.S.T.M. D 698	:	“Test method for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort (12,400 ft-lbf/ft ³ (600 kN-m/m ³));”;
AASHTO T180	:	“Moisture-density relations of soil”;
AASHTO T99	:	“Moisture-density relations of soil”.

Prova C.B.R.

C.N.R. U.N.I. 10009	:	“Prove sui materiali stradali. Indice di portanza CBR di una terra”;
A.S.T.M. D 1883	:	“Bearing ratio of laboratory compacted soils”.

Determinazione del contenuto in sostanze organiche

A.S.T.M. D 2974	:	“Standard tests methods for moisture, ash, and organic matter of peat and other organic soil”;
-----------------	---	--

Determinazione del tenore in carbonati

B.S. 1377	:	
U.N.I. 9943/2	:	“Determinazione del contenuto in carbonati”;
A.S.T.M. D 4373	:	“Calcium carbonate content of soil”.

Determinazione del grado di reazione (pH)

D.M. 13/09/99	:	“Ministero Politiche Agricole, Cap. III”;
---------------	---	---

Determinazione del Contenuto Iniziale in Calce (CIC)

ASTM D6276	:	“Standard test method for using pH for estimate the soil-lime proportion requirement for soil stabilization”;
------------	---	---

Determinazione della densità in sito

C.N.R. B.U. n° 22	:	
A.S.T.M. D 1556	:	“Density of soil in place by the sand cone method”.

Prova di carico su piastra

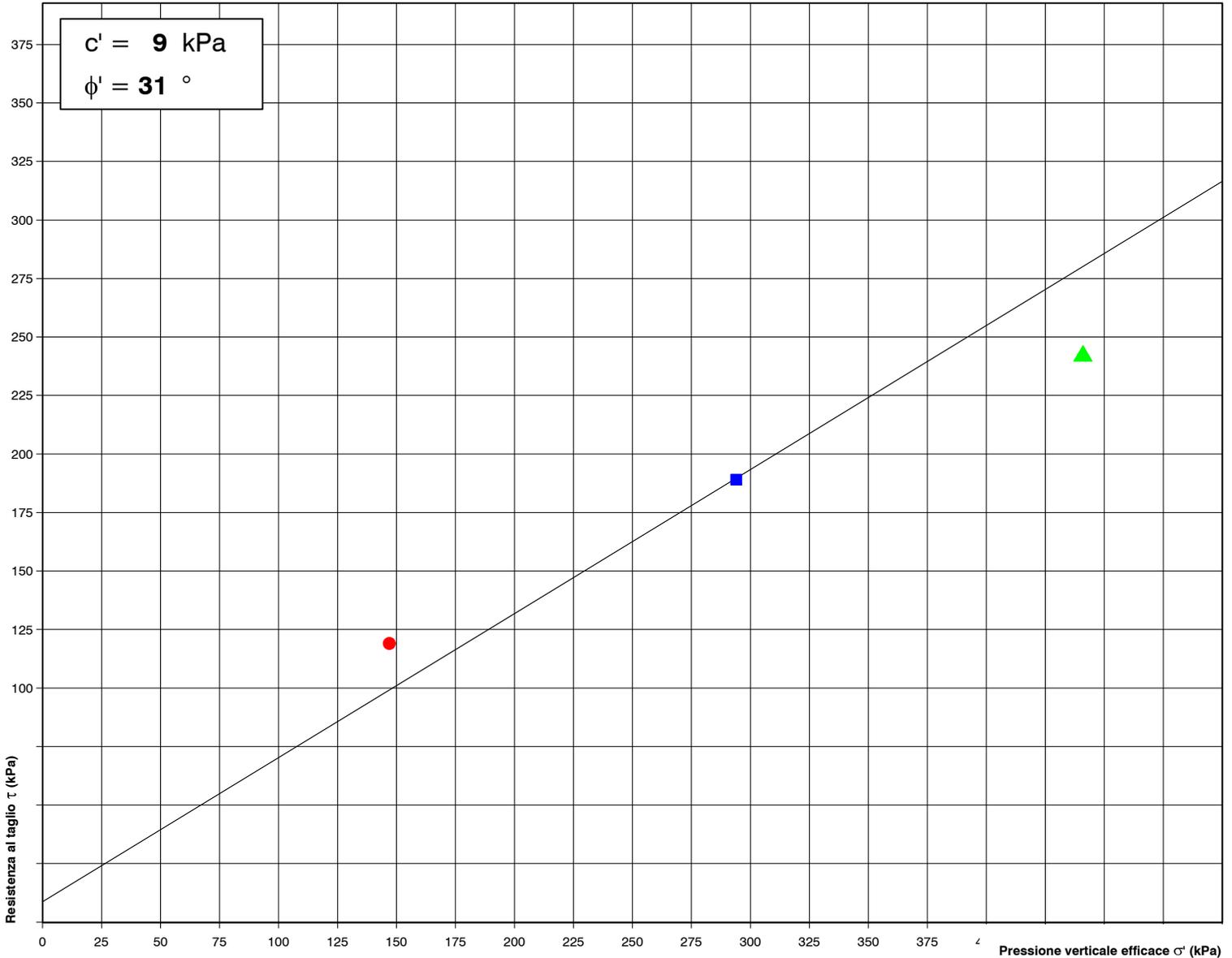
C.N.R. B.U. n° 146	:	
A.S.T.M. D 1195	:	“Repetitive static plate load test of soils”;
A.S.T.M. D 1196	:	“Nonrepetitive static plate load test of soils”;
N.S. SNV 70317	:	“Prova con piastra”.

NOTA: QUALORA VENGA RICHIESTA L'ESECUZIONE DI UNA PROVA DI CUI NON ESISTE UNA NORMATIVA NAZIONALE OD INTERNAZIONALE, FARÀ FEDE LA PROCEDURA INTERNA DI RIFERIMENTO.

INTERPRETAZIONE DELLA PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

Sondaggio n° 1	Campione n° D3	Profondità di prelievo: da m 23.40 a m 23.90
----------------	----------------	---

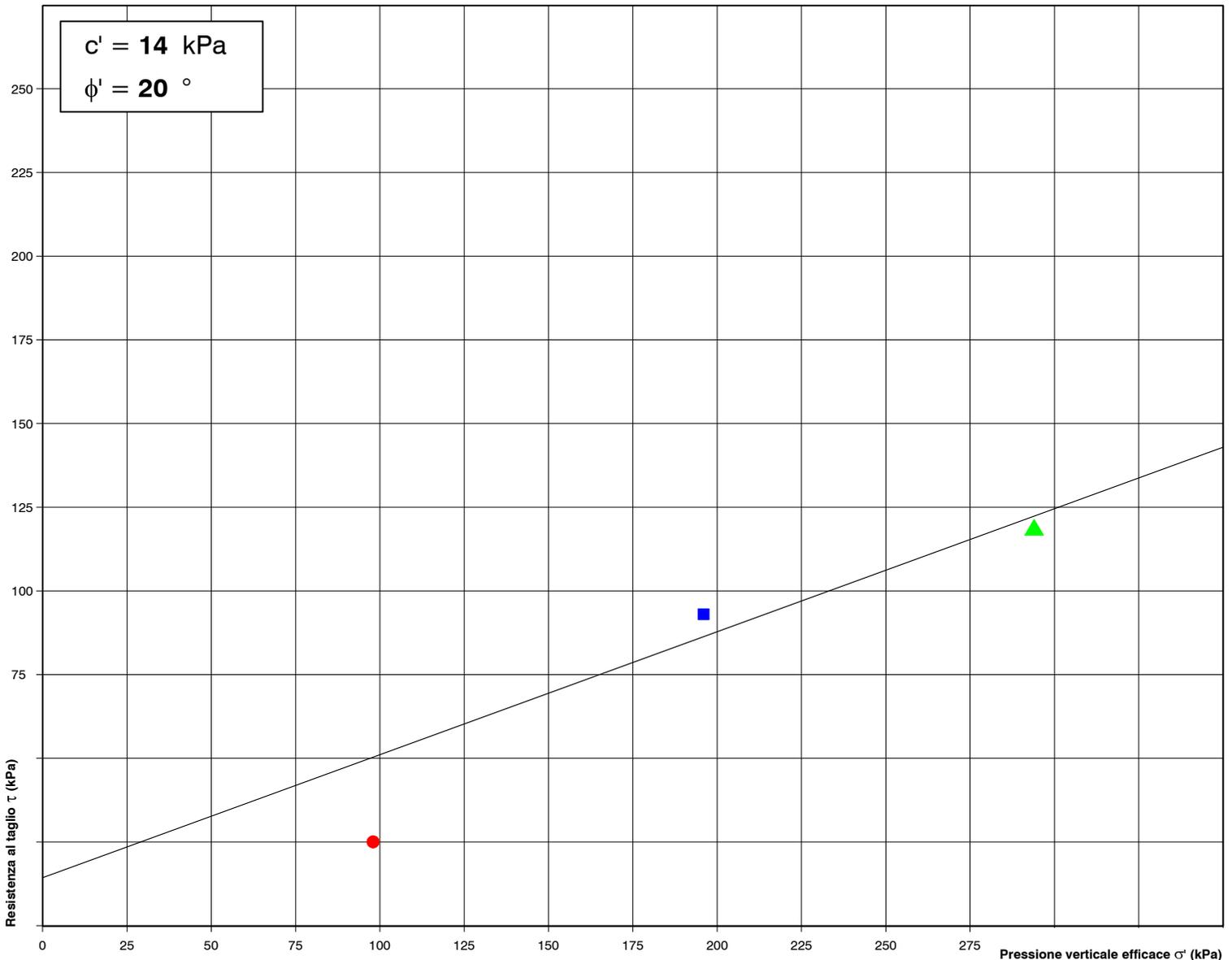
Provino n°		1	2	3
Carico verticale efficace	kPa	147	294	441
Deformazione verticale a rottura	%	0,35	2,88	6,12
Spostamento orizzontale a rottura	mm	3,90	4,67	7,32
Sollecitazione di taglio a rottura	kPa	119	189	243



INTERPRETAZIONE DELLA PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

Sondaggio n° 2	Campione n° I2	Profondità di prelievo: da m 03.00 a m 03.50
----------------	----------------	---

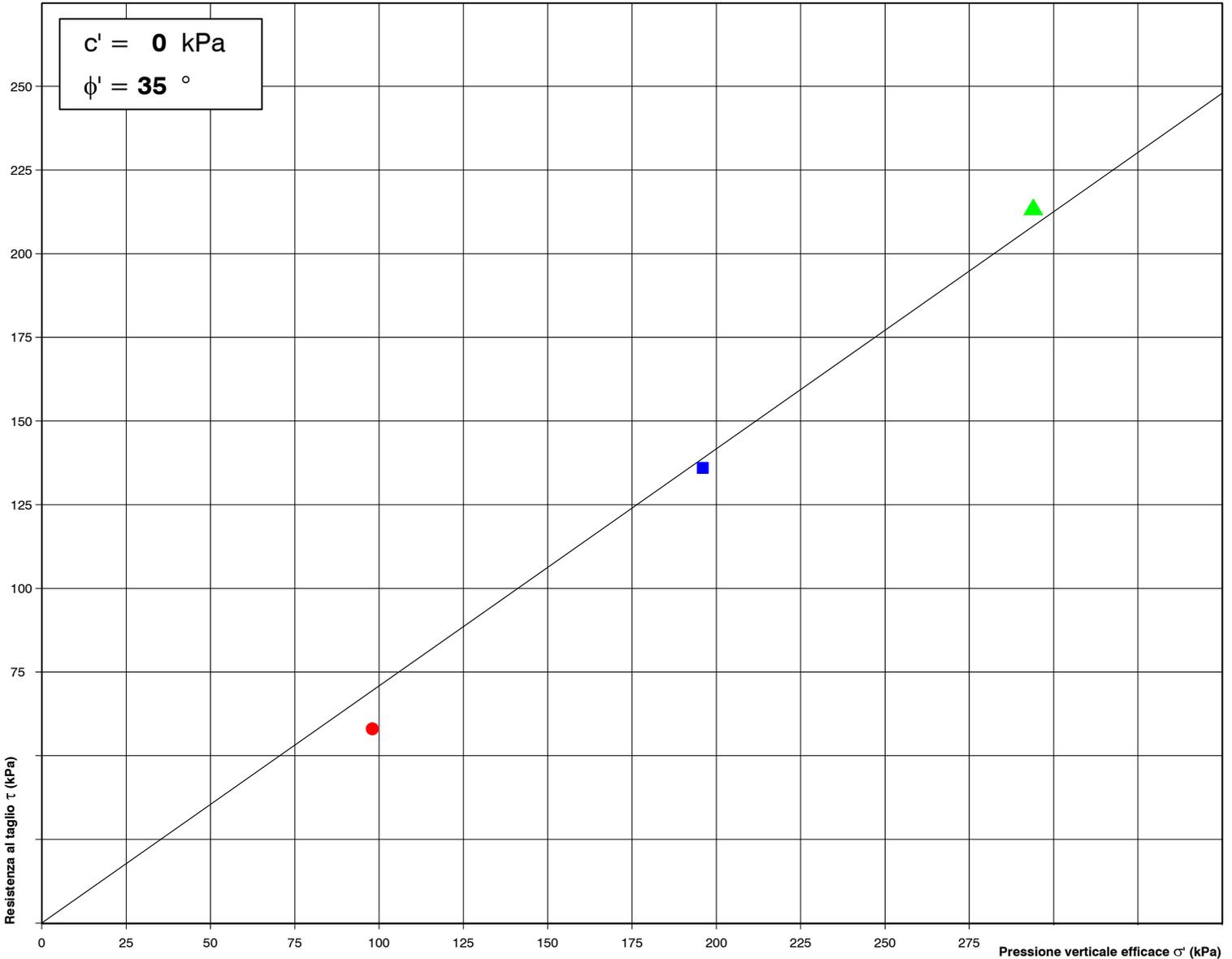
Provino n°		1	2	3
Carico verticale efficace	kPa	98	196	294
Deformazione verticale a rottura	%	1,27	2,11	2,85
Spostamento orizzontale a rottura	mm	2,45	3,61	4,25
Sollecitazione di taglio a rottura	kPa	25	93	119



INTERPRETAZIONE DELLA PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

Sondaggio n° 2	Campione n° D4	Profondità di prelievo: da m 18.50 a m 19.00
----------------	----------------	---

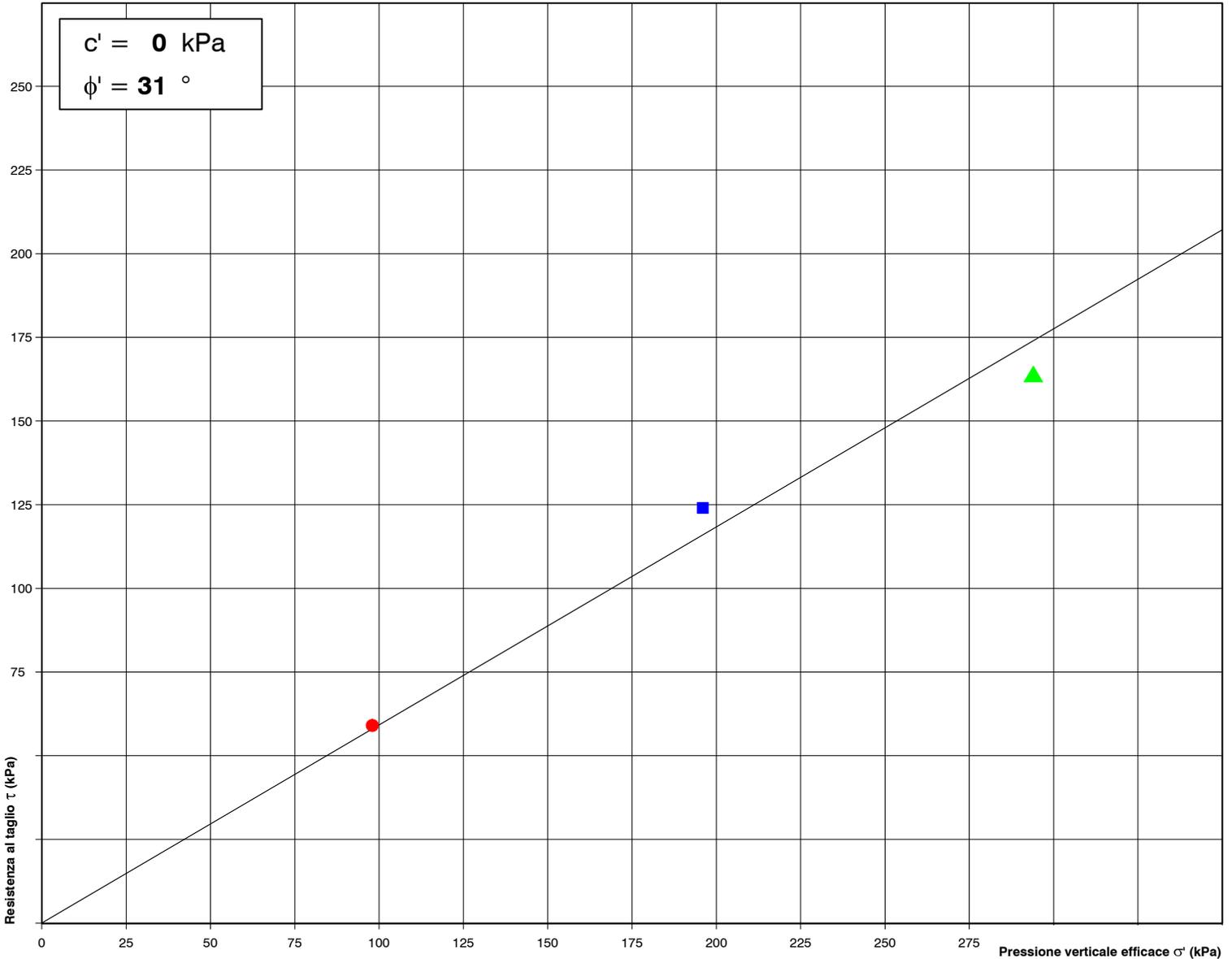
Provino n°		1	2	3
Carico verticale efficace	kPa	98	196	294
Deformazione verticale a rottura	%	0,00	3,42	2,67
Spostamento orizzontale a rottura	mm	4,16	5,14	6,23
Sollecitazione di taglio a rottura	kPa	58	136	214



INTERPRETAZIONE DELLA PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

Sondaggio n° 3	Campione n° I2	Profondità di prelievo: da m 07.40 a m 07.90
----------------	----------------	---

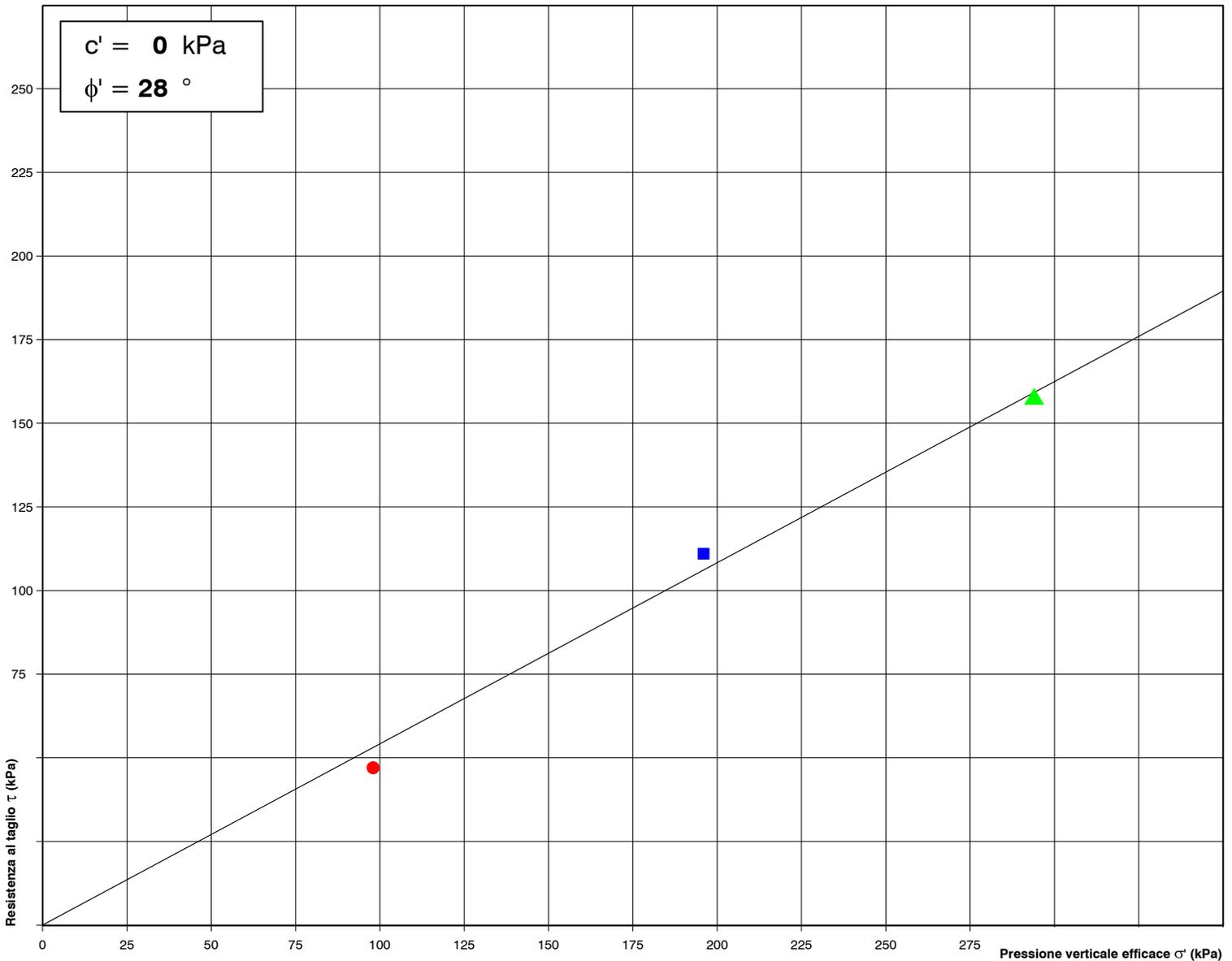
Provino n°		1	2	3
Carico verticale efficace	kPa	98	196	294
Deformazione verticale a rottura	%	2,71	4,79	7,85
Spostamento orizzontale a rottura	mm	6,50	6,51	6,37
Sollecitazione di taglio a rottura	kPa	59	124	164



INTERPRETAZIONE DELLA PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

Sondaggio n° 4	Campione n° I2	Profondità di prelievo: da m 05.70 a m 06.20
----------------	----------------	---

Provino n°		1	2	3
Carico verticale efficace	kPa	98	196	294
Deformazione verticale a rottura	%	1,69	3,62	3,67
Spostamento orizzontale a rottura	mm	3,69	6,18	5,57
Sollecitazione di taglio a rottura	kPa	47	111	158



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



FOTO 1 e 2 – Rispettivamente postazione prova penetrometrica DPSH n.1 e n.2



FOTO 3 e 4 – Rispettivamente postazione prova penetrometrica DPSH n.3 e n.4



FOTO 5 e 6 – Postazione prova penetrometrica DPSH n.5 e stesa sismica masw n. 1



FOTO 7 e 8 – Stesa sismica masw n. 1 e masw n. 2.



