



**CITTA' METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE**  
**DIPARTIMENTO I - Direzione -**  
**U.O.T. Progetti Complessi**

***CITTA' DI COLLEFERRO - Realizzazione della nuova sede  
dell'Istituto P.I.A. "Parodi-Delfino"***  
***CUP: F51B20000730001***

**PROGETTO ESECUTIVO**



**Co-Finanziato dall'Unione Europea - NextGenerationEU**

**RELAZIONE GEOLOGICA TECNICA E SISMICA**  
**Ai sensi del D.M. 17/01/2018**  
**"Norme Tecniche per le Costruzioni"**

TAV

23018-E-ST-RS-003

DATA

**II/2024**

Rev.00-VII/2023

REV

01

SCALA

**DIREZIONE DEL DIPARTIMENTO I**

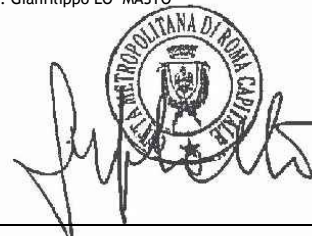
Rup

Ing. Paolo QUATTRUCCI



Direttore dei Lavori:

Arch. Gianfilippo LO MASTO



Il Geologo  
Dott. Enzo Massaro

Resp.Progettazione  
Ing Stefano MILITELLO



SQS Ingegneria s.r.l.  
Via F. Domiziano, 10 -  
00145 - Roma (RM)  
[www.sqsingegneria.it](http://www.sqsingegneria.it)



CONSORZIO

  
Consorzio Innova  
Via G. Papini, 18  
40128 - Bologna (BO)

IMPRESA ESECUTRICE



Conart Scarl  
Via Toscana, 11  
00031 - Artena (RM)





Provincia: **CITTÀ METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE**

Comune: **COLLEFERRO**

Località: **PANTANACCIO**

Progetto: **REALIZZAZIONE DELLA NUOVA SEDE DELL'ISTITUTO P.I.A. "PARODI-DELFINO" – PROGETTO CO FINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA – NEXTGENERATIONEU – CUP: F51B20000730001**

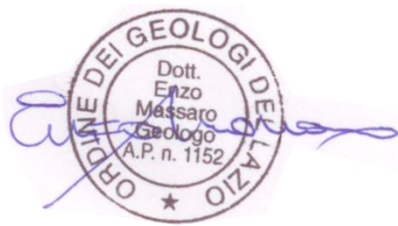
Elaborato: **RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA E SISMICA**  
**Ai sensi d.m. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni"**

Committente: **CITTÀ METROPOLITANA ROMA CAPITALE**

Rup: **ING. PAOLO QUATTRUCCI**

Il tecnico: **GEOL. ENZO MASSARO**

Data: **Luglio 2023**

Timbro: 

**INDICE**

PREMESSA	PAG.	2
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	PAG.	3
INQUADRAMENTO GENERALE E LOCALE		
GEOGRAFICO	PAG.	5
GEOMORFOLOGICO	PAG.	5
GEOLOGICO E STRUTTURALE	PAG.	9
IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO	PAG.	13
CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE		
INDAGINI ESEGUITE	PAG.	16
CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA	PAG.	19
CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA – DPSH	PAG.	20
CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA - SPT	PAG.	26
MODELLAZIONE SISMICA	PAG.	39
MODELLAZIONE GEOLOGICA	PAG.	40
PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	PAG.	41
ANALISI RISPOSTA SISMICA LOCALE - INTERPRETAZIONE RISULTATI		47
CONCLUSIONI		
MODELLO GEOLOGICO-TECNICO E SISMICO	PAG.	59
SCHEDA DI SINTESI	PAG.	62
ELABORATI ALLEGATI		
INDAGINI E PROVE		
STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE		
ANALISI DI LABORATORIO		
PLANIMETRIA INDAGINI ESEGUITE		
SEZIONE GEOLOGICA		
SEZIONE SISMO-STRATIGRAFICA		

## PREMESSA

Su incarico di CITTÀ METROPOLITANA ROMA CAPITALE il sottoscritto, dott. geol. Massaro Enzo iscritto all'Albo dei Geologi del Lazio al n. 1152, redige la presente relazione geologico-tecnica e sismica a conclusione della campagna di indagini eseguita nel territorio comunale della Città di Colleferro (Rm), località "Pantanaccio", all'interno di un'area accessibile da Via del Pantanaccio snc (per l'esatta ubicazione si rimanda agli allegati elaborati grafici).