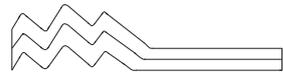
FOTO 9 e 10 – Postazioni prove down-hole 1 e down-hole 2



FOTO 11 e 12 – Prova Hvsr 1 e Hvsr2, eseguite tramite Geobox della Sara Instruments



FOTO 13 e 14 – Prova Hvsr 3 e Hvsr 4, eseguite tramite Geobox della Sara Instruments



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

SONDAGGI GEOGNOSTICI



Foto 1:
Postazione sondaggio
S1



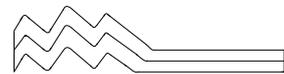


Foto 2:
Cassetta N1.
S1



Foto 3:
Cassetta N2.
S1



Foto 4:
Cassetta N3.
S1

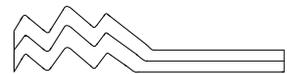


Foto 5:
Cassetta N4.
S1



Foto 6:
Cassetta N5.
S1



Foto 7:
Cassetta N6.
S1

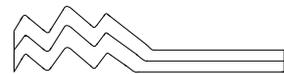


Foto 7:
Postazione sondaggio
S2



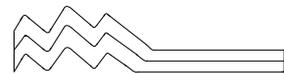


Foto 8:
Cassetta N1
S2.



Foto 9:
Cassetta N2
S2.



Foto 10:
Cassetta N3
S2.

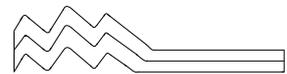


Foto 11:
Cassetta N4
S2.



Foto 12:
Cassetta N5
S2.



Foto 13:
Cassetta N6
S2.

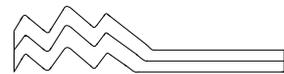


Foto 14:
Postazione sondaggio
S3



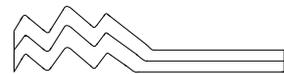


Foto 15:
Cassetta N1
S3.



Foto 16:
Cassetta N2
S3.

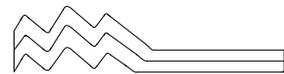


Foto 17:
Cassetta N3
S3.



Foto 18:
Cassetta N4
S3.

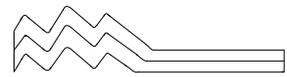


Foto 19:
Postazione sondaggio
S4



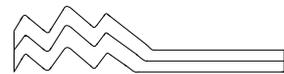


Foto 23:
Cassetta N4
S4.



Foto 24:
Cassetta N5
S4.



Foto 25:
Cassetta N6
S4.

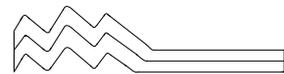


Foto 26:
Istallazione
piezometro
S4.



Foto 27:
Piezometro
S4.

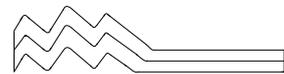
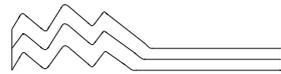


Foto 28:
Prelievo
campione.



Foto 29:
Tubazione
Down Hole.



Allegato - 3

**RISPOSTA
SISMICA
LOCALE**

INDICE

1	PREMESSA	2
2	UBICAZIONE DEL SITO	4
3	DATI DI RIFERIMENTO	5
4	CENNI TEORICI SULLA RISPOSTA SISMICA LOCALE	6
4.1	INTRODUZIONE	6
4.2	IMPOSTAZIONE DEL PROBLEMA DI CALCOLO DELL'AMPLIFICAZIONE LOCALE	9
5	ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE	11
5.1	METODO DI CALCOLO ADOTTATO E DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO	12
5.1.1	<i>Metodo lineare equivalente</i>	12
5.1.2	<i>Soluzione alla singola iterazione mediante FEM</i>	14
5.1.3	<i>Modello di calcolo FEM</i>	17
5.1.4	<i>Procedimento iterativo</i>	18
5.1.5	<i>Interpretazione dei risultati</i>	18
5.2	PROCEDURA DI ANALISI	19
5.2.1	<i>Determinazione degli input sismici: codice di calcolo REXEL</i>	19
5.2.2	<i>Parametri di ricerca</i>	23
5.2.3	<i>Accelerogrammi spettrocompatibili estratti</i>	24
5.2.4	<i>Sismostratigrafia di sito</i>	26
5.2.5	<i>Curve di decadimento dei terreni</i>	28
6	RISULTATI RSL	31
6.1	STATO LIMITE DI OPERATIVITA' (SLO)	31
6.2	STATO LIMITE DI DANNO (SLD)	32
6.3	STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV)	33
7	CONCLUSIONI	35
8	BIBLIOGRAFIA	38

ALLEGATI

1	SPETTRI ELASTICI DI OUTPUT
----------	-----------------------------------

1 PREMESSA

Il seguente studio di Risposta Sismica Locale, commissionato da Regione Lazio – Lazio Crea S.p.A., è stato redatto in riferimento alle specifiche del *DM 17.01.2018* (§ 7.11.3) per la riconversione funzionale dell'ex Stabilimento viti-vinicolo ubicato nel Comune di Capena (Roma) per la realizzazione di un Centro Logistico della Protezione Civile Regionale e del Centro Regionale per il deposito e dematerializzazione dei documenti della Regione Lazio.

La necessità di effettuare una analisi specifica della risposta sismica locale deriva dalla tipologia e classe d'uso della struttura di progetto, per la quale non è previsto l'impiego di modelli di risposta elastica in fondazione di tipo semplificato.

La struttura in progetto è infatti definita in "Classe d'uso IV, in riferimento alla sottostante tabella del § 2.4.2 del *NTC2018*,

<i>Classe I:</i> Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i> 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.
<i>Classe III:</i> 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.
<i>Classe IV:</i> 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 5/11/2001, 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.

e come indicato dal progettista, in riferimento alla tabellazione 2.4.I del § 2.4.1 del *NTC2018*, di "tipo 3"

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

e con Coefficiente d'uso $C_u = 2$, in riferimento alla tabellazione 2.4.II del § 2.4.3 del *NTC2018*

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

L'analisi di Risposta Sismica Locale, sviluppata a supporto della riconversione funzionale dell'ex Stabilimento viti-vinicolo ubicato nel Comune di Capena (Roma) per la realizzazione di un Centro Logistico della Protezione Civile Regionale e del Centro Regionale per il deposito e dematerializzazione dei documenti della Regione Lazio, è stata condotta attraverso la preliminare

definizione del modello sismo-stratigrafico del terreno, modellato sulla base dei risultati delle indagini geofisiche e geognostiche condotte a supporto dello studio geologico del sito.

Inoltre dati di letteratura acquisiti su terreni simili, disponibili in un ristretto intorno del sito, hanno consentito di validare il modello di verifica e di definire lo scenario di risposta sismica di sito.

L'analisi della risposta sismica locale è quindi stata sviluppata attraverso l'impiego del codice di calcolo *LSR 2D*, applicato al modello di verifica ed utilizzando quale moto di input, accelerogrammi di eventi reali la cui funzione media nel dominio delle frequenze risulta spettro compatibile con lo scuotimento al sito, definito dalla pericolosità su suolo rigido, calcolata al punto di intervento sulle mappe interattive consultabili in rete presso il sito INGV e descritta dal valore dell'accelerazione al suolo con la probabilità di superamento per la strategia di progettazione adottata.

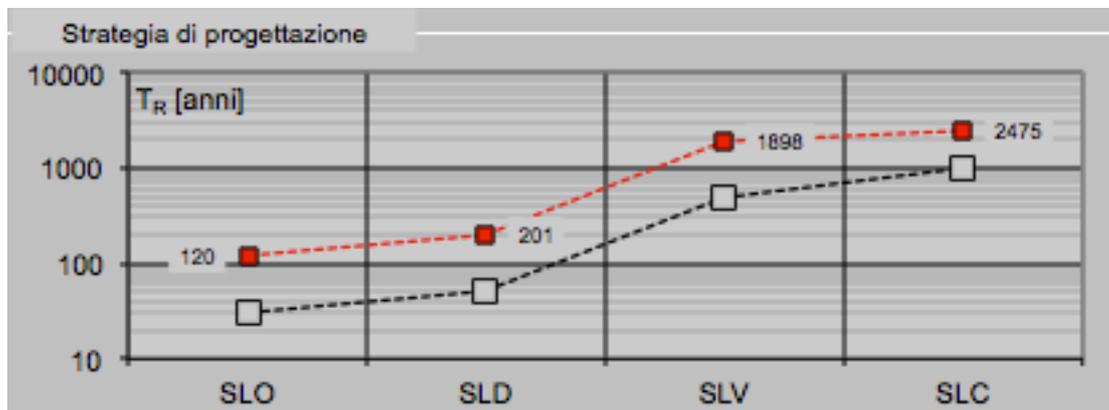


Figura 1. Strategia di progettazione.

2 UBICAZIONE DEL SITO

L'area studiata ricade all'interno del Comune di Capena (RM), precisamente in Strada Provinciale 79.



Figura 2. Ubicazione del sito in oggetto (da Google Earth).

Le coordinate geografiche del sito in esame sono:

WGS 84		ED 50	
Longitudine Est	12,565245°	Longitudine Est	12,566173°
Latitudine Nord	42,129068°	Latitudine Nord	42,130052°

3 DATI DI RIFERIMENTO

Il modello sismo-stratigrafico di riferimento è stato derivato dalle indagini specificatamente condotte nell'area di studio nel mese di marzo 2019 e consistenti in:

- esecuzione di 4 *sondaggi geognostico* (S1 – S4) a carotaggio continuo e andamento verticale, di cui 2 attrezzati con tubazione per prova Down-Hole spinti fino alla profondità di 30 e 31 m e 2 spinti fino alla profondità di 20 e 31 m, quest'ultimo attrezzato con piezometro a tubo aperto;
- prelievo di 13 *campioni di terreno*, successivamente analizzati in laboratorio di meccanica delle terre autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, per la parametrizzazione geotecnica;
- esecuzione di 4 *prove S.P.T.* per verificare in sito la resistenza meccanica del terreno attraversato;
- esecuzione di 5 *prove penetrometriche dinamiche DPSH*;
- esecuzione di 2 *stese sismiche MASW* con lo scopo di ricostruire l'andamento sismico stratigrafico del sottosuolo e di ricavare la velocità delle onde "S" nei primi 30 m di profondità ($V_{s,eq}$);
- esecuzione di 4 *misure del rumore sismico ambientale HVSR*.

Il dettaglio e i risultati di tali indagini sono riportate nella relazione.

4 CENNI TEORICI SULLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

4.1 INTRODUZIONE

In passato si è potuto osservare, a seguito di terremoti distruttivi, una distribuzione anomala del danneggiamento delle costruzioni, con forti differenziazioni fra zone contigue anche di modeste dimensioni.

Oltre alle intrinseche differenze della vulnerabilità sismica delle costruzioni ed alle differenti caratteristiche dinamiche delle stesse, tali cause possono essere attribuite principalmente alle modificazioni delle caratteristiche del moto sismico indotte da condizioni geologiche e geomorfologiche locali.

Il moto sismico in un determinato sito, infatti, è influenzato da tre parametri importanti:

- Il meccanismo di sorgente;
- La propagazione;
- La risposta sismica locale;

I primi due fattori dipendono fortemente dalle caratteristiche dell'evento sismico; questi variano in funzione delle caratteristiche della sorgente (magnitudo e tipo di rottura della faglia) e dalla distanza tra il sito in esame e la sorgente.

La risposta sismica locale è il risultato di interazioni tra le onde sismiche e le condizioni locali, cioè l'insieme delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche di depositi di terreno ed ammassi rocciosi e delle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

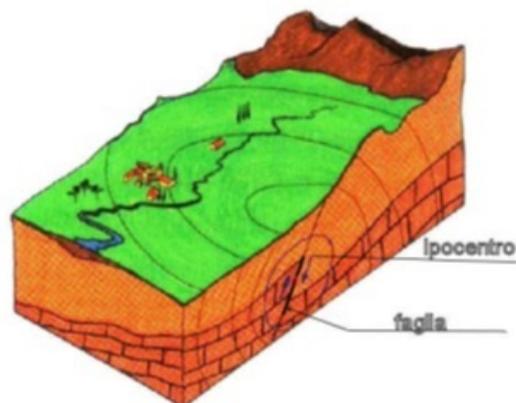


Figura 3. Schema della rottura del terremoto e generazione e propagazione delle onde sismiche.

In altre parole le caratteristiche del sito sono le responsabili delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenze, che un moto sismico relativo ad una formazione rocciosa di base (terremoto di riferimento), subisce attraversando gli strati dal bedrock fino alla superficie (Lanzo G. et al., 1999).

Nella Figura 3 è rappresentato uno schema della rottura fragile del terreno in profondità con conseguente generazione di onde che si irradiano dall'ipocentro.

Se si ipotizza di avere installato un sismometro ad una grande distanza dall'ipocentro un possibile segnale registrato potrebbe essere quello mostrato nella Figura 4. Il segnale inizia con l'arrivo delle onde P caratterizzate da alte frequenze a bassa ampiezza. Successivamente arrivano le onde S che si propagano meno velocemente delle P e sono di frequenza più bassa e di maggiore ampiezza. Queste ultime sono in genere la causa dei maggiori danni. Le onde P e quelle S, come già descritto nel capitolo A sono chiamate onde di volume per distinguerle da quelle di superficie che sono più lente.



Figura 4. Sismogramma tipo registrato in superficie a grande distanza.

In generale si può dire che le onde generate dalla sorgente sismica sono di due differenti tipi, cioè quelle associate a stati deformativi di compressione-dilatazione volumetrica, dette onde **P** che si propagano con velocità V_p pari a:

$$V_p = \sqrt{\frac{Mv}{\rho}}$$

con:

$$Mv = \lambda + 2G$$

dove:

- λ = modulo di Lamé del terreno;
- G = modulo elastico del taglio del terreno;
- ρ = densità del volume del terreno.

Per le onde **P** il moto oscillatorio delle particelle di terreno avviene parallelamente alla direzione di propagazione.

Le onde **S** sono associate a deformazione di taglio ed hanno una velocità V_s pari a:

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

Il moto delle particelle di terreno è in tal caso perpendicolare alla direzione di propagazione. Il campo di spostamenti, in genere, è scomposto in due componenti perpendicolari tra di loro: le onde *SV* polarizzate nel piano verticale contenente la sorgente e le onde *SH* polarizzate nel piano orizzontale (piano della superficie libera del terreno in direzione perpendicolare al precedente).

Per maggiore chiarezza, se si considera il piano π verticale e contenente la direzione di propagazione dell'onda incidente, il moto della particella di terreno perpendicolare a tale piano costituisce l'onda *SH*, viceversa il moto nel piano costituisce l'onda *SV*.

Le onde *P* e *S* arrivate in superficie possono trasformarsi parzialmente in onde di diverso tipo (*P* in *S* oppure *S* in *P*) oppure in onde superficiali chiamate così perché viaggiano in superficie attenuandosi rapidamente con la profondità. Queste ultime si differenziano in onde di Rayleigh quando il moto della particella di terreno è in un piano verticale oppure onde di Love quando il moto è in un piano orizzontale.

Con riferimento alla Figura 5, il fenomeno della propagazione delle onde può essere descritto come segue. Nella sua complessità morfologica, litologica e stratigrafica, un territorio può essere rappresentato come un insieme di formazioni superficiali, interessate dai loro fenomeni evolutivi tipici, poggianti su formazioni più profonde, i cui andamenti possono essere stati resi complessi fino alla creazione di affioramenti dai fenomeni tettonici ed orogenetici.

Prevalentemente, le formazioni profonde saranno costituite da rocce ignee o metamorfiche di origine sedimentaria, mentre quelle superficiali saranno di natura sedimentaria più recente, coerenti od incoerenti, e quindi di caratteristiche meccaniche ben differenziate rispetto alle prime.

Le onde sismiche che si sono generate in profondità, e che sono già caratterizzate diversamente a seconda del meccanismo proprio della sorgente, subiscono una serie di modificazioni ulteriori (riflessioni e rifrazioni) nell'attraversare la crosta terrestre e giungere fino alle formazioni di base per il sito. Ad una certa distanza dall'epicentro, e per una porzione di territorio ragionevolmente limitata, il moto sismico apparirà come un fronte d'onda uniforme propagantesi dal basso verso l'alto, con una certa angolazione rispetto alla verticale, che viene trasmesso dalle formazioni di base a quelle superficiali.

Il moto al suolo tende a non dipendere più solamente dal tipo di rottura della sorgente e a diventare il risultato di due ulteriori meccanismi eventualmente combinati:

- la propagazione delle onde sismiche all'interno delle formazioni di base e dalla conformazione delle frontiere della stessa;
- la risposta dinamica delle formazioni superficiali.

Tutto ciò comporta una non omogeneità del moto vibratorio in superficie che può cambiare da punto a punto anche a breve distanza. Sugli aspetti quantitativi e qualitativi del fenomeno hanno pertanto grande rilevanza diversi fattori quali la natura delle onde sismiche incidenti ed in particolare il meccanismo di sorgente, le diversità fra le caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati, ed in particolare tra formazioni di base e superficiali, la conformazione e la giacitura degli strati, la presenza di falde idriche, l'entità dei fenomeni dissipativi ed altri ancora.

Al variare delle condizioni locali, il moto alla superficie risulterà quindi differente per quanto attiene ai suoi caratteri principali e cioè: ampiezza, contenuto in frequenza e durata. Si osserva che tutti e tre questi caratteri sono significativi e concorrono a causare il danneggiamento delle strutture e l'instabilità dei terreni (frane, cedimenti, liquefazioni).

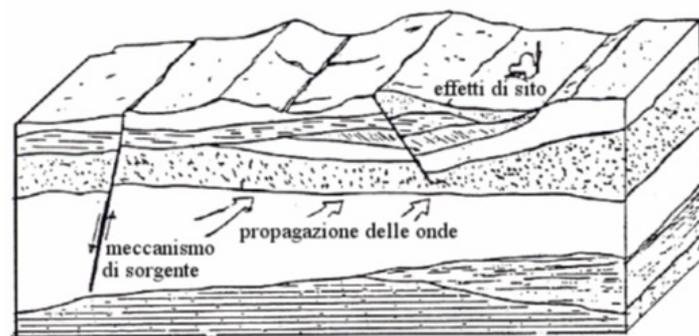


Figura 5. Schema di una situazione reale.

4.2 IMPOSTAZIONE DEL PROBLEMA DI CALCOLO DELL'AMPLIFICAZIONE LOCALE

Per illustrare gli aspetti principali del fenomeno della risposta sismica locale si paragoni il moto in corrispondenza di tre siti, indicati con A, B e C nella Figura 6, posti alla stessa distanza dalla sorgente sismica durante lo stesso evento sismico. Si supponga inoltre che il primo sito sia su un semispazio affiorante (per esempio roccia) e il secondo B su un deposito alluvionale posto al di sopra del semi spazio ed il terzo C su di un rilievo.

In corrispondenza della coltre alluvionale si verifica, rispetto al moto sul semi spazio affiorante, una amplificazione del moto in particolari campi di frequenza e una deamplificazione negli altri campi.

Analogamente sul rilievo in C si verificheranno focalizzazioni oppure diradazioni di onde per effetto della forma del rilievo e della direzione di incidenza delle onde.

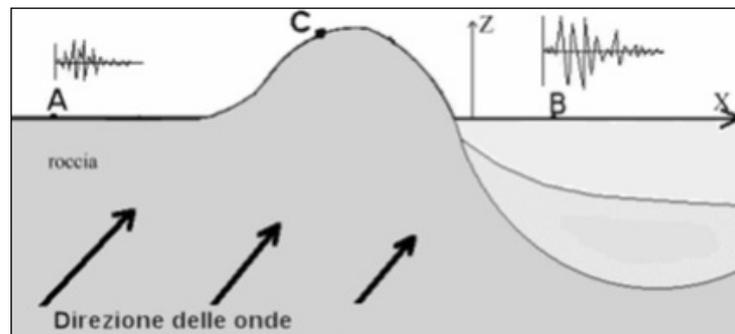


Figura 6. Schema della propagazione delle onde dalla sorgente e delle differenti condizioni locali.

In letteratura si parla di effetti stratigrafici o monodimensionali nel caso in cui le modifiche che il moto sismico subisce nel propagarsi in direzione prevalentemente verticale verso la superficie dal sottostante basamento roccioso siano essenzialmente attribuibili a fenomeni di filtraggio. L'amplificazione delle onde sismiche dipende, in questo caso dalla stratigrafia del sottosuolo, dalle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e del contenuto in frequenza del moto sismico.

Il termine "effetti di bacino" è utilizzato quando le onde incidenti incontrano una valle alluvionale; in tal caso ai fenomeni sopra descritti si sovrappongono quelli dovuti al manifestarsi di fenomeni complessi di interazione tra le onde, che possono sommarsi o elidersi a vicenda, e generazione di onde superficiali. Spesso ai bordi della valle si verificano maggiori amplificazioni, dette: "effetti di bordo".

Con "effetti topografici" si intendono le modifiche delle caratteristiche del moto sismico causate essenzialmente da fenomeni di focalizzazione delle onde sismiche per effetto della particolare geometria della superficie (per es. la cresta di un rilievo o un canyon) e sono molto influenzati dalla lunghezza d'onda del moto incidente e dalla direzione di incidenza.

Lo scopo delle analisi di amplificazione sismica locale è quello di determinare il moto in B oppure in C una volta noto il moto nel sito di riferimento A. Tale moto di riferimento è in genere determinabile in via statistica (analisi di pericolosità) o deterministica dallo studio del meccanismo di rottura della sorgente nell'ipotesi che tra la sorgente stessa ed il sito in esame il mezzo sia omogeneo ed isotropo. Come è facile immaginare le caratteristiche del moto in superficie sono fortemente influenzate, oltre che dalla geometria degli strati e delle loro proprietà meccaniche, anche dalle caratteristiche del moto incidente, cioè dalla direzione di propagazione, dal suo contenuto energetico e dalla direzione del moto delle particelle del terreno.

5 ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

Come già detto in precedenza, il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

I passi da seguire nello studio del problema della risposta sismica locale sono:

1. definizione input sismico;
2. stima dell'accelerazione di base;
3. dati di disaggregazione;
4. estrazione, conversione e normalizzazione accelerogrammi di input;
5. analisi di Risposta Sismica Locale;
6. inserimento sismostratigrafia di input (derivata da indagini in sito);
7. esecuzione dell'analisi e restituzione grafica.

Le analisi numeriche che consentono di valutare gli effetti del sito nell'amplificazione delle onde sismiche possono essere distinte in:

- Analisi numeriche monodimensionali;
- Analisi numeriche bidimensionali;
- Analisi numeriche tridimensionali.

Il primo approccio consente di definire una realistica risposta sismica stratigrafica di terreni non affetti da problematiche bidimensionali. Questo approccio è ritenuto la via ufficiale delle NTC 2018 (Cap. 3.2.2) e consente, in determinati casi e mediante il confronto con la relativa categoria di sottosuolo, elementi di risparmio rispetto all'approccio semplificato di normativa, poiché identifica amplificazione per intervalli di periodi solitamente più limitati rispetto a quelli di normativa.

Il secondo approccio è da preferire in quelle situazioni in cui il sottosuolo presenta una geometria variabile in cui, oltre alla profondità, è importante considerare un'altra delle due restanti dimensioni spaziali. Un esempio di situazione che richiede l'utilizzo di modelli bidimensionali è il caso delle aree marginali delle valli alluvionali, in cui alle normali cause di amplificazione del moto sismico si sommano gli effetti di bordo connessi alla geometria del problema.

Il terzo approccio necessita di modelli complessi che richiedono capacità computazionali notevoli; solo recentemente iniziano ad avere una certa diffusione grazie al rapido sviluppo degli strumenti

informatici. Il loro utilizzo è principalmente concentrato sulla valutazione delle amplificazioni in presenza di effetti morfologici, data l'importanza assunta in queste analisi dalla conoscenza precisa e dalla gestione di un modello tridimensionale del terreno.

5.1 METODO DI CALCOLO ADOTTATO E DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO

Il codice di calcolo *LSR 2d*, alla stregua di software ben noti dalla comunità scientifica (es. QUAD4 e QUAD4M), consente di effettuare una modellazione bidimensionale e monodimensionale del problema mediante il metodo degli elementi finiti, nel dominio del tempo, in tensioni totali, utilizzando il metodo lineare equivalente e tenendo conto della deformabilità del substrato.

Nel nostro caso la stratigrafia in esame non presenta problematica di carattere bidimensionale, quindi è stato possibile studiare il problema monodimensionale grazie ad una discretizzazione di una striscia unitaria di terreno e all'applicazione di un sistema di vincoli sul modello FEM tale da consentire solo deformazioni di taglio.

5.1.1 Metodo lineare equivalente

Il comportamento meccanico dei terreni sotto l'effetto di carichi ciclici ad elevata frequenza è alquanto complesso e caratterizzato da marcata non linearità, accumulo di deformazioni permanenti, dissipazione di energia e degradazione progressiva delle caratteristiche meccaniche per effetto del numero di cicli di carico applicati. In presenza di fluido interstiziale, alle suddette problematiche si aggiunge l'accumulo di sovrappressioni interstiziali in condizioni di drenaggio impedito o parziale, che sono comunque le più frequenti, in considerazione della velocità di applicazione del carico.

La modellazione di tali fenomeni richiede l'utilizzo di legami costitutivi complessi, che oltretutto difficilmente riescono a riprodurre simultaneamente tutte le specificità del comportamento dei terreni. Per tale ragione spesso si preferisce fare riferimento a modelli costitutivi semplificati che, pur non essendo rigorosi, riescono a riprodurre il comportamento in modo adeguato in riferimento alla specifica applicazione.

In particolare, per quanto riguarda la risposta sismica dei depositi, l'approccio visco-elastico lineare equivalente rappresenta un valido compromesso tra semplificazione delle analisi ed accuratezza dei risultati. La strategia consiste sostanzialmente nel fare riferimento alle soluzioni visco-elastiche lineari per la propagazione delle onde sismiche adeguando in modo iterativo i parametri costitutivi in funzione del livello deformativo indotto dal moto sismico nel terreno.

Tale modello lineare equivalente, studia il comportamento tra tensione e deformazione del terreno basandosi sul modello di Kelvin-Voigt, illustrato in Figura 7. La tensione τ dipende dalla deformazione γ e dalla sua derivata $\dot{\gamma}$, secondo la relazione:

$$\tau = G\gamma + \eta\dot{\gamma}$$

dove:

- G = modulo di taglio;
- η = viscosità del mezzo;

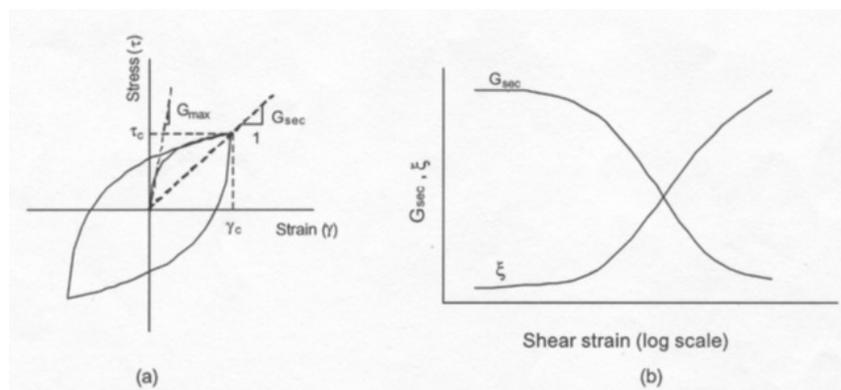


Figura 7. Modello lineare equivalente: (a) curve tensioni - deformazioni; (b) variazione del modulo.

Il comportamento non lineare del terreno, durante un ciclo di carico, viene approssimato per come mostrato in Figura 7. Il modulo di taglio equivalente, G_s , è preso considerando il modulo di taglio secante G_s .

È possibile notare come alla fine di un ciclo controllato e simmetrico di tensioni si ha:

$$G_s = \frac{\tau_c}{\gamma_c}$$

La curva $G_s - \gamma$ non può avere una forma arbitraria ma deriva dalla curva $\tau - \gamma$ e sussiste la seguente relazione:

$$\frac{d\tau}{d\gamma} = G_s(\gamma) + \frac{dG_s}{d\gamma} \gamma \geq 0$$

La descrizione del comportamento meccanico dei terreni nei confronti dei carichi ciclici non può peraltro prescindere dalla dissipazione intrinseca di energia che si verifica durante i cicli di carico-scarico. Il parametro di riferimento a tal riguardo è costituito dal coefficiente di smorzamento D , definito come:

$$D = \frac{1}{4\pi} \frac{\Delta W^{dissp}}{W^{max}}$$

dove:

ΔW^{dissp} = quantità di energia dissipata, per unità di volume, dal terreno durante un ciclo di carico armonico

W^{max} = massima energia di deformazione, per unità di volume, immagazzinata dal terreno durante lo stesso ciclo di carico armonico

In definitiva la risposta non lineare del terreno tramite il modello viscoelastico lineare equivalente viene riassunta mediante delle curve di riduzione del modulo di taglio e di incremento del rapporto di smorzamento (Figura 7b).

5.1.2 Soluzione alla singola iterazione mediante FEM

L'approccio utilizzato per la soluzione visco-elastica lineare all'interno dell' i-esimo ciclo iterativo utilizza il metodo degli elementi finiti. In particolare, il deposito di terreno viene discretizzato mediante una "mesh" di elementi finiti piani che possono avere forma quadrangolare o rettangolare a seconda dei casi (Figura 9) e caricato mediante un'accelerazione alla base dello stesso (bedrock), la soluzione dell'equazione del moto viene poi ottenuta nel dominio del tempo utilizzando il metodo di integrazione di Newmark.

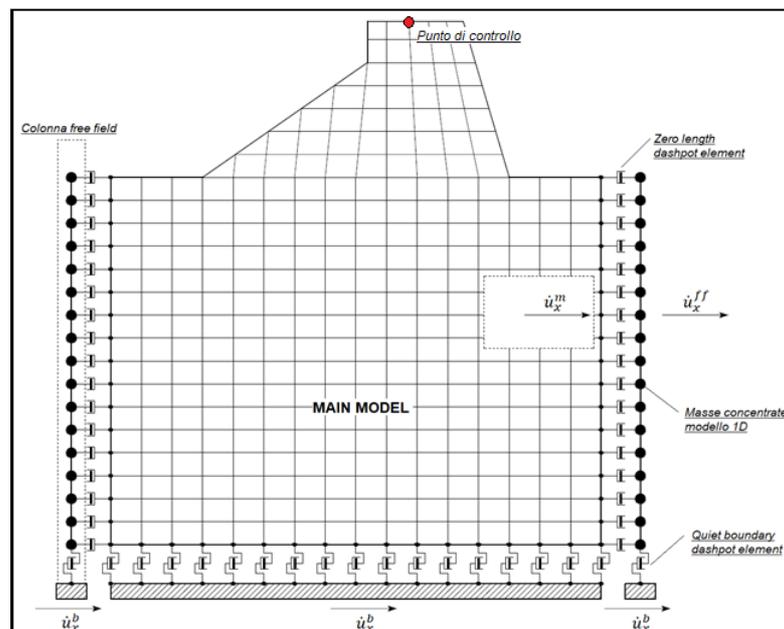


Figura 8. Discretizzazione FEM del terreno.

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = -Ma_g$$

dove:

M = matrice di massa del sistema;

C = matrice di smorzamento del sistema;

K = matrice di rigidezza del sistema;

\ddot{u}, \dot{u}, u = rispettivamente vettori di accelerazione, velocità e spostamento del sistema;

a_g = vettore di accelerazione alla base.

Tale equazione vale per ogni istante di tempo tn e descrive l'equilibrio dinamico del sistema. La soluzione in termini di spostamento velocità ed accelerazione per ogni tn viene ottenuta a partire dalle seguenti relazioni:

Δt = incremento temporale tra l'istante di tempo tn e $tn - 1$;

β = parametro del metodo di integrazione posto pari a 0.25;

γ = parametro del metodo di integrazione posto pari a 0.50;

Smorzamento

La matrice di smorzamento del sistema viene ottenuta mediante l'assemblaggio delle matrici di smorzamento dei singoli elementi, queste ultime ottenute a loro volta come:

$$C_q = \alpha_q M_q + \beta_q K_q$$

dove:

α_q e β_q = coefficienti di smorzamento alla Reyleigh

Tali coefficienti vengono ottenuti a partire dal rapporto di smorzamento viscoso del singolo elemento e dalla relazione seguente:

$$\begin{aligned} \dot{u}_n &= \dot{u}_{n-1} + \Delta t [(1 - \gamma) \ddot{u}_{n-1} + \gamma \ddot{u}_n] \\ u_n &= u_{n-1} + \Delta t \dot{u}_{n-1} + \frac{\Delta t^2}{2} [(1 - \beta) \ddot{u}_{n-1} + 2\beta \ddot{u}_n] \end{aligned}$$

da cui si ottiene (Hudson, 1994):

$$D_q = \frac{1}{2} \left(\frac{\alpha_q}{\omega} + \beta_q \omega \right)$$

dove:

ω_1 = frequenza naturale del primo modo del deposito;

$\omega_2 = n * \omega_1$ con $n = \omega_i / \omega_1$ (approssimato all'intero pari più grande) e ω_i frequenza di picco dello spettro ottenuto a partire dall'accelerazione di bedrock;

Free field boundaries

Le condizioni di free-field sulle frontiere laterali vengono implementate mediante l'accoppiamento di smorzatori viscosi tra i nodi delle frontiere laterali del modello e i nodi di opportune colonne di terreno monodimensionali (colonne free-field) in grado di descrivere il moto in condizioni di campo libero. Le coordinate dei nodi delle frontiere laterali del modello e delle colonne free-field possono essere uguali. È necessario, affinché tali condizioni al contorno siano applicabili, che le frontiere laterali del modello siano perfettamente verticali. Le forze interne agli smorzatori possono essere ottenute mediante le seguenti equazioni:

$$F_x = -\rho V_p (\dot{u}_x^m - \dot{u}_x^{ff}) A \quad (1)$$

$$F_y = -\rho V_s (\dot{u}_y^m - \dot{u}_y^{ff}) A \quad (2)$$

dove:

ρ : densità di massa del terreno adiacente alla frontiera laterale;

V_p : velocità delle onde P del terreno adiacente alla frontiera laterale;

V_s : velocità delle onde S del terreno adiacente alla frontiera laterale;

A : area di influenza relativa al nodo su cui agisce lo smorzatore;

\dot{u}_x^m : velocità del nodo del modello in direzione x;

\dot{u}_y^m : velocità del nodo del modello in direzione y;

\dot{u}_x^{ff} : velocità del nodo della colonna free-field in direzione x;

\dot{u}_y^{ff} : velocità del nodo della colonna free-field in direzione y.

Le componenti della velocità dei nodi delle colonne laterali ad ogni istante di tempo vengono ottenute mediante una soluzione numerica monodimensionale a masse concentrate dell'equazione di propagazione delle onde. Tale soluzione è affidata ad un processo di calcolo che opera in parallelo rispetto a quello impiegato per la soluzione del modello principale. In altre parole, per il generico passo di integrazione temporale, vengono dapprima ottenute le componenti delle velocità delle colonne di campo libero attraverso la soluzione 1D, per poi essere convertite in carichi applicati al modello principale mediante le equazioni (1) e (2).

5.1.3 Modello di calcolo FEM

Il modello di calcolo agli elementi finiti da utilizzare per lo studio della problematica in esame viene di seguito descritto.

Per ogni analisi, nel caso più generale, è necessario specificare due componenti di sollecitazione. In particolare vi sono, per ogni condizione, un accelerogramma in direzione X (Orizzontale), ed uno in direzione Z (Verticale).

Nel nostro caso abbiamo considerato una componente verticale pari a zero, in quanto le caratteristiche delle opere in progetto non rientrano tra quelle espressamente specificate nel § 7.2.2 del NTC 2018.

Ad ogni analisi corrispondono una serie di condizioni di carico; ciascuno di queste rappresentano uno dei sette accelerogrammi previsti dalla NTC 2018. Per ognuna di esse vengono specificate due componenti di accelerazione di input in outcrop. Nel nostro caso sono stati considerati gli stati limite SLO, SLD e SLV. In tabella vengono riportate le condizioni di carico relative al caso in esame:

SLO

Condizione	Accelerogramma X	Accelerogramma Z
Condizione 1	SLO1	Zero
Condizione 2	SLO2	Zero
Condizione 3	SLO3	Zero
Condizione 4	SLO4	Zero
Condizione 5	SLO5	Zero
Condizione 6	SLO6	Zero
Condizione 7	SLO7	Zero

Tabella 1. Condizioni di carico allo stato limite SLO.

SLD

Condizione	Accelerogramma X	Accelerogramma Z
Condizione 9	SLD1	Zero
Condizione 10	SLD2	Zero
Condizione 11	SLD3	Zero
Condizione 12	SLD4	Zero
Condizione 13	SLD5	Zero
Condizione 14	SLD6	Zero
Condizione 15	SLD7	Zero

Tabella 2. Condizioni di carico allo stato limite SLD.

SLV

Condizione	Accelerogramma X	Accelerogramma Z
Condizione 17	SLV1	Zero
Condizione 18	SLV2	Zero
Condizione 19	SLV3	Zero
Condizione 20	SLV4	Zero
Condizione 21	SLV5	Zero
Condizione 22	SLV6	Zero
Condizione 23	SLV7	Zero

Tabella 3. Condizioni di carico allo stato limite SLV.

N.B. Si osservi che la numerazione delle condizioni di carico non è continua in quanto all'inizio dell'elaborazione di ogni stato limite (settopla di accelerogrammi) il codice esegue un'analisi statica preventiva.

5.1.4 Procedimento iterativo

La procedura iterativa che consente di ottenere la risposta non lineare del sistema consiste nell'eseguire una sequenza di analisi lineari, con aggiornamento iterativo dei parametri di rigidezza e smorzamento, fino al raggiungimento di un prefissato criterio di convergenza. Facendo riferimento allo schema della procedura iterativa su cui è basato il modello lineare equivalente, da applicare ad ogni strato in cui è stato discretizzato il profilo stratigrafico:

- definizione di curve $G = G(\gamma)$ e $D = D(\gamma)$ per i diversi strati;
- inizializzazione dei valori del modulo di taglio e del fattore di smorzamento ai livelli di piccole deformazioni (G_0 e D_0);
- calcolo della risposta dinamica del suolo e valutazione della deformazione massima a taglio in ogni strato (γ_1);
- aggiornamento dei valori $G_1 = G(\gamma_1)$ e $D_1 = D(\gamma_1)$;
- iterazione dei passi 3 e 4 fino a convergenza ($\gamma_i - 1 \sim \gamma_i$).

5.1.5 Interpretazione dei risultati

Il risultato della procedura iterativa sopradescritta non è altro che la storia temporale di accelerazione, velocità e spostamento di ogni grado di libertà del modello FEM. Tuttavia, dal punto di vista ingegneristico è interessante monitorare la risposta in termini di accelerazione in superficie in corrispondenza di uno o più punti di controllo in modo da comprendere quelli che sono gli effetti indotti dal sito sull'amplificazione della sorgente sismica.

5.2 PROCEDURA DI ANALISI

Il calcolo della Risposta Sismica Locale (RSL) parte dalla definizione degli accelerogrammi di progetto al bedrock. Per la loro determinazione è stato utilizzato il codice di calcolo REXEL v 3.5 (Iervolino *et alii*, 2008-2013).

La RSL di un sito, è la quantificazione della *modificazione in ampiezza, frequenza e durata dello scuotimento sismico dovuta alle specifiche condizioni lito-stratigrafiche e morfologiche di un sito mediante il rapporto tra il moto sismico alla superficie del sito e quello che si osserverebbe per lo stesso evento sismico su un ipotetico affioramento di roccia rigida con morfologia orizzontale.*

Con riferimento alle NTC 2018 lo studio dell'azione sismica viene discusso ampiamente nel Cap. 7.11.3.1 si forniscono le specifiche per l'impiego degli accelerogrammi.

Gli stati limite, ultimi e di esercizio, possono essere verificati mediante l'uso di storie temporali del moto del terreno artificiali o naturali. Ciascuna storia temporale descrive una componente, orizzontale o verticale, dell'azione sismica; l'insieme delle tre componenti (due orizzontali, tra loro ortogonali, ed una verticale) costituisce un gruppo di storie temporali del moto del terreno.