La presente relazione è stata redatta al fine di definire le caratteristiche geologico-stratigrafiche, idrogeologiche, geomorfologiche, geomeccaniche e sismiche, utili alla ricostruzione di un modello geologico attendibile dei terreni di sedime di un'area interessata dal progetto di realizzazione della nuova sede dell'istituto P.I.A. "Parodi-Delfino" - CUP: F51B20000730001. A tal proposito, su indicazione del RUP ing. QUATTRUCCI Paolo, per la redazione del presente elaborato si è fatto riferimento alla campagna di indagini eseguite dalla soc. TERRA DRILLING TECHNOLOGY S.r.l. Nello specifico, considerato che il territorio della Città di Colleferro (UAS Colleferro) è stato classificato in zona sismica "2B" (DGR 387/2009) e considerato che la classe d'uso della struttura in progetto è la "III" (DGR 489/2012 – Allegato A), questi parametri conferiscono agli interventi un livello di vulnerabilità delle opere "medio", secondo quanto stabilito nello Allegato "C" del R.R. 189 del 2021. Pertanto, in ottemperanza all'allegato succitato, lo studio è stato condotto sulla base delle indagini di seguito indicate, considerate minime ed inderogabili dal regolamento in questione:

- n. 2 sondaggio a carotaggio continuo;
- n. 2 prove penetrometriche super pesanti (DPSH);
- n. 2 stendimenti sismici tipo (M.A.S.W.);
- n. 1 prova geofisica diretta DOWN-HOLE;
- n.1 Misura HVSR;
- n. 2 campioni terreno indisturbato.

## NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- **Legge 02 febbraio 1974, n. 64.**

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- **Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988.**

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Coordinato con la Circ. del Minist. LLPP, 24/09/1988, n. 30483 – Istruzioni per l'applicazione.

- **Ord. P.C.M. del 20 marzo 2003 n. 3274.**

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. e documenti correlati.

- **D.M. 17 gennaio 2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”**

Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018, in aggiornamento al D.M. 14 gennaio 2008 “NTC08 Norme Tecniche per le Costruzioni”.

- **DPR 6 giugno 2001, n.380.**

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia (Testo A).

- **D.G.R. Lazio n.545 del 26 Novembre 2010.**

Linee guida per l'utilizzo degli indirizzi e criteri generali per gli studi di MS nel territorio della Regione Lazio e s.m.

- **Regolamento Regione Lazio del 7 febbraio 2012 n. 2.**

Snellimento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico.

- **D.G.R. Lazio n.489/2012.**

Modifiche all'allegato 2 della DGR n. 387/2009 Classi d'Uso delle strutture.

- **REGOLAMENTO REGIONALE DEL 26 OTTOBRE 2020, N. 26**

Regolamento regionale per la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico. Abrogazione del regolamento regionale 13 luglio 2016, n. 14 e successive modifiche.

- **DGR n. 189 del 13.4.2021**

Adozione del Regolamento Regionale concernente Modifiche al Regolamento Regionale del 26 ottobre 2020, n. 26.

---

## INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

---

## INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

---

## INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE

---

## INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO

---

## INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Amministrativamente l'area in esame ricade nella Regione Lazio, Città Metropolitana di Roma Capitale, Comune di Colleferro. E' ubicata esternamente all'abitato, settore orientale, in località "Pantanaccio", ed è accessibile da Via del Pantanaccio in prossimità del civico 45/A. Dal punto di vista cartografico l'area interessata dagli interventi in progetto è compresa nei seguenti elaborati:

- Foglio 2 della Carta Idrogeologica del Territorio della Regione Lazio in scala 1: 250.000;
- Foglio 151 della Carta Geologica d'Italia "Alatri" in scala 1:100.000;
- Foglio n. 389 della Carta Geologica d'Italia denominata "Anagni" in scala 1:50.000 (progetto CARG);
- Foglio 151 – Tavoletta III S.O. "Colleferro" della Carta Topografica d'Italia in scala 1:25.000;
- Sezione 389050 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000;
- Elemento 389054 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000.

L'area interessata dagli interventi in progetto è inoltre individuabile alle seguenti coordinate (WGS84):

Latitudine N 41.726695;

Longitudine E 13.014969.

## INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE E LOCALE

La morfologia caratterizzante il territorio comunale è per lo più pianeggiante, per la presenza della piana alluvionale del fiume Sacco, con blandi rilievi collinari, tipici delle regioni vulcaniche, con la sommità sub pianeggiante, separati da modeste incisioni vallive a fondo piatto. Fa eccezione un piccolo settore posto più a sud che si presenta più rilevato e accidentato, con quote che raggiungono i 620 metri, poiché impostato sui calcari cretacei. L'idrografia è rappresentata dalla Valle del fiume Sacco che attraversa il territorio comunale da NORD-OVEST a SUD-EST, dividendolo in due settori e da due affluenti (fosso Cavoza e fosso della Mola) che hanno carattere torrentizio e che sono stati in parte cancellati, in quanto "tombati" nelle zone di sviluppo urbano. Il territorio comunale rientra all'interno del sottobacino imbrifero del fiume Sacco che va dalla confluenza con il fosso Savo a quella con il fosso della Valle d'Inferno. Il reticolo idrografico è poco approfondito, con tributari minori, provenienti dai rilievi carbonatici posti a sud, a carattere stagionale, che incidono più o meno approfonditamente le piccole valli che separano le colline.

I pendii delle colline sono generalmente dolci e poco acclivi, solo in poche zone e per lo più per motivi antropici, si assiste ad una rottura di pendio che si presenta come una scarpata pressoché verticale. I terreni di origine vulcanica

affioranti, sono costituiti da cineriti pedogenizzate e rimaneggiate nei termini superiori, quindi da un alternarsi di livelli pozzolanici e tufi litoidi: la conseguenza di tale assetto litologico è che la pendenza dei versanti risulta dolce in corrispondenza dell'affioramento dei prodotti cineritici, mentre è più acclive, fino ad essere sub verticale, in corrispondenza degli orizzonti litoidi.

La morfologia risente molto anche dell'intervento antropico per la presenza di ampie aree estrattive che determinano grandi depressioni squadrate e della discarica di Colle Fagiolaro che costituisce un esteso rilevato artificiale. Inoltre, nel centro storico di Colleferro si sviluppa un reticolo di cunicoli che conduceva ai rifugi antiaerei, posti a protezione dalle incursioni aeree durante il secondo conflitto mondiale (i rifugi antiaerei erano un tempo cave da cui era ricavata la pozzolana).

Il territorio si presenta stabile dal punto di vista geomorfologico, ad eccezione delle scarpate nel tufo, che al momento del rilevamento non presentavano indizi di fenomeni di crolli attivi, e di alcuni piccoli settori ubicati nell'estremo nord del territorio comunale, in cui sono presenti dei fenomeni di dissesto quiescenti identificabili in scivolamenti rotazionali traslativi. Anche nel settore sud e nel centro storico si trovano aree poco estese con la stessa fenomenologia, il cui stato di attività è comunque quiescente. Infine, alcuni fossi, nel settore meridionale del Comune si mostrano in approfondimento e sono presenti due doline, delle quali una, in località Fondo Valle del Tufo, è indicata come sinkhole nel database dei sinkholes censiti nella Regione Lazio dall'Ufficio geologico e sismico regionale e dall'ISPRA.