La durata delle storie temporali artificiali del moto del terreno deve essere stabilita sulla base della magnitudo e degli altri parametri fisici che determinano la scelta del valore di a_g e di S_g . In assenza di studi specifici, la parte pseudo-stazionaria dell'accelerogramma associato alla storia deve avere durata di 10 s e deve essere preceduta e seguita da tratti di ampiezza crescente da zero e decrescente a zero, in modo che la durata complessiva dell'accelerogramma sia non inferiore a 25 s.

I paragrafi che seguono forniscono un breve quadro delle caratteristiche del programma utilizzato per determinare, secondo quanto stabilito dalla normativa, un set di 7 differenti accelerogrammi.

Preliminarmente all'utilizzo del codice di calcolo Rexel, a partire dalla vita nominale e dalla classe d'uso dell'opera, occorre determinare alcuni parametri quali accelerazione di picco (a_g) e coppie di magnitudo e distanza (M,R) per i diversi stati limite.

5.2.1 Determinazione degli input sismici: codice di calcolo REXEL

Il software REXEL v 3.5 permette la ricerca di combinazioni di accelerogrammi naturali compatibili con gli spettri delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008) e dell'Eurocodice 8 (EC8 – CEN, 2003).

I database inclusi nel software sono lo *European Strong-motion Database (ESD)* e l'*Italian Accelerometric Archive (ITACA)* dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). In entrambi i casi si fa riferimento a registrazioni di terremoti con magnitudo maggiore di 4 e in condizioni di *free-field*.

Il punto di partenza per la ricerca di combinazioni di accelerogrammi naturali compatibili con gli spettri delle NTC o dell'EC8 avviene definendo uno spettro target.

A tale scopo, effettuata la selezione secondo le NTC 2018, sono state inserite le coordinate geografiche del sito (longitudine e latitudine in gradi decimali) e sono stati specificati i seguenti parametri: Categoria di sottosuolo, Categoria topografica, Vita nominale, Classe d'uso, Stato limite e componente dell'azione sismica.

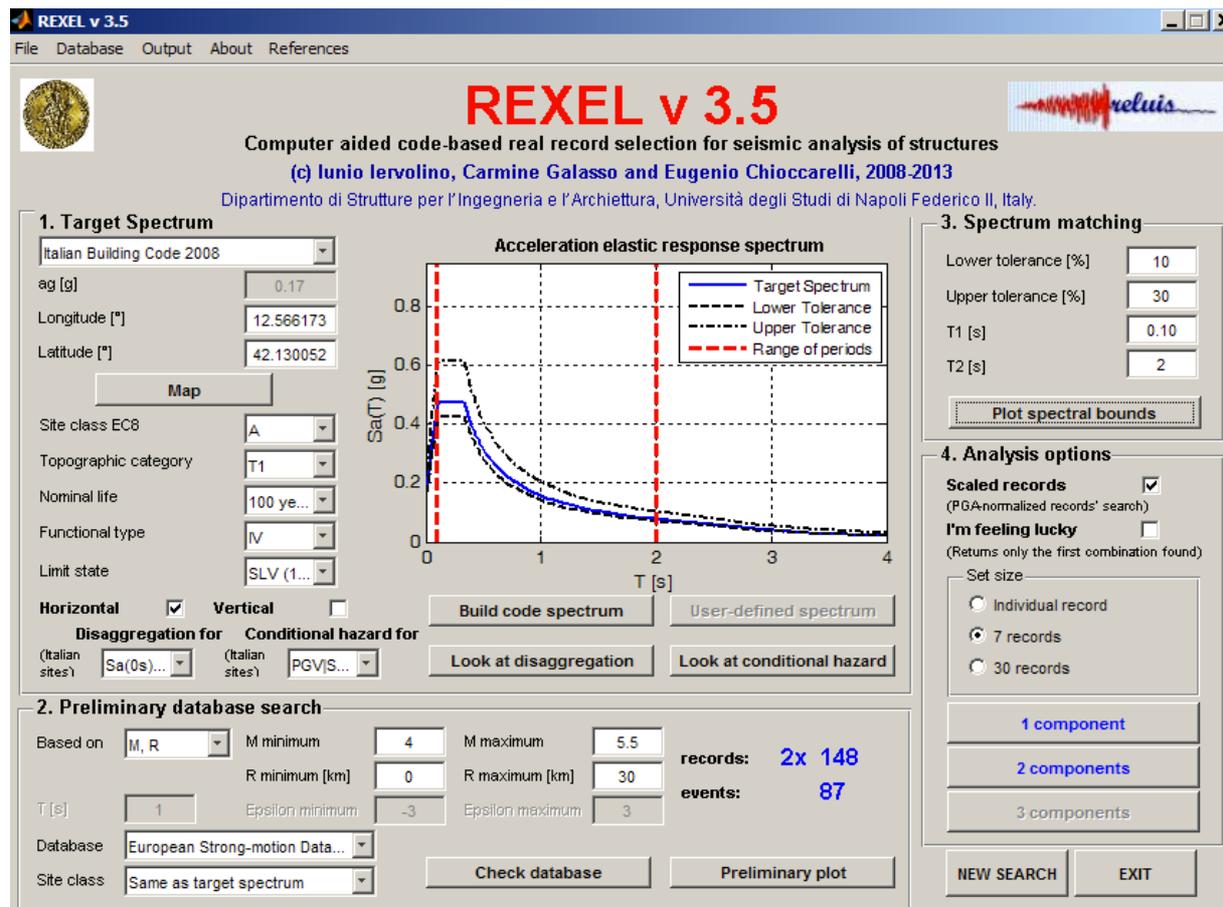


Figura 9. Dati input per il programma REXEL.

Per procedere nella ricerca degli accelerogrammi, una volta impostati i dati suddetti, è importante eseguire l'operazione di disaggregazione che si effettua mediante il programma del progetto S1 dell'INGV.

La disaggregazione è una procedura di tipo statistico che permette di conoscere il contributo alla sismicità di un dato sito di ogni coppia di magnitudo (M) e distanza (R). Tali contributi dipendono dal valore di *hazard* associato al sito studiato, dall'ordinata spettrale e dal periodo di ritorno considerato.

Si giunge alle coppie dei valori (M - R) attraverso i seguenti passaggi:

1. Determinazione di latitudine e longitudine in gradi sessa decimali in ED50.
2. Si accede al progetto S1 dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it> e si immettono le coordinate geografiche, la probabilità di superamento in 50 anni che dipende dallo stato limite da analizzare e si accede al grafico di disaggregazione geograficamente più prossimo al punto in esame.
3. Si scelgono gli intervalli di magnitudo e distanza epicentrale, ai quali corrispondono valori di probabilità non nulli.

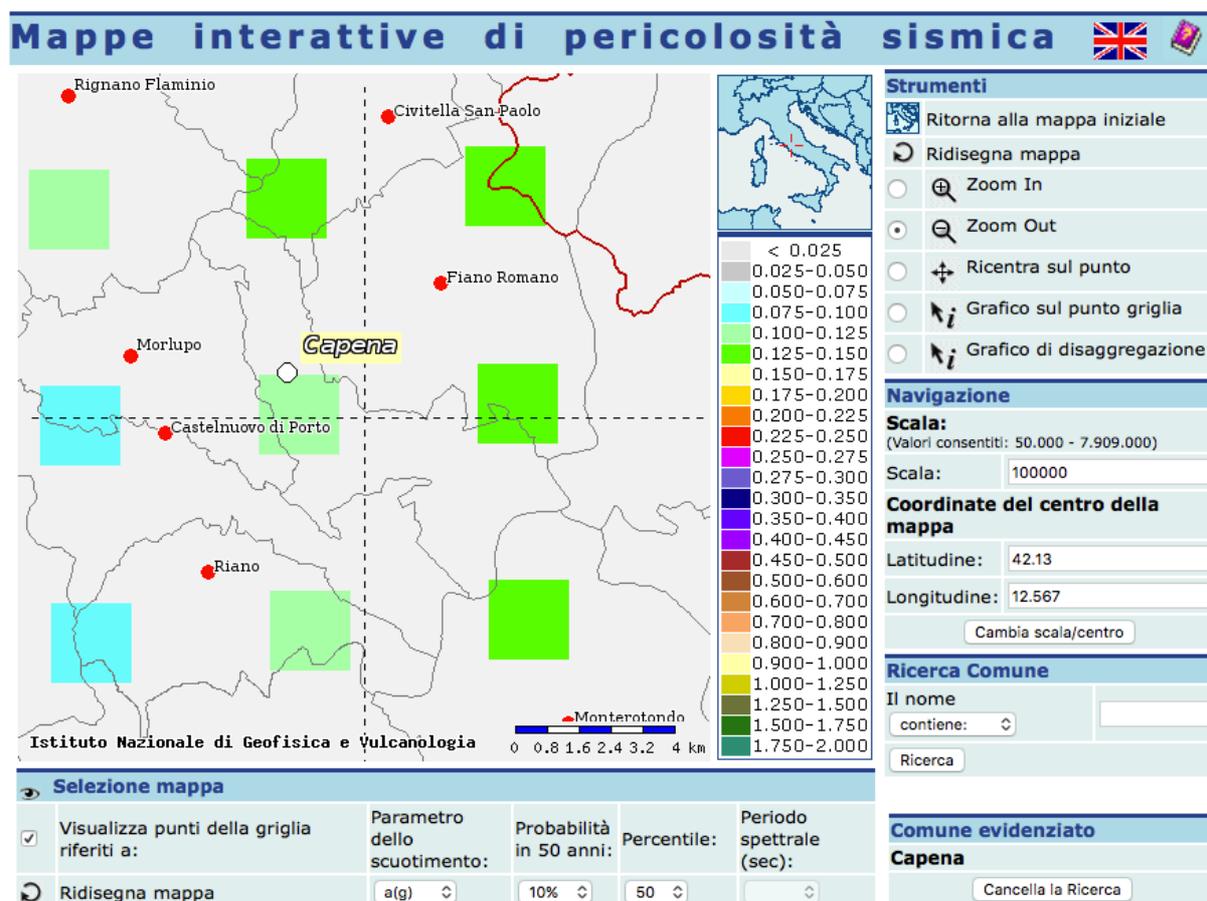


Figura 10. Dati input per la determinazione dei parametri M e R.

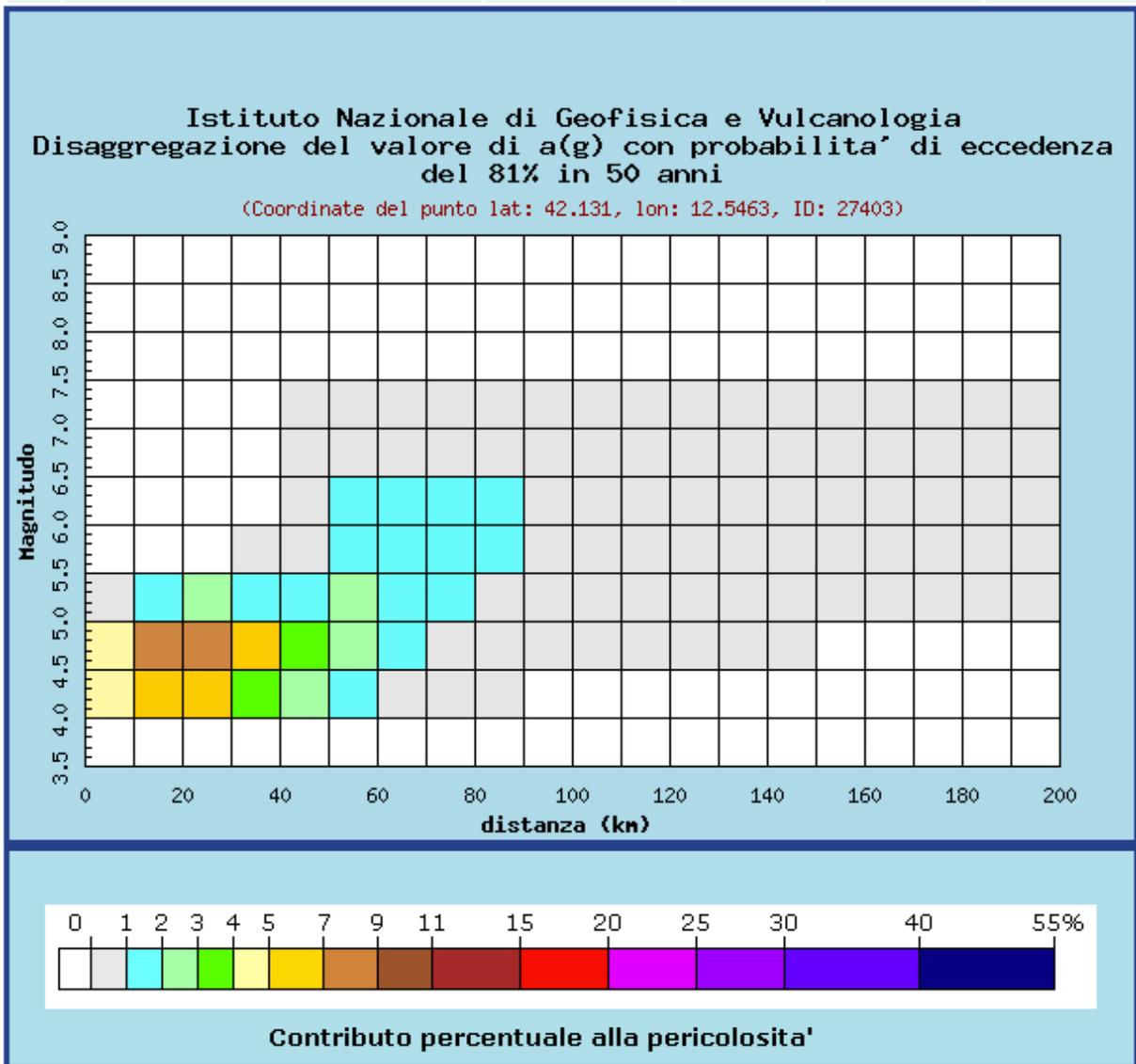


Figura 11. Grafico di disaggregazione.

In questa maniera si ottiene una coppia di valori M e R, da immettere come parametri sismologici nel software REXEL. Inoltre, è necessario specificare il database da interrogare (ESD o ITACA) e confermare cliccando "Same as target spectrum" per ottenere input sismici la cui media sia aderente allo spettro di classe A per il sito in esame.

Una volta forniti tali valori il software REXEL restituisce il numero di registrazioni disponibili in questi intervalli e tra cui opererà la successiva selezione.

È necessario infine specificare la tolleranza con cui lo spettro medio della combinazione deve rispettare il target in un arbitrario intervallo di periodi, comunque compreso tra 0 e 4 sec. Più precisamente, si deve specificare la sottostima (Limite inferiore) e la sovrastima (Limite superiore) massime (in termini percentuali) rispetto allo spettro di riferimento e l'intervallo dei periodi di interesse.

REXEL consente di effettuare analisi mirate ad ottenere combinazioni di accelerogrammi compatibili con lo spettro di normativa che non necessitano di essere scalati ma anche set di accelerogrammi

che, essendo stati normalizzati rispetto alla propria PGA (*Peak Ground Acceleration*), sono compatibili con lo spettro se scalati linearmente.

A questo punto è possibile analizzare tutte le possibili combinazioni di sette spettri che si possono costruire a partire dai parametri di ricerca impostati. Diverse sono le combinazioni compatibili che possono essere ricercate, variabili in relazione al numero degli accelerogrammi ed al numero di componenti.

5.2.2 *Parametri di ricerca*

Lo spettro target sulla base del quale sono stati ricercati gli accelerogrammi spettro-compatibili è stato costruito secondo le NTC 2008, adottando i seguenti parametri:

Longitudine	12,566173
Latitudine	42,130052
Categoria di suolo	A
Categoria topografica	T1
Vita nominale	100 anni
Classe d'uso	IV
Stati Limite	SLO, SLD, SLV

La ricerca nel database è stata effettuata utilizzando i parametri di magnitudo e distanza epicentrale, secondo quanto suggerito anche dallo studio di disaggregazione, per i diversi stati limite:

SLO

$M_{\min} = 4$; $M_{\max} = 6.5$

$R_{\min} = 0$ km; $R_{\max} = 90$ km

SLD

$M_{\min} = 4$; $M_{\max} = 7$

$R_{\min} = 0$ km; $R_{\max} = 90$ km

SLV

$M_{\min} = 4$; $M_{\max} = 5.5$

$R_{\min} = 0$ km; $R_{\max} = 30$ km

Le tolleranze imposte nella considerazione degli spettri sono state infine le seguenti:

Limite inferiore = 10%; Limite superiore = 30%

Intervallo di periodi: 0.10 – 2.0 s

Sono state quindi ricercate le componenti orizzontali di 7 accelerogrammi scalati secondo le caratteristiche imposte.

5.2.3 Accelerogrammi spettrocompatibili estratti

Sono stati estratti i 7 accelerogrammi spettrocompatibili, per ognuno dei 3 Stati Limite esaminati: SLO, SLD, SLV.

Nella figura seguente si riporta, a titolo di esempio, per lo SLO l'insieme dello spettro target, dei sette spettri estratti e del relativo spettro medio e dei fattori di scala applicati agli accelerogrammi.

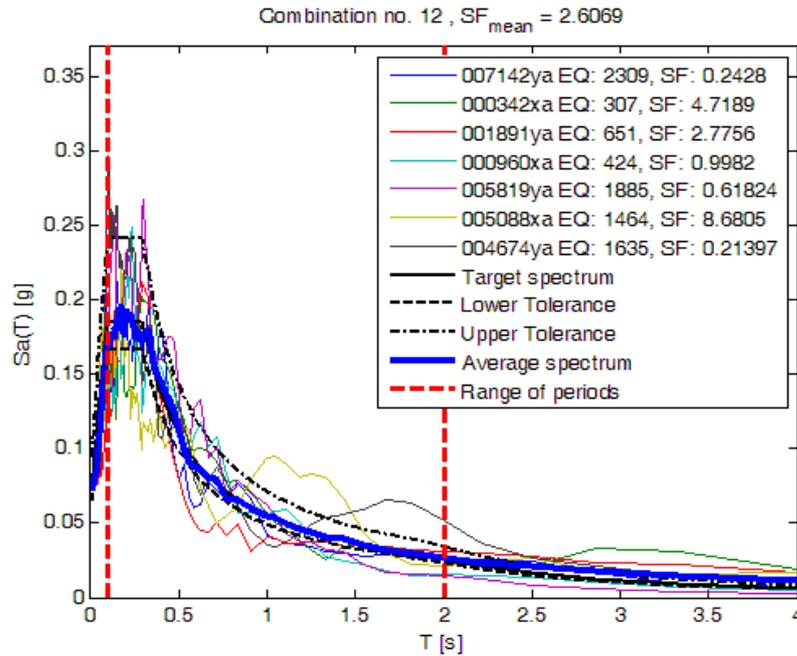
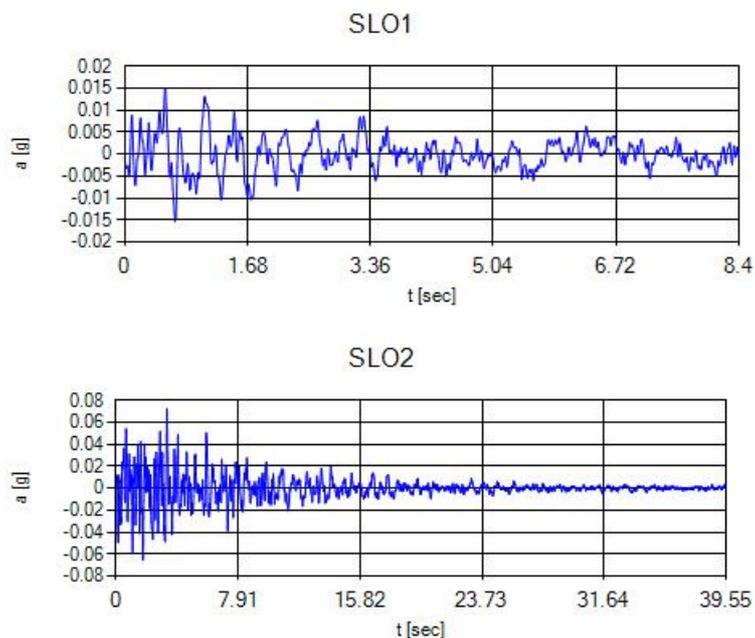
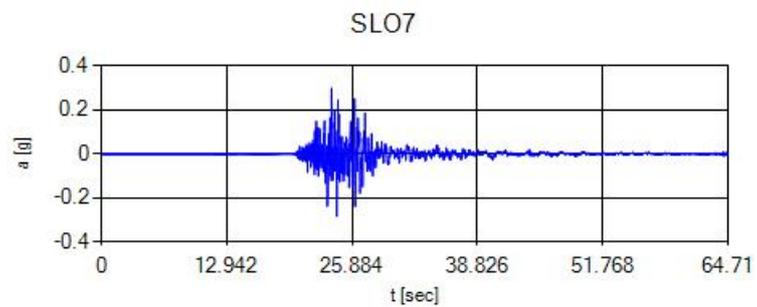
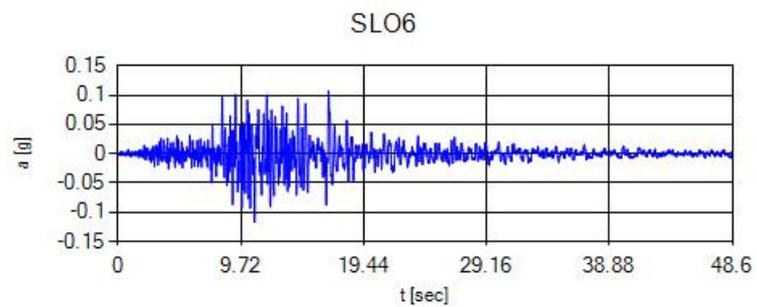
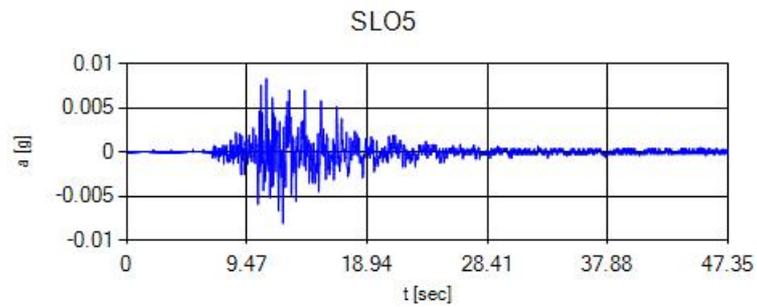
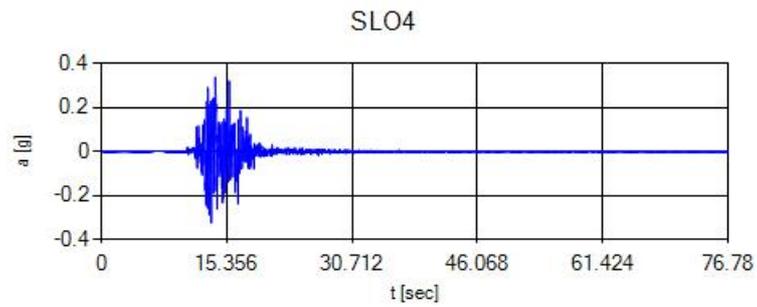
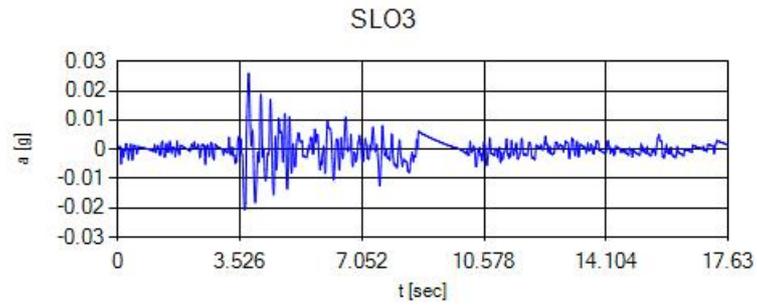


Figura 12. Spettri degli accelerogrammi trovati e fattori di scala relativi per lo SLO.

Inoltre, di seguito si riportano, sempre a titolo di esempio, per lo SLO gli accelerogrammi di progetto riferiti ad una condizione detta di 'outcrop':





Gli input sismici utilizzati si differenziano a seconda dello Stato Limite analizzato; in particolare sono state fatte analisi per SLO, SLD e SLV. Sono stati immessi nel programma 7 accelerogrammi spettro compatibili, scalati al valore PGA.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0,073	2,569	0,296
SLD	201	0,089	2,536	0,309
SLV	1898	0,190	2,502	0,332
SLC	2475	0,206	2,504	0,335

Figura 13. Valori di a_g max per i diversi SL ai quali sono stati scalati i 7 accelerogrammi.

5.2.4 Sismostratigrafia di sito

Sulla base del cosiddetto volume significativo di terreno interessato dal problema in esame, viene definita una stratigrafia di progetto che rappresenta la successione stratigrafica che costituisce il substrato dell'area, ricostruita sia sulla base delle indagini eseguite e dalla conoscenza generica della geologia dell'area.

Di seguito si riporta una rappresentazione grafica della stratigrafica di progetto (modello sismostratigrafico), in cui viene indicato il punto di controllo (punto rosso) dei risultati della RSL:

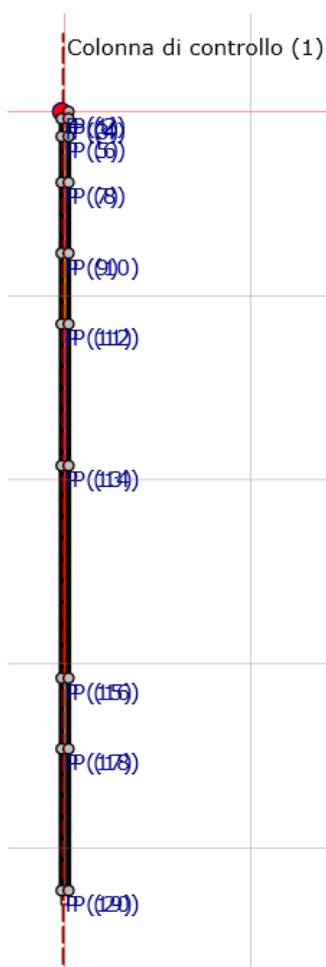


Figura 14. Modello 1D adottato nello studio.

Di seguito i riporta la tabella contenente le caratteristiche meccaniche dei singoli strati, nello specifico ad ogni strato di terreno sono stati associati, la Vs media, il peso dell'unità di volume e le curve di decadimento e smorzamento in funzione delle litologie, tutti parametri richiesti dal modello di calcolo LSR 2D:

Strato	Spessore (m)	ρ [kg/m ³]	Vs [m/s]	n [-]	Curva decadimento
Riporto	1	1600	160	0.35	Piroclastiti e sabbie di alterazione (Banca Dati Regione Lazio)
Limo argilloso-sabbioso	2.5	1850	225	0.40	Argille e limi (Banca Dati Regione Lazio)
Piroclastite argillificata	6.5	1750	290	0.38	Piroclastiti e sabbie di alterazione (Banca Dati Regione Lazio)
Piroclastite granulare/saldata	10	1700	420	0.35	Piroclastiti e sabbie di alterazione (Banca Dati Regione Lazio)
Travertino litoide	10	2400	650	0.30	Average Rock
Piroclastite saldata	20	1750	480	0.35	Piroclastiti e sabbie di alterazione (Banca Dati Regione Lazio)
Piroclastite semilitoide/litoide	30	1750	520	0.33	Piroclastiti e sabbie di alterazione (Banca Dati Regione Lazio)
Sabbie ghiaiose	10	2000	500	0.35	Idriss (1990), Sand
Sabbie siltose	20	2050	550	0.35	Idriss (1990), Sand
Argille sabbiose Plio-pleistoceniche (bedrock)	-	2200	800	0.40	-

dove:

- ρ = densità di massa del singolo strato;
- V_s = velocità di propagazione delle onde di taglio del singolo strato;
- n = coefficiente di contrazione trasversale (di Poisson) del singolo strato;

Tale modello è stato dettagliato, nelle caratteristiche litotecniche e sismiche dei diversi orizzonti del sottosuolo, dalle indagini specificatamente condotte nell'area di intervento, oltre che da dati di letteratura, sino alla profondità alla quale poteva ritenersi raggiunta una rigidità dei terreni coerente con quelle di un substrato geofisico di riferimento con velocità delle onde S superiori a 800 m/sec.

Nel dettaglio il profilo stratigrafico è stato ottenuto dai sondaggio eseguiti fino ad una profondità di 31 m, mentre più in profondità sono stati utilizzati dati bibliografici.

Il profilo delle Vs è stato ricostruito tenendo conto dei vincoli di velocità e profondità determinati dalle prove sismiche MASW per le profondità fino a 30 m, mentre a profondità maggiori si sono considerati dati di letteratura.

L'analisi dei dati accerta la presenza di un contrasto di velocità che si colloca a profondità interpretate di circa 110 m e che si correla con la presenza di depositi plio-pleistocenici.

5.2.5 Curve di decadimento dei terreni

Il comportamento dinamico dei terreni del modello geofisico di riferimento, viene descritto dalla relazione sforzi/deformazioni di tipo isteretico in un modello lineare equivalente espresso dalla coppia di parametri modulo di taglio (Shear Modulus) e smorzamento (Damping Ratio) espressa in funzione dello stato tensionale del suolo, per le diverse tipologie litologiche discriminate.

All'aumentare del livello di deformazione angolare raggiunta dal terreno si ha una diminuzione del modulo di taglio G ed un aumento del rapporto di smorzamento D . Tale comportamento può essere descritto, per ogni tipo di materiale presente nella stratigrafia, da due curve di decadimento una relativa a G ed una D .

Di seguito si riportano le curve e i dati sperimentali di riferimento utilizzate nell'analisi:

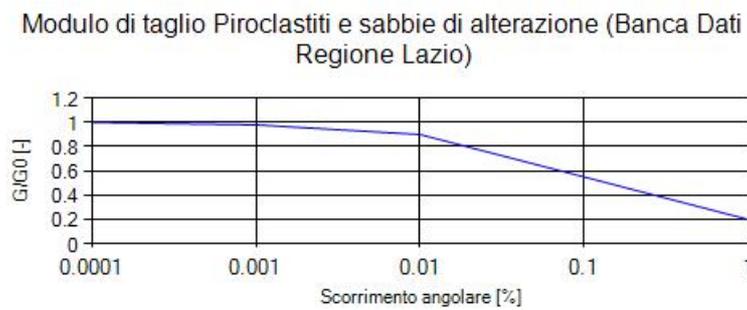


Figura 15. Modulo di Taglio per litologia quali Riporto, Piroclastite argillificata, Piroclastite granulare/saldata, Piroclastite saldata e Piroclastite semilitoide/litoide (da Banca Dati Regione Lazio).



Figura 16. Smorzamento per litologia quali Riporto, Piroclastite argillificata, Piroclastite granulare/saldata, Piroclastite saldata e Piroclastite semilitoide/litoide (da Banca Dati Regione Lazio)..

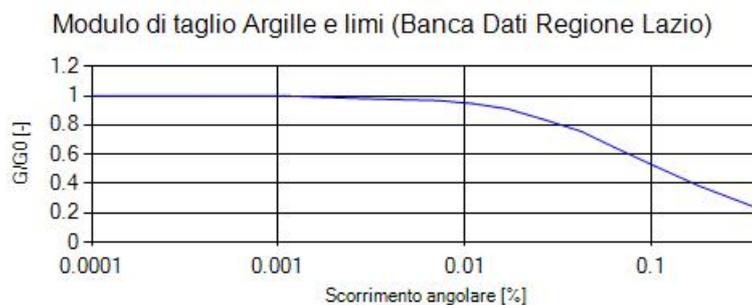


Figura 17. Modulo di Taglio per litologia quali Limo argilloso-sabbioso (da Banca Dati Regione Lazio).



Figura 18. Smorzamento per litologia quali Limo argilloso-sabbioso (da Banca Dati Regione Lazio).

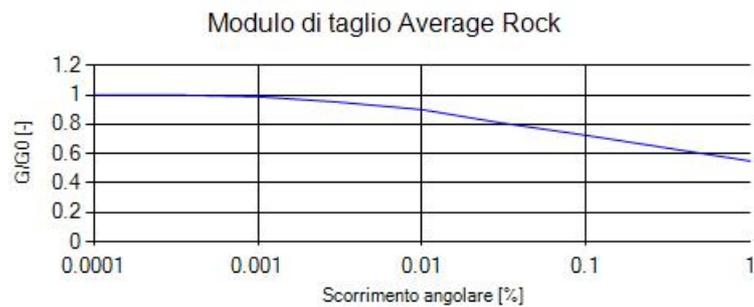


Figura 19. Modulo di Taglio per litologia quali Travertino litoide.

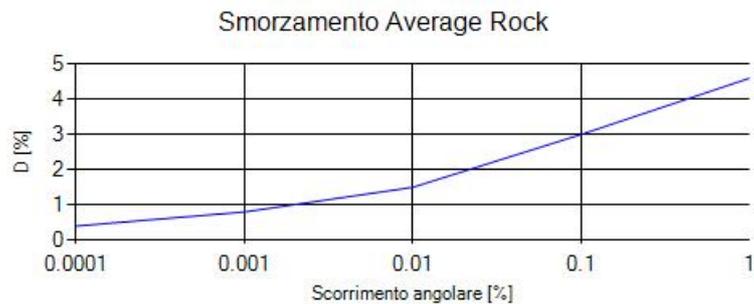


Figura 20. Smorzamento per litologia quali Travertino litoide.

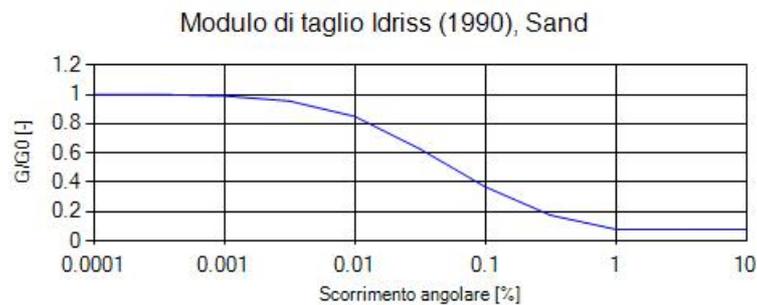


Figura 21. Modulo di Taglio per litologia quali Sabbie ghiaiose e Sabbie siltose.

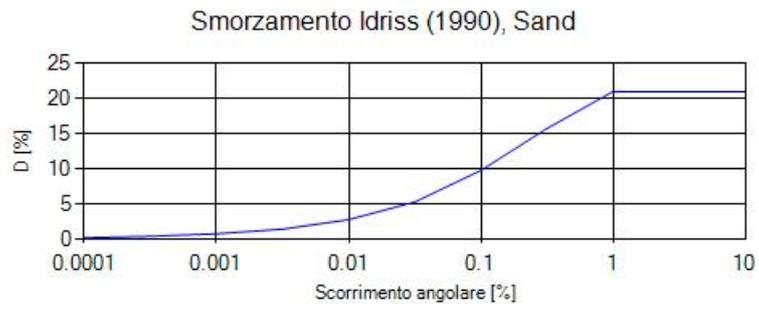


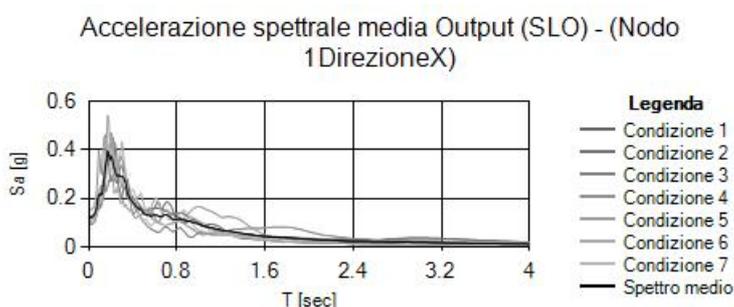
Figura 22. Smorzamento per litologia quali Sabbie ghiaiose e Sabbie siltose.

6 RISULTATI RSL

Si riportano in questo capitolo i risultati dell'analisi di risposta sismica locale monodimensionale ottenuti per i diversi Stati Limite, tutti gli spettri ottenuti sono riportati in calce alla presente relazione.

6.1 STATO LIMITE DI OPERATIVITA' (SLO)

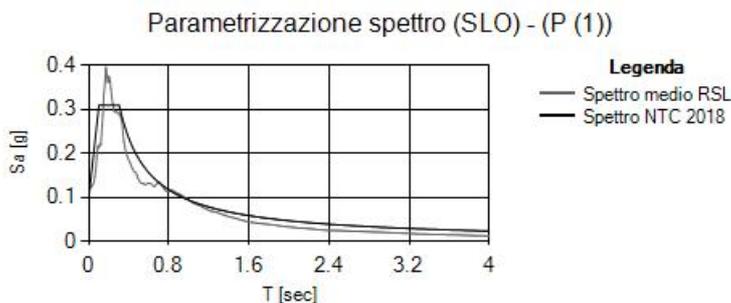
Di seguito viene riportato lo spettro medio:



La parametrizzazione dello spettro di risposta medio ottenuto viene condotta mediante la procedura suggerita dagli "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica" (GdL MS, 2008 – parti I e II – punto 2.5.4.3.1 pag 92). Partendo dallo spettro di risposta medio in accelerazione rappresentativo dei 7 accelerogrammi, tale procedura prevede:

- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in accelerazione (TA);
- il calcolo del valor medio dello spettro in accelerazione (SA) nell'intorno tra $0.5 TA - 1.5 TA$;
- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in pseudovelocità (TV);
- il calcolo del valor medio dello spettro in pseudovelocità (SV) nell'intorno tra $0.8 TV - 1.2 TV$;
- il calcolo del valore di $T_c = 2\pi \frac{SV}{SA}$;
- il calcolo del valore di $T_b = 1/3 T_c$;
- il calcolo del valore $T_d = 4 a_g + 1.6$ con a_g uguale al valore di accelerazione a T uguale a zero;
- l'applicazione delle equazioni riportate nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) per la determinazione dei tratti dello spettro tra T_0, T_b, T_c, T_d, T_4 .

che risulta "normalizzabile" secondo la seguente schematizzazione grafica:



Di seguito vengono riportati i parametri dello spettro parametrizzato:

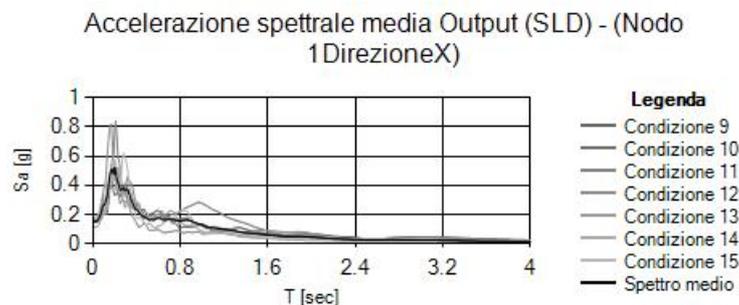
Punto di controllo	A_g [g]	A_{grsl} [g]	$F0$	S	T_b [s]	T_c [s]	T_d [s]
P (1)	0.073	0.101	3.056	1.387	0.101	0.303	1.892

dove:

- A_g : accelerazione orizzontale massima al sito su suolo rigido;
- A_{grsl} : accelerazione orizzontale massima al sito da RSL;
- $F0$: valore massimo dello spettro in accelerazione orizzontale;
- S : coefficiente che tiene conto degli effetti di amplificazione (stratigrafici e/o topografici);
- T_b : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;
- T_c : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante;
- T_d : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

6.2 STATO LIMITE DI DANNO (SLD)

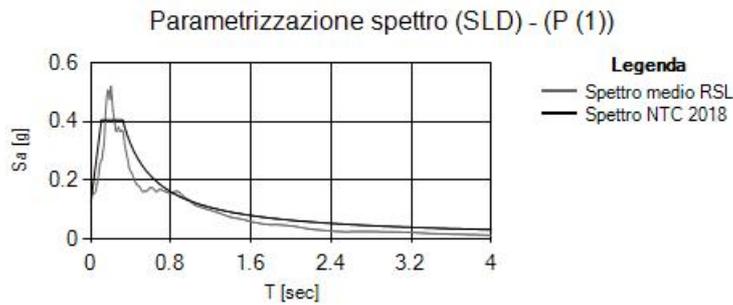
Di seguito viene riportato lo spettro medio:



La parametrizzazione dello spettro di risposta medio ottenuto viene condotta mediante la procedura suggerita dagli "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica" (GdL MS, 2008 – parti I e II – punto 2.5.4.3.1 pag 92). Partendo dallo spettro di risposta medio in accelerazione rappresentativo dei 7 accelerogrammi, tale procedura prevede:

- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in accelerazione (TA);
- il calcolo del valor medio dello spettro in accelerazione (SA) nell'intorno tra $0.5 TA - 1.5 TA$;
- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in pseudovelocità (TV);
- il calcolo del valor medio dello spettro in pseudovelocità (SV) nell'intorno tra $0.8 TV - 1.2 TV$;
- il calcolo del valore di $T_c = 2\pi \frac{SV}{SA}$;
- il calcolo del valore di $T_b = 1/3 T_c$;
- il calcolo del valore $T_d = 4 a_g + 1.6$ con a_g uguale al valore di accelerazione a T uguale a zero;
- l'applicazione delle equazioni riportate nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) per la determinazione dei tratti dello spettro tra T_0, T_b, T_c, T_d, T_4 .

che risulta “normalizzabile” secondo la seguente schematizzazione grafica:



Di seguito vengono riportati i parametri dello spettro parametrizzato:

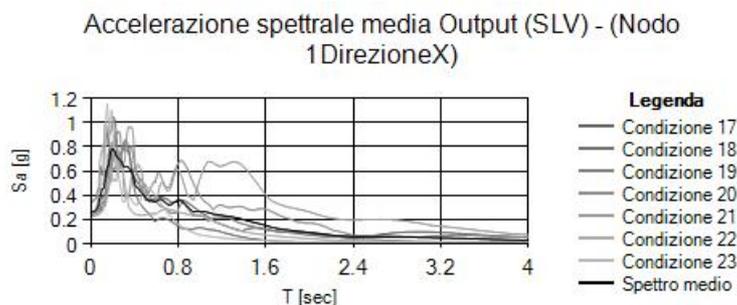
Punto di controllo	A_g [g]	A_{grsl} [g]	$F0$	S	T_b [s]	T_c [s]	T_d [s]
P (1)	0.089	0.126	3.230	1.414	0.106	0.318	1.956

dove:

- A_g : accelerazione orizzontale massima al sito su suolo rigido;
- A_{grsl} : accelerazione orizzontale massima al sito da RSL;
- $F0$: valore massimo dello spettro in accelerazione orizzontale;
- S : coefficiente che tiene conto degli effetti di amplificazione (stratigrafici e/o topografici);
- T_b : periodo corrispondente all’inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;
- T_c : periodo corrispondente all’inizio del tratto dello spettro a velocità costante;
- T_d : periodo corrispondente all’inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

6.3 STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV)

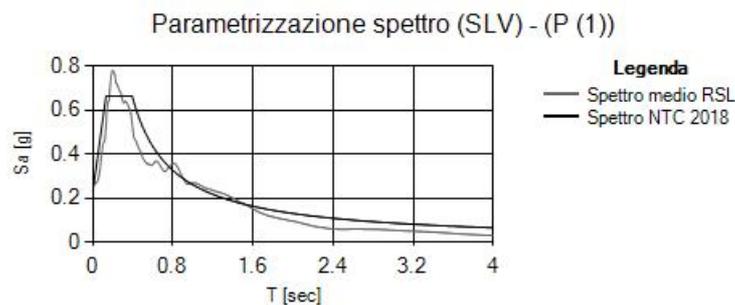
Di seguito viene riportato lo spettro medio:



La parametrizzazione dello spettro di risposta medio ottenuto viene condotta mediante la procedura suggerita dagli “Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica” (GdL MS, 2008 – parti I e II – punto 2.5.4.3.1 pag 92). Partendo dallo spettro di risposta medio in accelerazione rappresentativo dei 7 accelerogrammi, tale procedura prevede:

- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in accelerazione (TA);
- il calcolo del valor medio dello spettro in accelerazione (SA) nell'intorno tra $0.5 TA - 1.5 TA$;
- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in pseudovelocità (TV);
- il calcolo del valor medio dello spettro in pseudovelocità (SV) nell'intorno tra $0.8 TV - 1.2 TV$;
- il calcolo del valore di $T_c = 2\pi \frac{SV}{SA}$;
- il calcolo del valore di $T_b = 1/3 T_c$;
- il calcolo del valore $T_d = 4 a_g + 1.6$ con a_g uguale al valore di accelerazione a T uguale a zero;
- l'applicazione delle equazioni riportate nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) per la determinazione dei tratti dello spettro tra T_0, T_b, T_c, T_d, T_4 .

che risulta "normalizzabile" secondo la seguente schematizzazione grafica:



Di seguito vengono riportati i parametri dello spettro parametrizzato:

Punto di controllo	A_g [g]	A_{grsl} [g]	$F0$	S	T_b [s]	T_c [s]	T_d [s]
P (1)	0.190	0.231	2.869	1.217	0.131	0.393	2.360

dove:

- A_g : accelerazione orizzontale massima al sito su suolo rigido;
- A_{grsl} : accelerazione orizzontale massima al sito da RSL;
- $F0$: valore massimo dello spettro in accelerazione orizzontale;
- S : coefficiente che tiene conto degli effetti di amplificazione (stratigrafici e/o topografici);
- T_b : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;
- T_c : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante;
- T_d : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

7 CONCLUSIONI

In riferimento alle specifiche del *DM 17.01.2018* (§ 7.11.3) è stato redatto uno studio di Risposta Sismica Locale, commissionato da Regione Lazio – Lazio Crea S.p.A., in riferimento alle specifiche del *DM 17.01.2018* (§ 7.11.3) per la riconversione funzionale dell'ex Stabilimento viti-vinicolo ubicato nel Comune di Capena (Roma) per la realizzazione di un Centro Logistico della Protezione Civile Regionale e del Centro Regionale per il deposito e dematerializzazione dei documenti della Regione Lazio.

Tale struttura, in riferimento al § 2.4.1 del *NTC2018*, è definita di "Classe d'uso IV", Coefficiente d'uso $C_u = 2$ e con una vita nominale di 100 anni come indicato dal progettista.

L'analisi di RSL, eseguita sia allo Stato Limite Ultimo (SLV) che agli Stati Limite di Esercizio (SLO e SLD), ha evidenziato un incremento del valore di picco a_g , sia rispetto ai valori riferiti al bedrock (suolo rigido Cat. A, orizzontale e campo libero), sia rispetto ai valori riferiti allo spettro da normativa di categoria B (DM08):

Stato Limite	a_g da spettro DM08 bedrock Cat. A	a_g da spettro DM08 Cat. B	a_g da spettro RSL
SLO	0,073g	0,087g	0,101g
SLD	0,089g	0,106g	0,126g
SLV	0,190g	0,228g	0,231g

Nel dettaglio, per quanto riguarda gli spettri di risposta in accelerazione, i risultati ottenuti dalla RSL a confronto con quelli ottenuti dalla procedura semplificata DM08 per categoria di sottosuolo B ricavati in assenza di analisi numeriche rigorose, sono mediamente più conservativi.

Di seguito viene riportato, per ogni stato limite, il confronto tra lo spettro di normativa di categoria B (DM08) e appunto lo spettro ottenuto dallo studio di RSL.

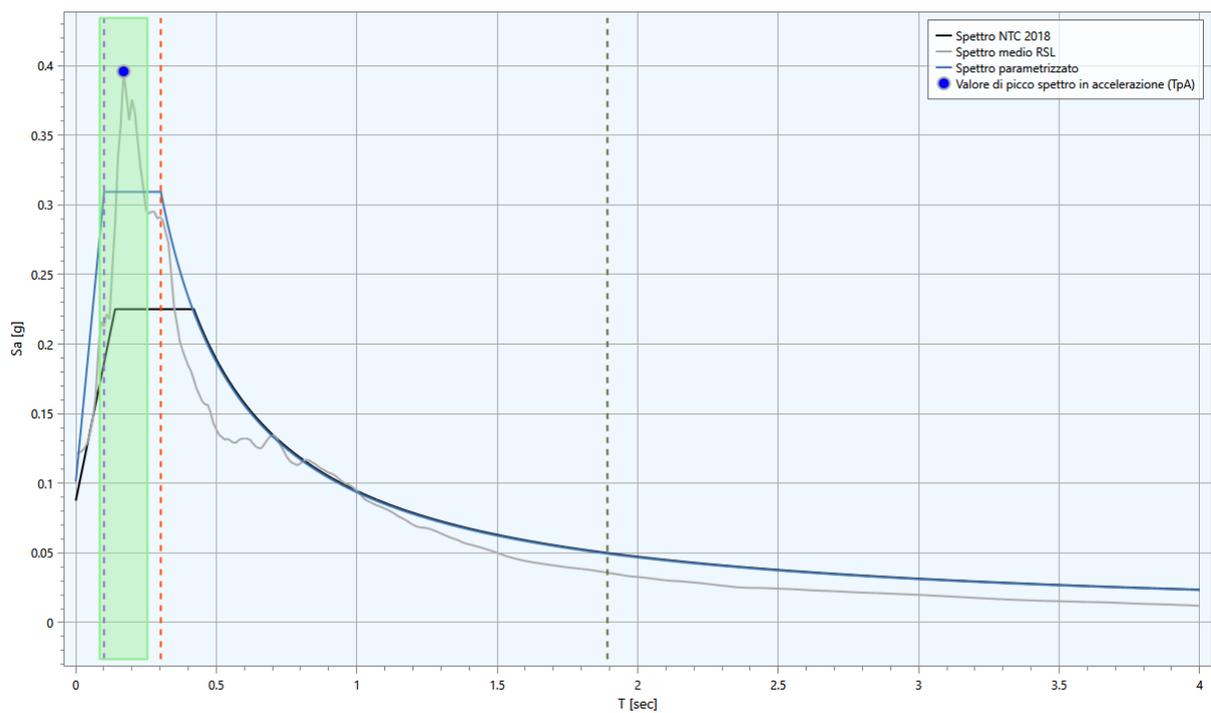


Figura 23. SLO: in nero viene riportato lo spettro da normativa DM08 per categoria di sottosuolo B e i blu lo spettro ottenuto dalla RSL.

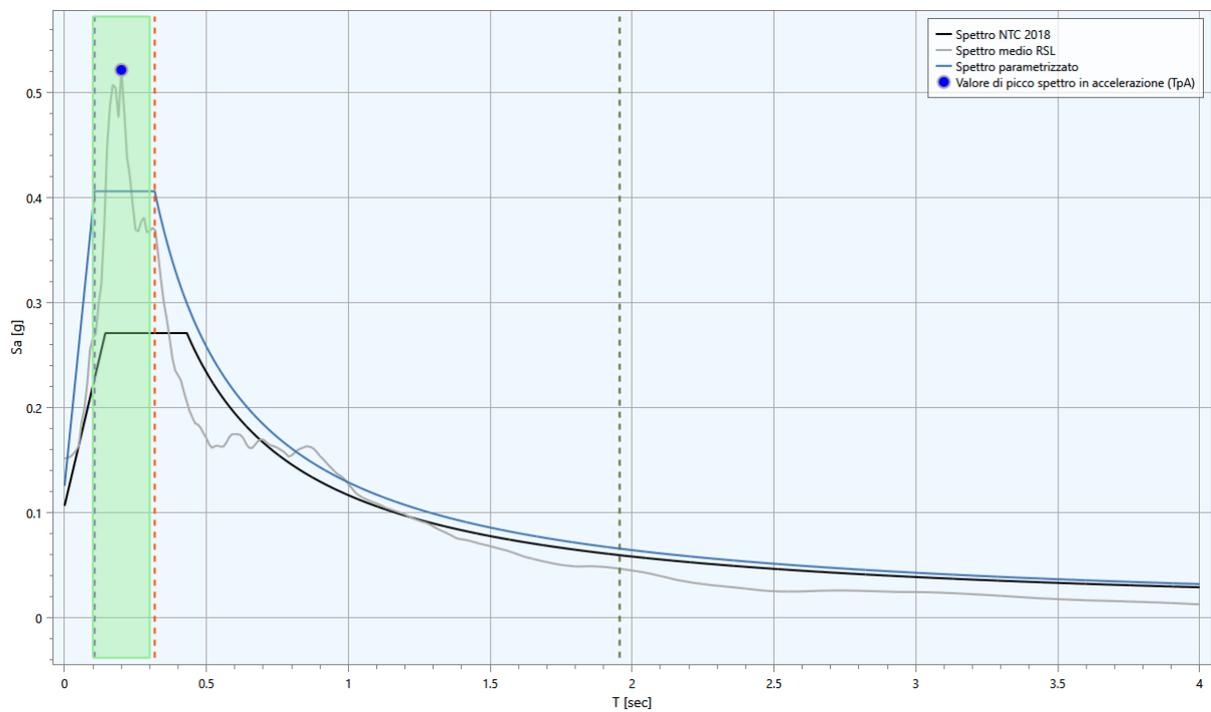


Figura 24. SLD: in nero viene riportato lo spettro da normativa DM08 per categoria di sottosuolo B e i blu lo spettro ottenuto dalla RSL.

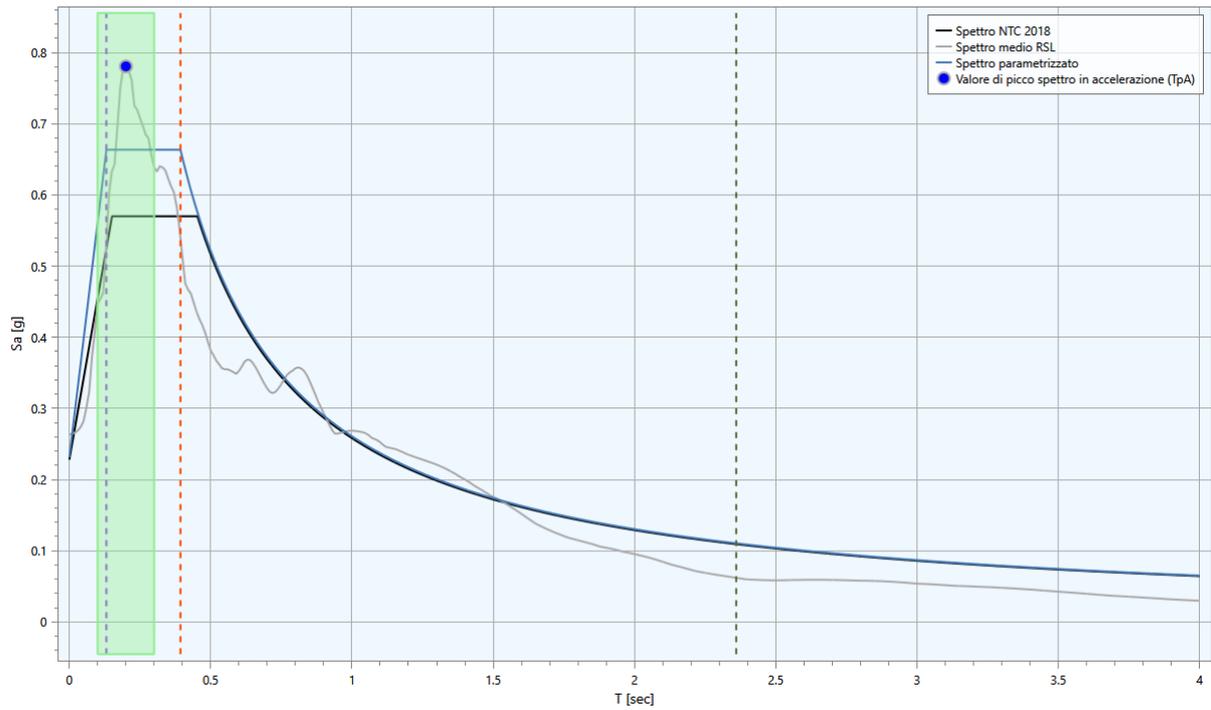


Figura 25. SLV: in nero viene riportato lo spettro da normativa DM08 per categoria di sottosuolo B e i blu lo spettro ottenuto dalla RSL.

Roma, 15 aprile 2019

(Geol. Maurizio Scarapazzi)

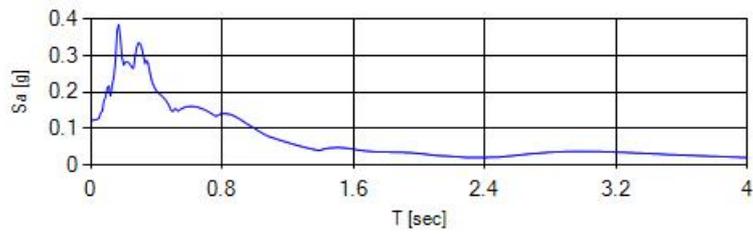
8 BIBLIOGRAFIA

- Crespellani T. & Facciorusso J. (2010) – *Dinamica dei terreni per le applicazioni sismiche*. Dario Flaccovio Editore.
- C.S.L.L.P.P. *Circolare 2 febbraio 2009 n. 617*. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- *Circolare 9 gennaio 1996 n. 218/24/3* Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica;
- C.G. Lai, S. Foti, M.Rota. *Input Sismico e Stabilità Geotecnica dei Siti di Costruzione*. IUSS Press;
- Dal Moro G. (2012) – *Onde di superficie in geofisica applicata. Acquisizione e analisi di dati secondo tecniche MASW e HVSR*. Dario Flaccovio Editore, 191 pp.
- Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome (2008) – *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica*. Editore: Dipartimento della Protezione Civile, 515 pp.
- *D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018* Aggiornamento "Norme tecniche per le costruzioni";
- *D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008* Norme tecniche per le costruzioni;
- *D.P.R. 5 giugno 2001 n. 328* Attività professionali riservate agli iscritti alla classe A dell'Ordine dei Geologi;
- Iervolino L., Galasso C. & Cosenza E. (2010) - *REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis*. Bull Earthquake Eng. (2010) **8**, pp. 339–362;
- Lanzo G. (2005). *Risposta Sismica Locale*, in "Aspetti Geotecnici della Progettazione in Zona Sismica-Linee Guida", Edizione provvisoria marzo 2005, Patron Editore;
- Hudson, M.B., Idriss, I.M., Beikae, M. (1993). *QUAD4M, A computer program for evaluating the seismic response of soil structure by variable damping finite element procedures*. Report of Dip. Of Civil & Environmental Eng., University of California, Davis;
- Kottke Albert R. & Rathje Ellen M. (2008) – *Technical Manual for Strata*, PEER 2008/10;
- Lanzo G. & Silvestri F. (1999) – *Risposta Sismica Locale*;
- Lanzo G., Silvestri F., Costanzo A., d'Onofrio A., Martelli L., Pagliaroli A., Sica S., Simonelli A. (2011). *Site response studies and seismic microzoning in the Middle Aterno valley (L'Aquila, Central Italy)*. Bulletin of Earthquake Engineering, 9(5), 1417-1442;
- Mucciarelli M., Gallipoli M.R. (2001) – *A critical review of 10 years of microtremor HVSR technique*. Bollettino di Geofisica Teoria ed Applicata, 42, pp. 255-266.
- Nakamura Y. (1989) – *A method for dynamic characteristics estimates of subsurface using microtremor on the round surface*. QR of RTRI, 30, pp. 25-33.
- Pagliaroli A. - *Numerical and experimental methods for estimating ground motion amplification*. CNR – IGAG;
- Sanò, T., Pugliese A. - *Le Analisi Numeriche per la Valutazione della Risposta Sismica Locale*. SERM-SEismic Risk Management;
- Santangelo S. (2013). *Local Seismic Response 2D (LSR2D)*. Guida Operativa. Stacec srl.;
- Santangelo S. (2013). *Confronto tra i codici di calcolo QUAD4-M e LSR2D*. Stacec srl;
- *UNI EN 1998-1 (2005) Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici*.

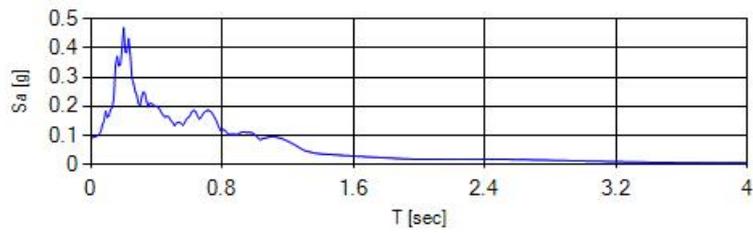
Allegato - 1

SPETTRI ELASTICI DI OUTPUT

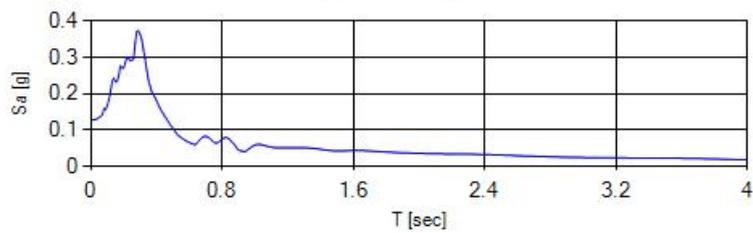
Accelerazione spettrale Output (SLO) - (Condizione1) - (Nodo 1 DirezioneX)



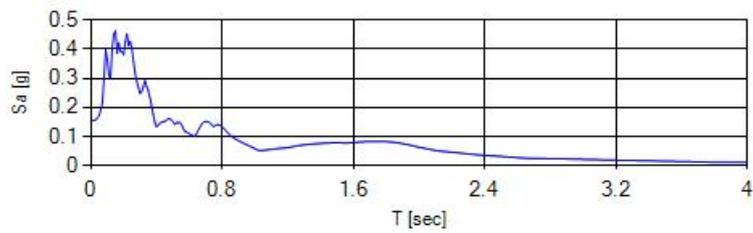
Accelerazione spettrale Output (SLO) - (Condizione2) - (Nodo 1 DirezioneX)



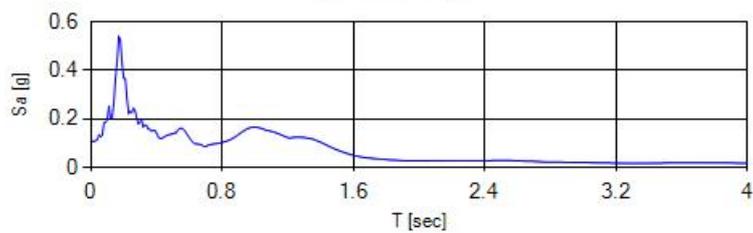
Accelerazione spettrale Output (SLO) - (Condizione3) - (Nodo 1 DirezioneX)



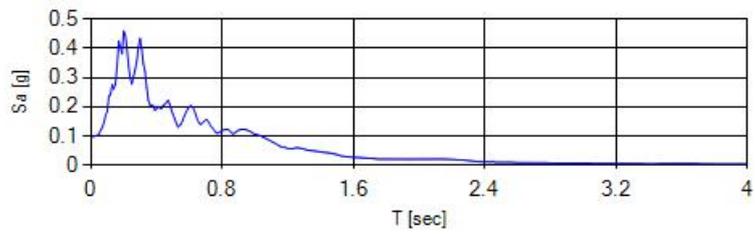
Accelerazione spettrale Output (SLO) - (Condizione4) - (Nodo 1 DirezioneX)



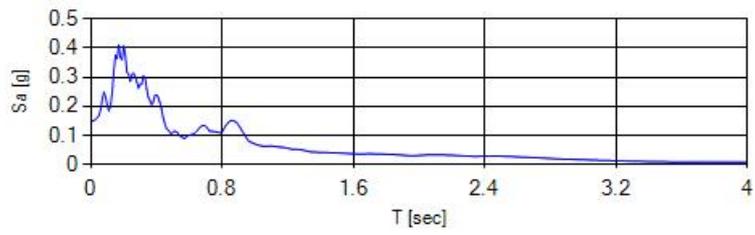
Accelerazione spettrale Output (SLO) - (Condizione5) - (Nodo 1 DirezioneX)



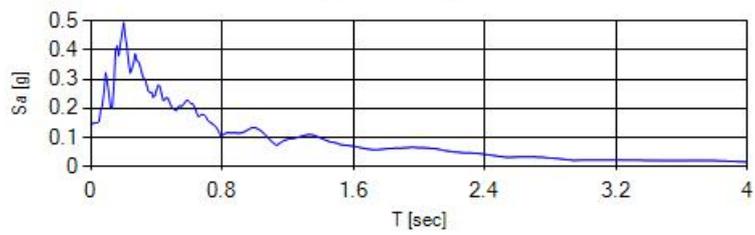
Accelerazione spettrale Output (SLO) - (Condizione6) - (Nodo 1DirezioneX)



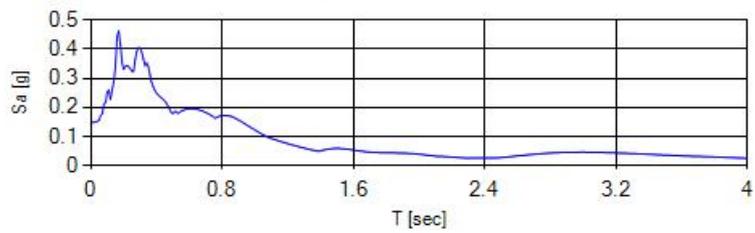
Accelerazione spettrale Output (SLO) - (Condizione7) - (Nodo 1DirezioneX)



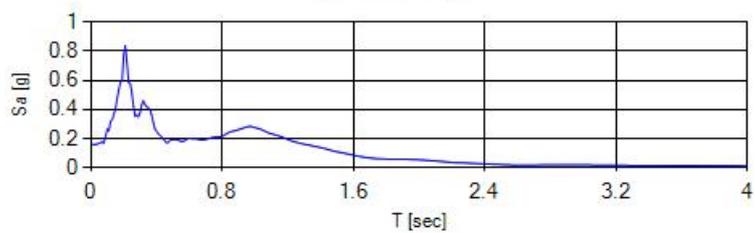
Accelerazione spettrale Output (SLD) - (Condizione9) - (Nodo 1DirezioneX)



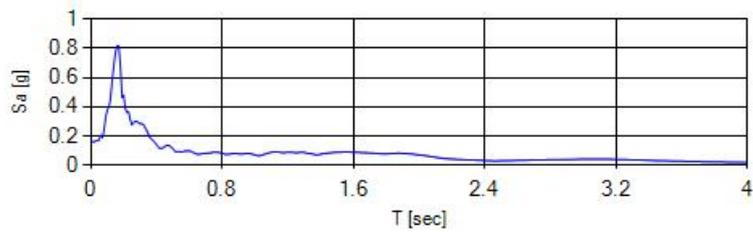
Accelerazione spettrale Output (SLD) - (Condizione10) - (Nodo 1DirezioneX)



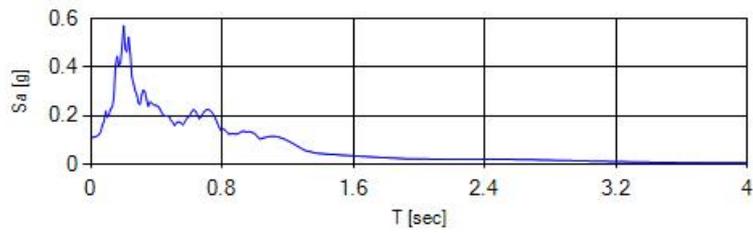
Accelerazione spettrale Output (SLD) - (Condizione11) - (Nodo 1DirezioneX)



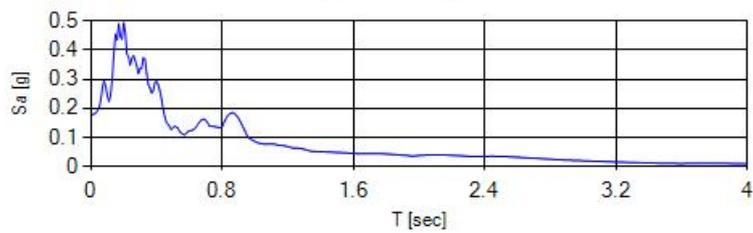
Accelerazione spettrale Output (SLD) - (Condizione12) - (Nodo 1DirezioneX)



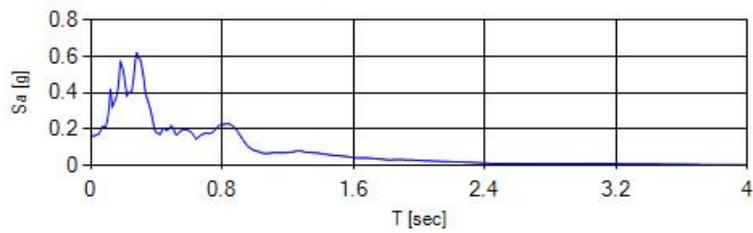
Accelerazione spettrale Output (SLD) - (Condizione13) - (Nodo 1DirezioneX)



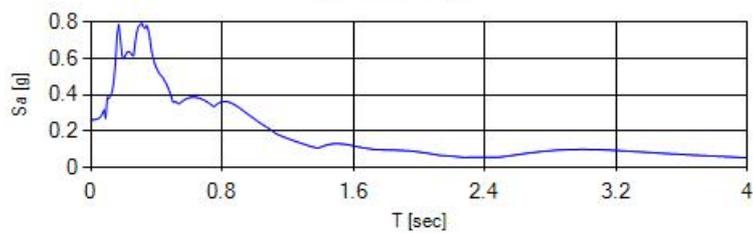
Accelerazione spettrale Output (SLD) - (Condizione14) - (Nodo 1DirezioneX)



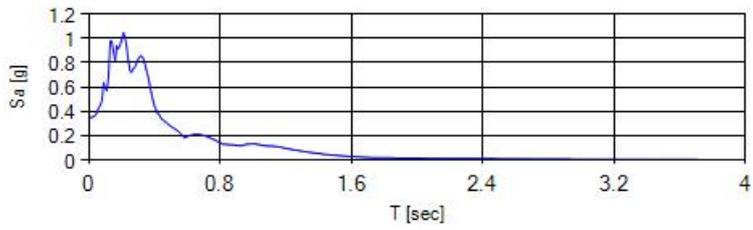
Accelerazione spettrale Output (SLD) - (Condizione15) - (Nodo 1DirezioneX)



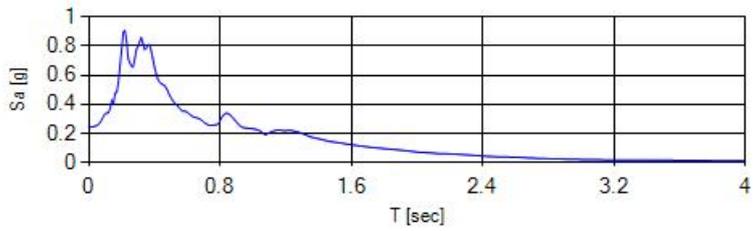
Accelerazione spettrale Output (SLV) - (Condizione17) - (Nodo 1DirezioneX)



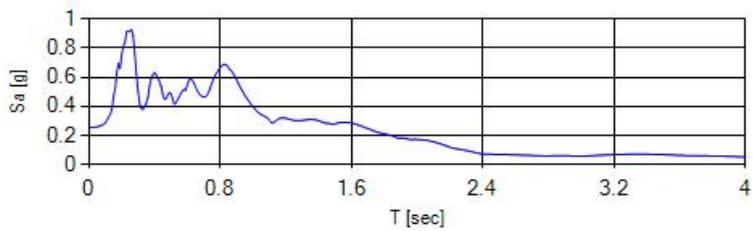
Accelerazione spettrale Output (SLV) - (Condizione18) - (Nodo 1DirezioneX)



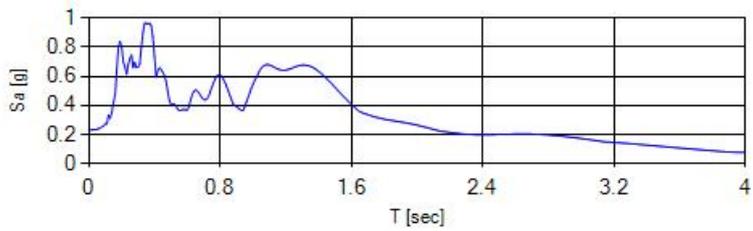
Accelerazione spettrale Output (SLV) - (Condizione19) - (Nodo 1DirezioneX)



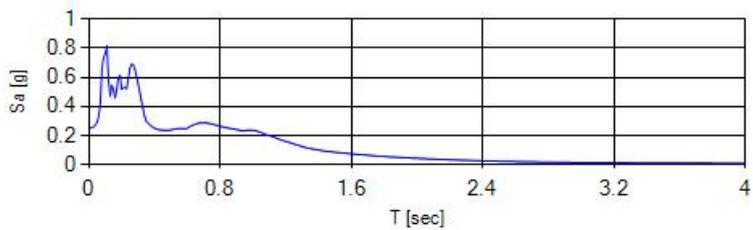
Accelerazione spettrale Output (SLV) - (Condizione20) - (Nodo 1DirezioneX)



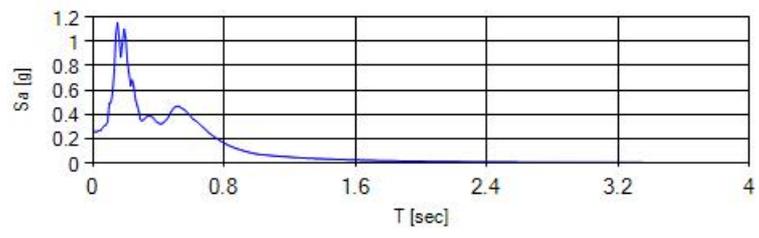
Accelerazione spettrale Output (SLV) - (Condizione21) - (Nodo 1DirezioneX)



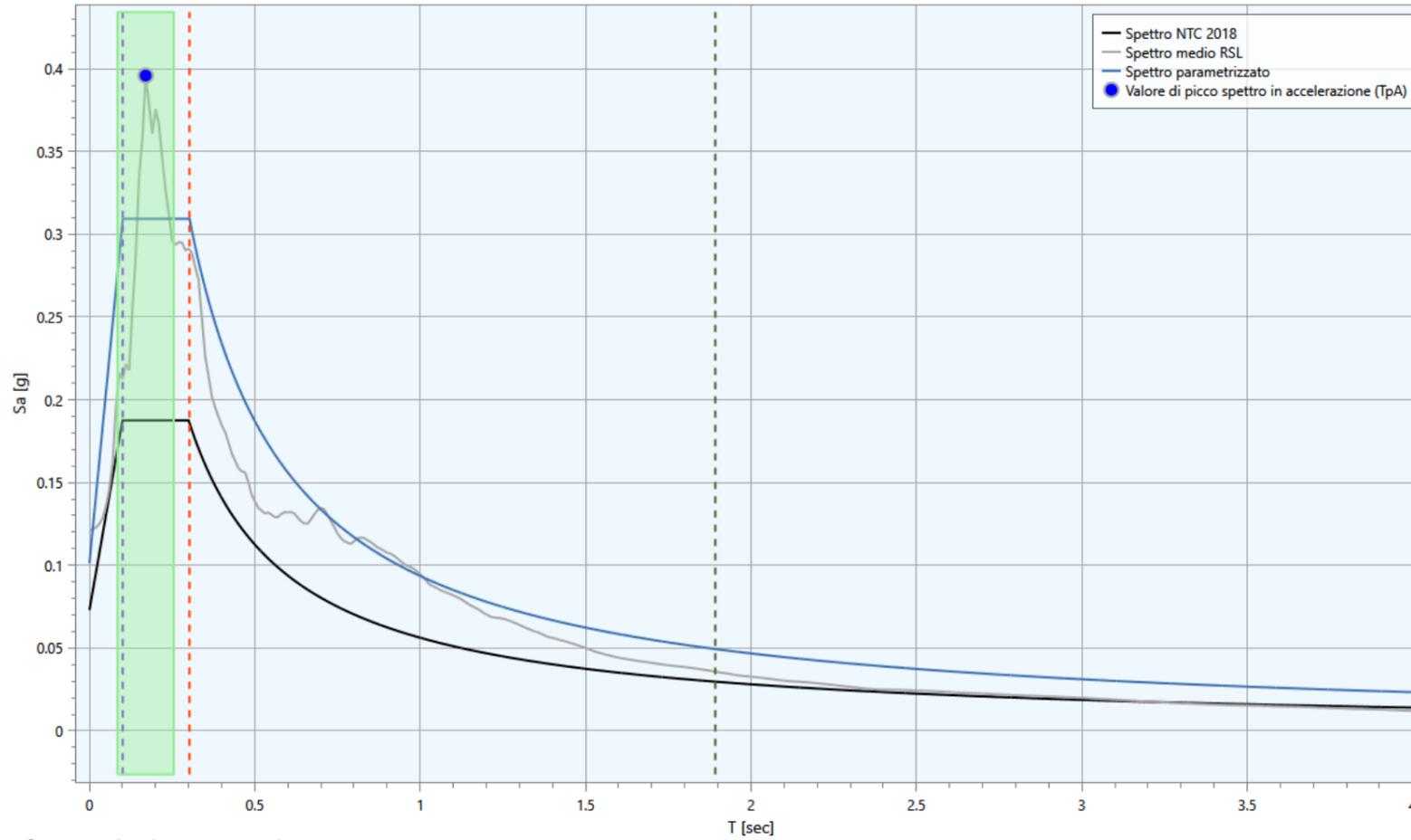
Accelerazione spettrale Output (SLV) - (Condizione22) - (Nodo 1DirezioneX)



Accelerazione spettrale Output (SLV) - (Condizione23) - (Nodo 1 DirezioneX)



Stato Limite di Operatività (SLO)



Spettro elastico parametrizzato

Approccio semplificato NTC 2018

A_g [g]	0.073
F_0	2.570
T_c^*	0.300
Categoria stratigrafica	A
Categoria topografica	T1

Parametrizzazione RSL

T_{pA} [sec]	0.170
$0.5 T_{pA}$ [sec]	0.085
$1.5 T_{pA}$ [sec]	0.255
$S_{a,medio}$ [g]	0.309
T_{pV} [sec]	0.920
$0.8 T_{pV}$ [sec]	0.736
$1.2 T_{pV}$ [sec]	1.104
$S_{v,medio}$ [g*s]	0.015
F_0	3.056
S	1.387
T_b [sec]	0.101
T_c [sec]	0.303
T_d [sec]	1.892



COMUNE DI CAPENA
 Città metropolitana di Roma Capitale

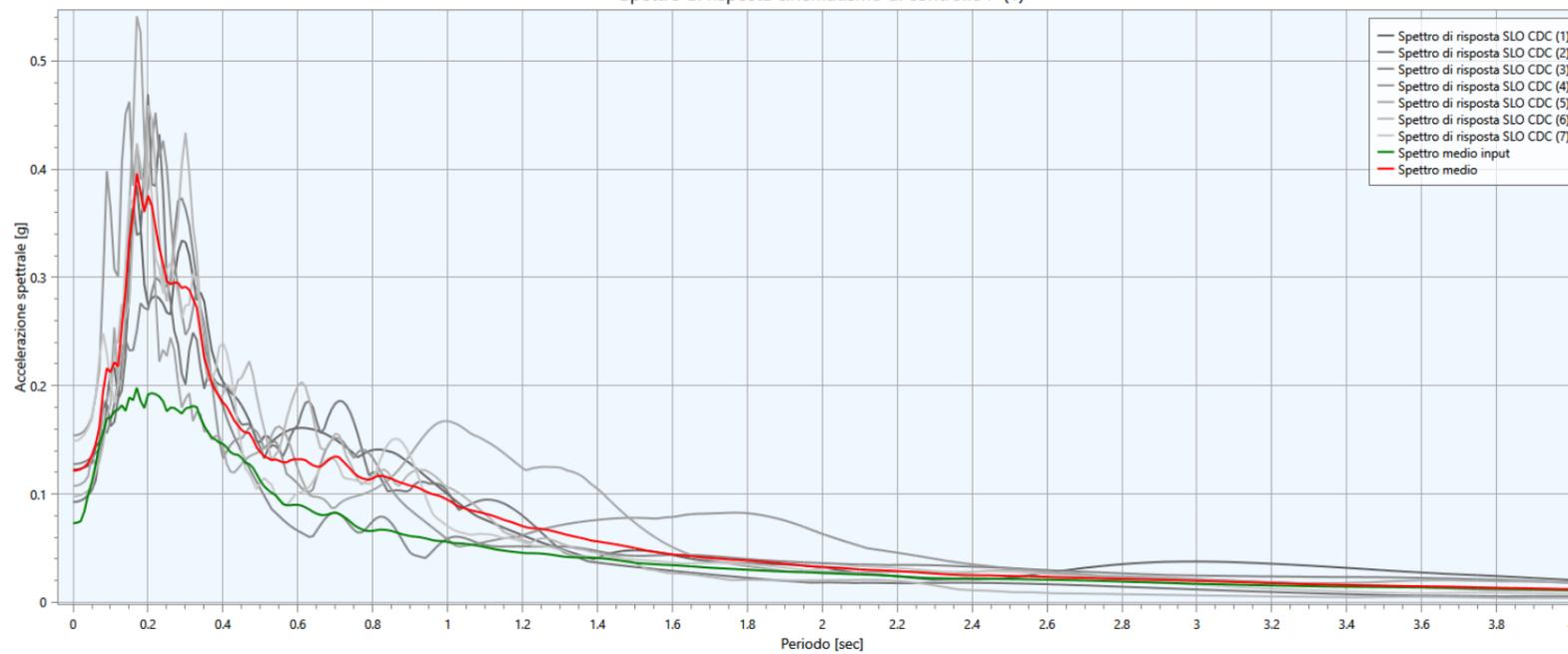
REGIONE LAZIO - LAZIO CREA S.p.A.

RICONVERSIONE FUNZIONALE DELL'EX STABILIMENTO VITI-VINICOLO UBICATO NEL COMUNE DI CAPENA (ROMA) PER LA REALIZZAZIONE DI UN CENTRO LOGISTICO DELLA PROTEZIONE CIVILE REGIONALE E DEL CENTRO REGIONALE PER IL DEPOSITO E DEMATERIALIZZAZIONE DEI DOCUMENTI DELLA REGIONE LAZIO

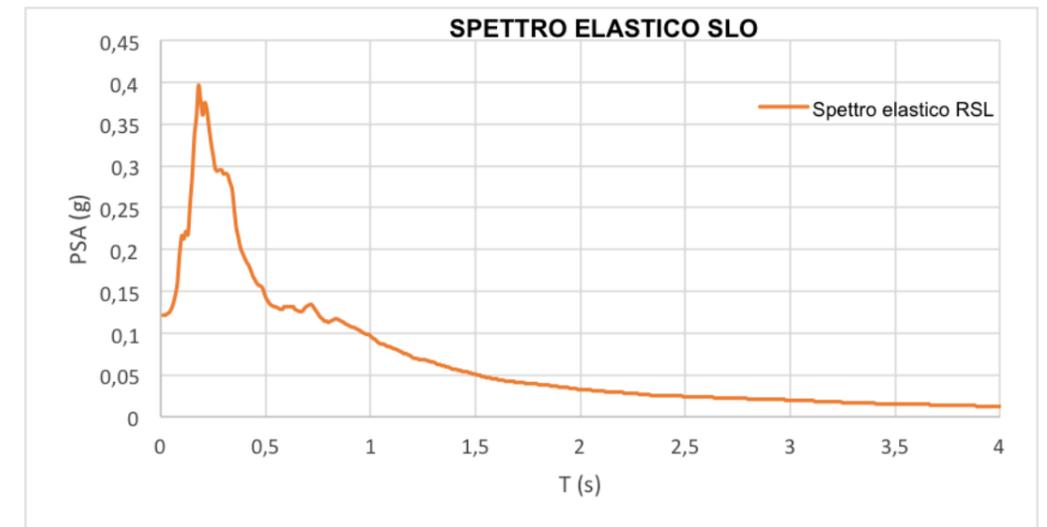
TAVOLA 1rsI
 Spettri RSL - SLO

Punto di controllo	A_g [g]	$A_{g,rsl}$ [g]	F_0	S	T_b [s]	T_c [s]	T_d [s]
P (1)	0.073	0.101	3.056	1.387	0.101	0.303	1.892

Spettro di risposta cinematico di controllo P (1)

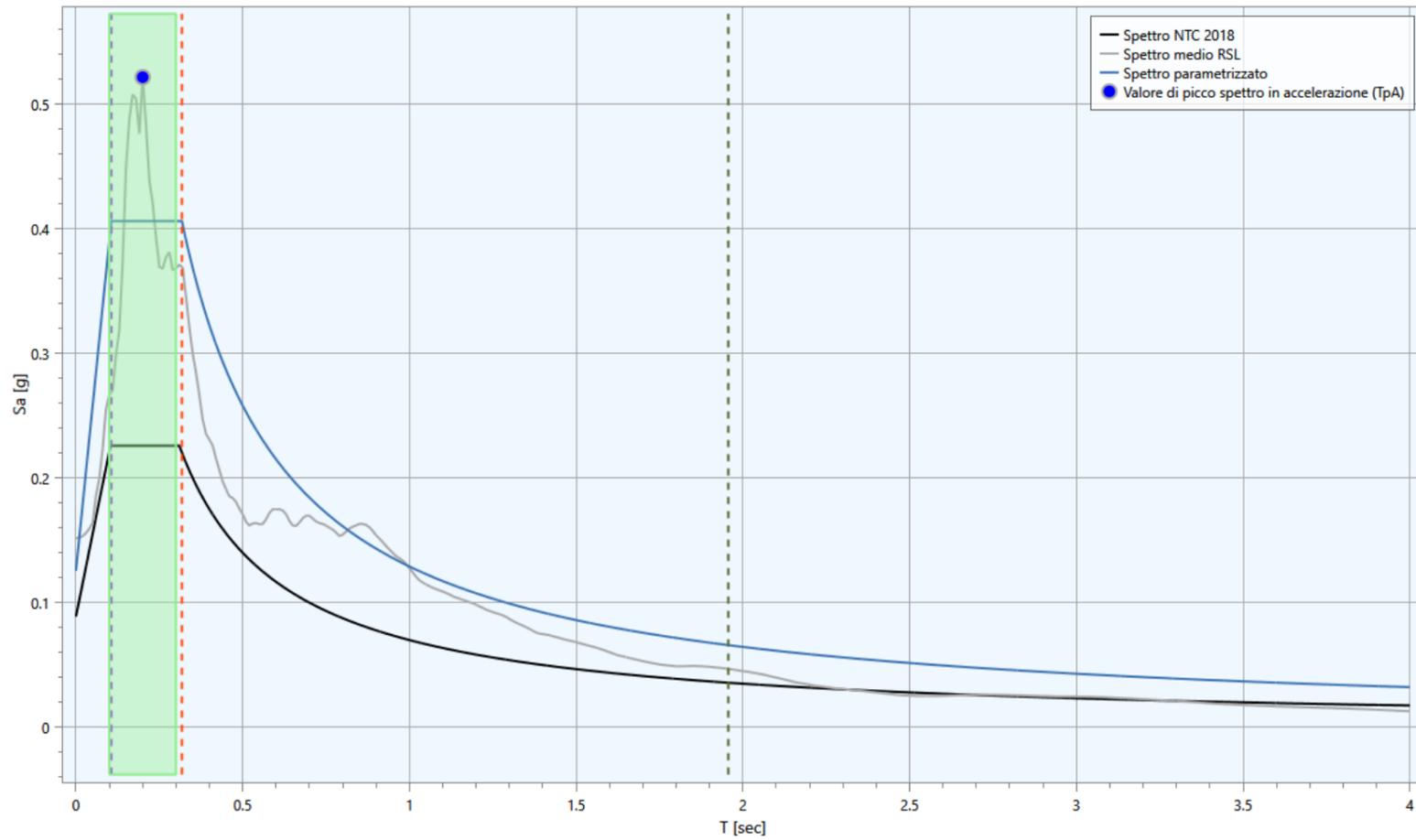


Spettro elastico medio di input (in verde) e di output (in rosso)



Spettro elastico di risposta medio

Stato Limite di Danno (SLD)



Spettro elastico parametrizzato

Approccio semplificato NTC 2018

A_g [g]	0.089
F_0	2.540
T_c^*	0.310
Categoria stratigrafica	A
Categoria topografica	T1

Parametrizzazione RSL

T_{pA} [sec]	0.200
0.5 T_{pA} [sec]	0.100
1.5 T_{pA} [sec]	0.300
$S_{a,medio}$ [g]	0.406
T_{pV} [sec]	0.880
0.8 T_{pV} [sec]	0.704
1.2 T_{pV} [sec]	1.056
$S_{v,medio}$ [g*s]	0.021
F_0	3.230
S	1.414
T_b [sec]	0.106
T_c [sec]	0.318
T_d [sec]	1.956



COMUNE DI CAPENA
Citta metropolitana di Roma Capitale

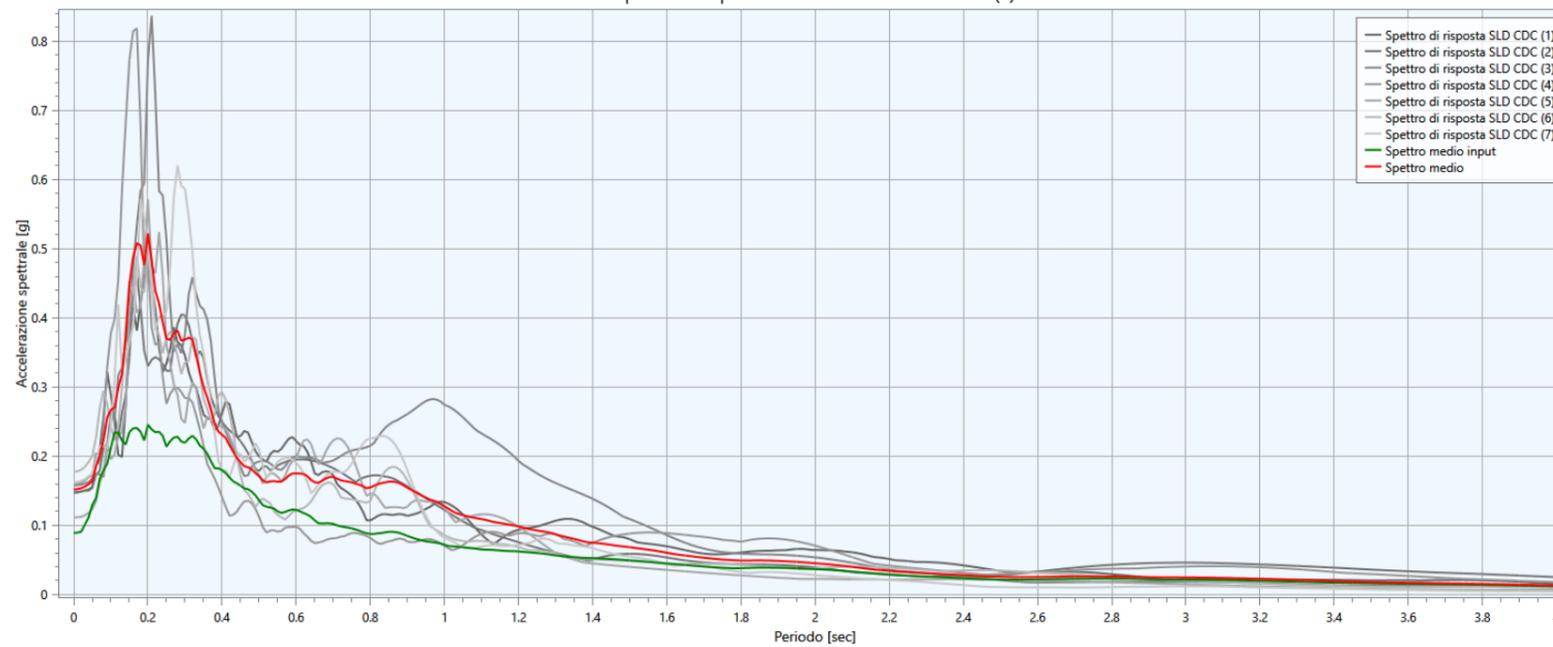
REGIONE LAZIO - LAZIO CREA S.p.A.

RICONVERSIONE FUNZIONALE DELL'EX STABILIMENTO VITI-VINICOLO UBICATO NEL COMUNE DI CAPENA (ROMA) PER LA REALIZZAZIONE DI UN CENTRO LOGISTICO DELLA PROTEZIONE CIVILE REGIONALE E DEL CENTRO REGIONALE PER IL DEPOSITO E DEMATERIALIZZAZIONE DEI DOCUMENTI DELLA REGIONE LAZIO

TAVOLA 2rsI
Spettri RSL - SLD

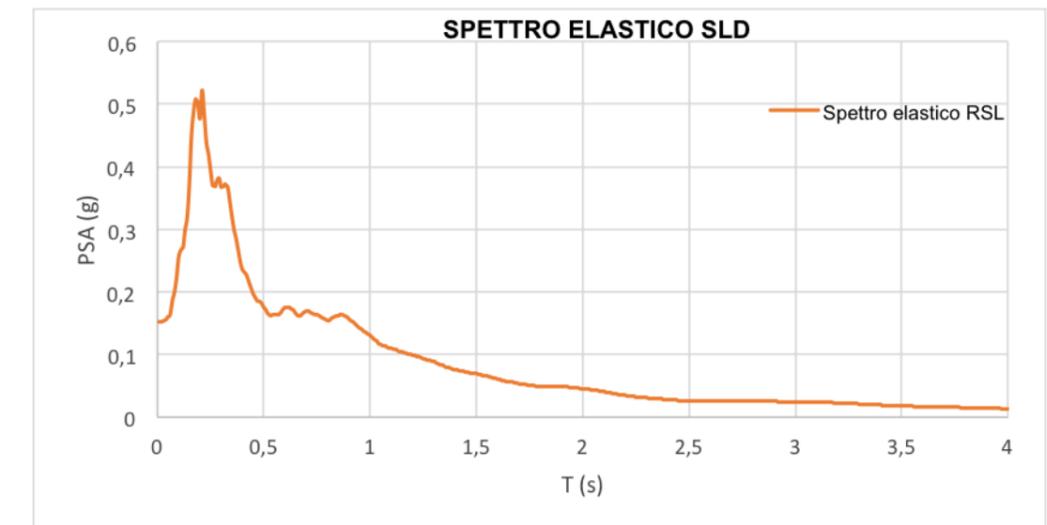
Punto di controllo	A_g [g]	$A_{g,rsl}$ [g]	F_0	S	T_b [s]	T_c [s]	T_d [s]
P (1)	0.089	0.126	3.230	1.414	0.106	0.318	1.956

Spettro di risposta cinematico di controllo P (1)



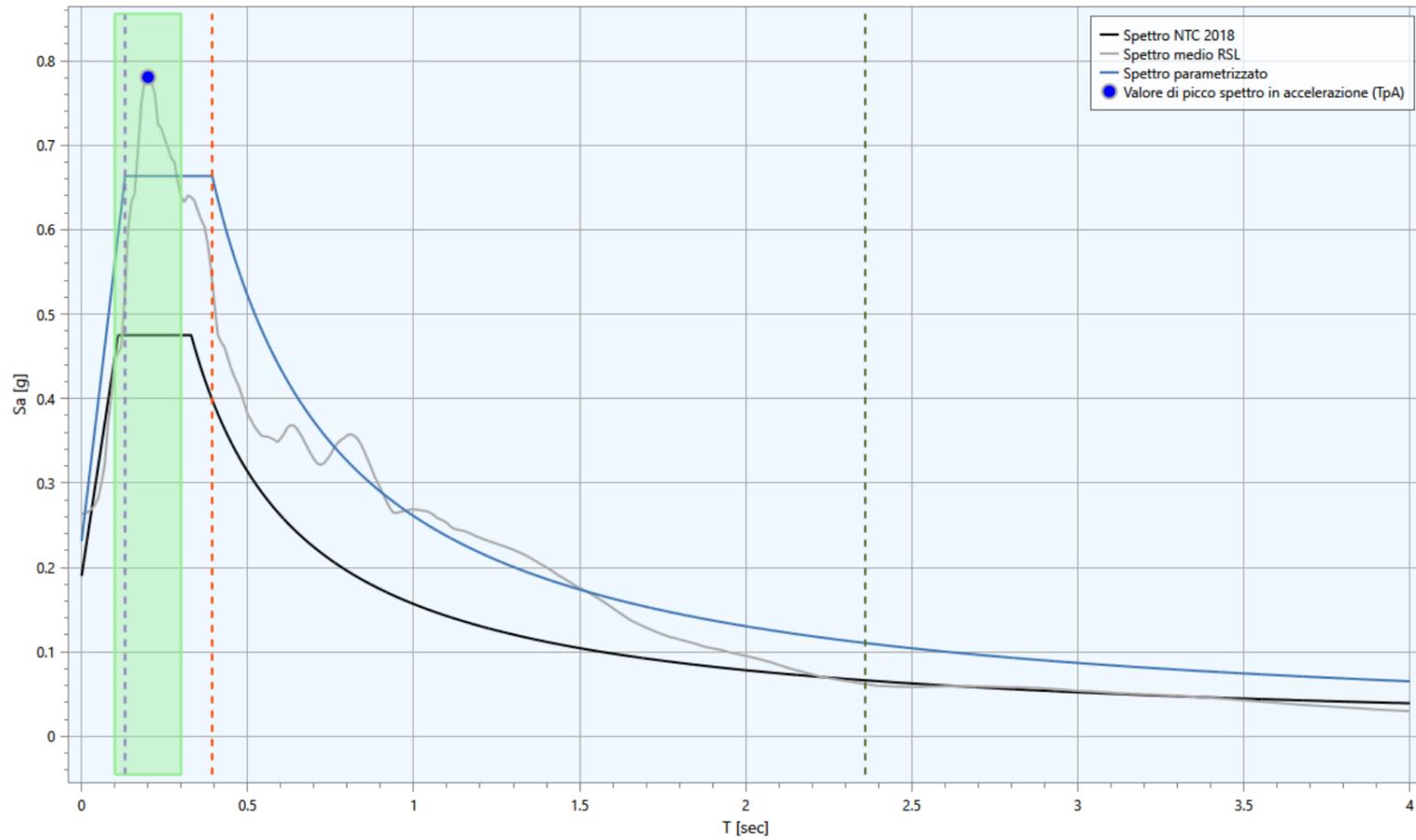
Spettro elastico medio di input (in verde) e di output (in rosso)

SPETTRO ELASTICO SLD



Spettro elastico di risposta medio

Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)



Spettro elastico parametrizzato

Approccio semplificato NTC 2018

A_g [g]	0.190
F_0	2.500
T_c^*	0.330
Categoria stratigrafica	A
Categoria topografica	T1

Parametrizzazione RSL

T_{pA} [sec]	0.200
$0.5 T_{pA}$ [sec]	0.100
$1.5 T_{pA}$ [sec]	0.300
$S_{a,medio}$ [g]	0.663
T_{pV} [sec]	0.830
$0.8 T_{pV}$ [sec]	0.664
$1.2 T_{pV}$ [sec]	0.996
$S_{v,medio}$ [g*s]	0.042
F_0	2.869
S	1.217
T_b [sec]	0.131
T_c [sec]	0.393
T_d [sec]	2.360



COMUNE DI CAPENA
Citta metropolitana di Roma Capitale

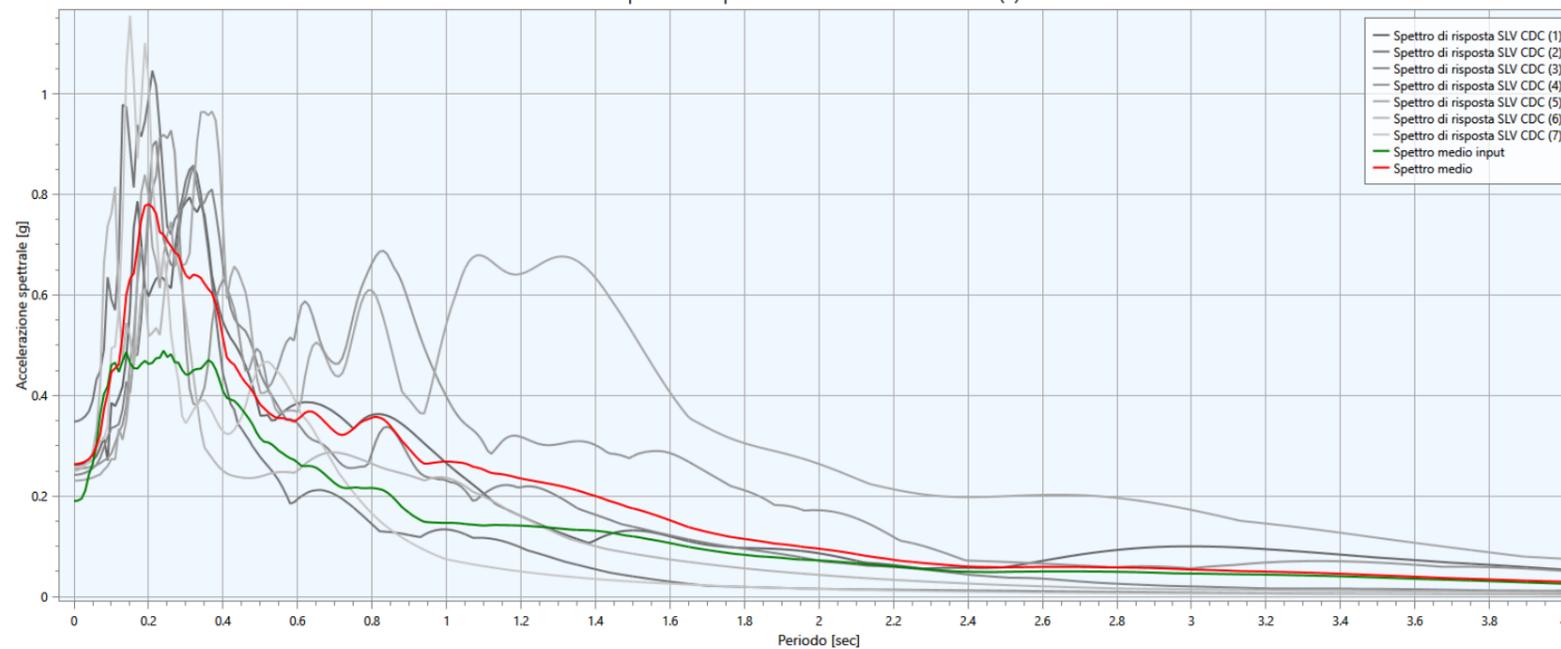
REGIONE LAZIO - LAZIO CREA S.p.A.

RICONVERSIONE FUNZIONALE DELL'EX STABILIMENTO VITI-VINICOLO UBICATO NEL COMUNE DI CAPENA (ROMA) PER LA REALIZZAZIONE DI UN CENTRO LOGISTICO DELLA PROTEZIONE CIVILE REGIONALE E DEL CENTRO REGIONALE PER IL DEPOSITO E DEMATERIALIZZAZIONE DEI DOCUMENTI DELLA REGIONE LAZIO

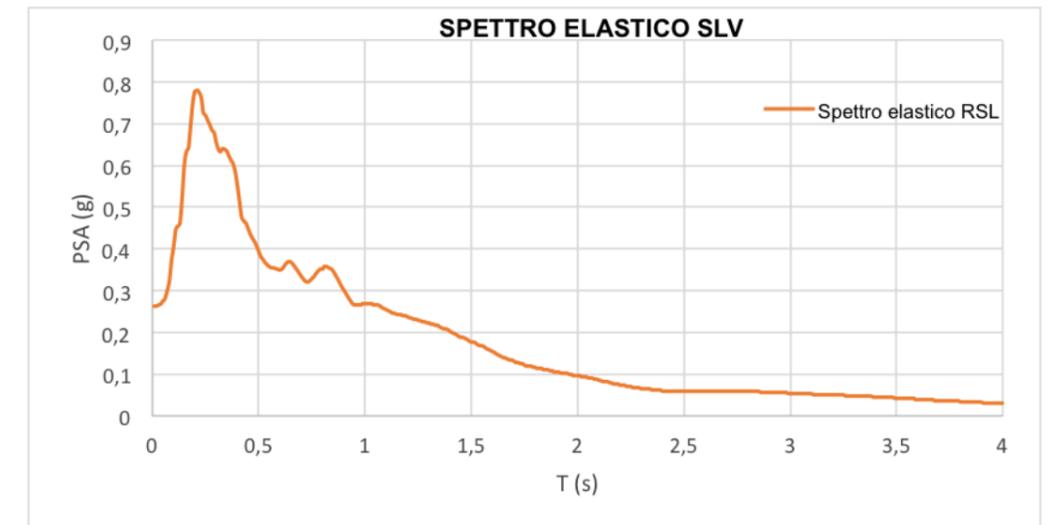
TAVOLA 3rsI
Spettri RSL - SLV

Punto di controllo	A_g [g]	$A_{g,rsl}$ [g]	F_0	S	T_b [s]	T_c [s]	T_d [s]
P (1)	0.190	0.231	2.869	1.217	0.131	0.393	2.360

Spettro di risposta cinematico di controllo P (1)



Spettro elastico medio di input (in verde) e di output (in rosso)



Spettro elastico di risposta medio