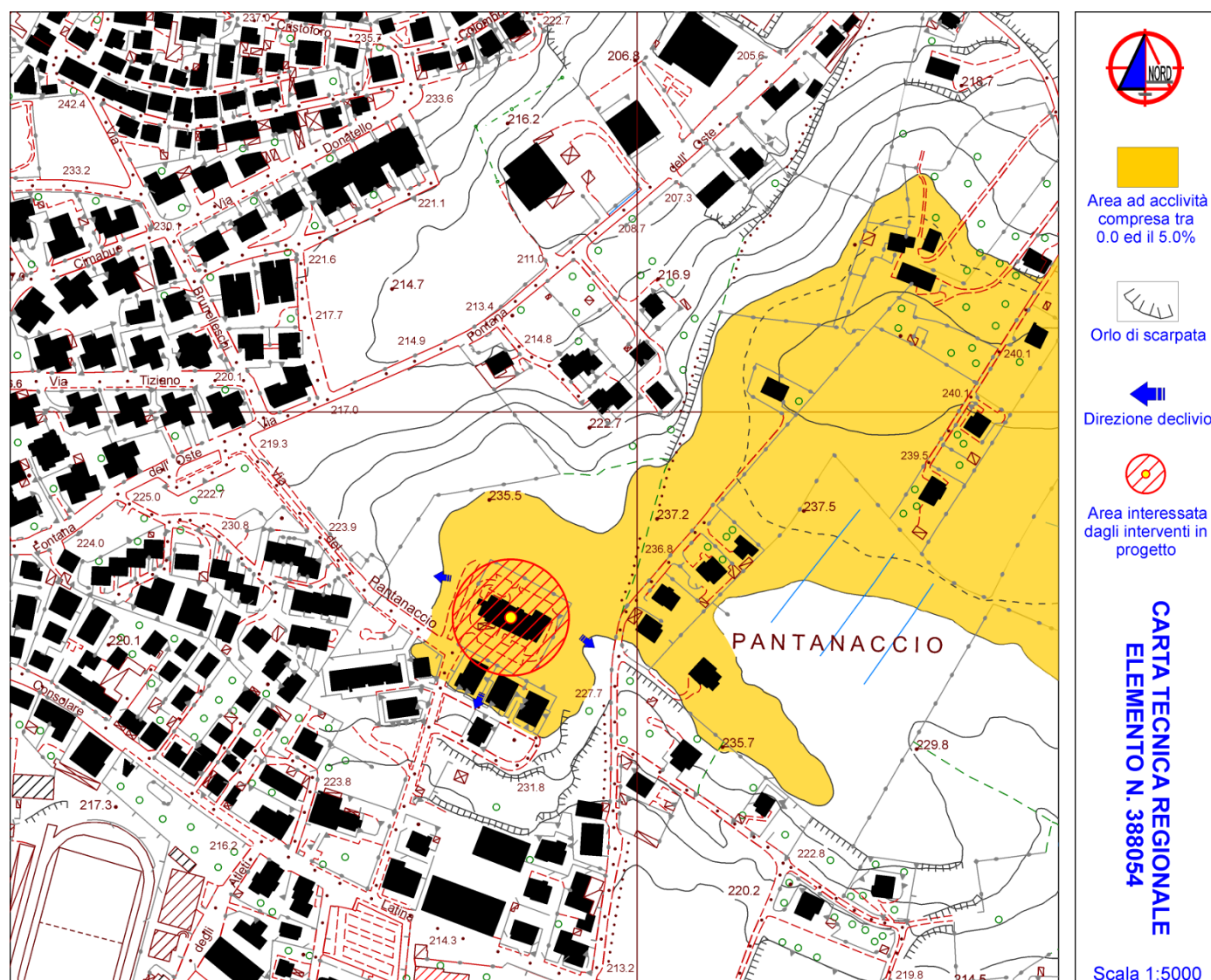
L'area in studio ricade nel territorio dell'Autorità di bacino nazionale del Liri Garigliano Volturno che ha approvato il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Rischio frane (PsAI-rF) con D.P.C.M. 12/12/2006. Il PsAI riporta le situazioni di pericolo connesse alla presenza di frane già rilevate e cartografate ai sensi del DPCM 29/09/1998 dall'Autorità di bacino e le uniche aree potenzialmente instabili perimetrate, oltre a quelle indicate sopra, sono rappresentate dalla parte alta dei tributari minori del Sacco e da una piccola conoide nel settore sud-est del territorio comunale. Tuttavia, sia la densità che il numero degli eventi di frana è classificabile come bassa (anche il progetto AVI riporta solo 3 eventi di frana, tutti lungo il corso del fiume Sacco).

Relativamente all'area in esame, i cui caratteri morfologici originali risultano in parte alterati dall'azione antropica espletatasi attraverso la realizzazione di diversi manufatti a destinazione perlopiù residenziale, questa si presenta nel complesso sub-pianeggiante, con leggero declivio in direzione W-S-E. L'altimetria oscilla tra i 235 ed i 240 m s.l.m.; le pendenze, contenute entro il 5%, consentono di inquadrare il sito nella classe di acclività compresa tra 0 e 15° corrispondente alla categoria T1, ovvero comprendente quelle aree caratterizzate da una superficie pianeggiante,



pendii e rilievi isolati. Le acque meteoriche e di risulta ricadenti nell'area e che non si infiltrano nel terreno vengono intercettate dal sistema di caditoie esistente e convogliate nella rete delle acque chiare comunale.

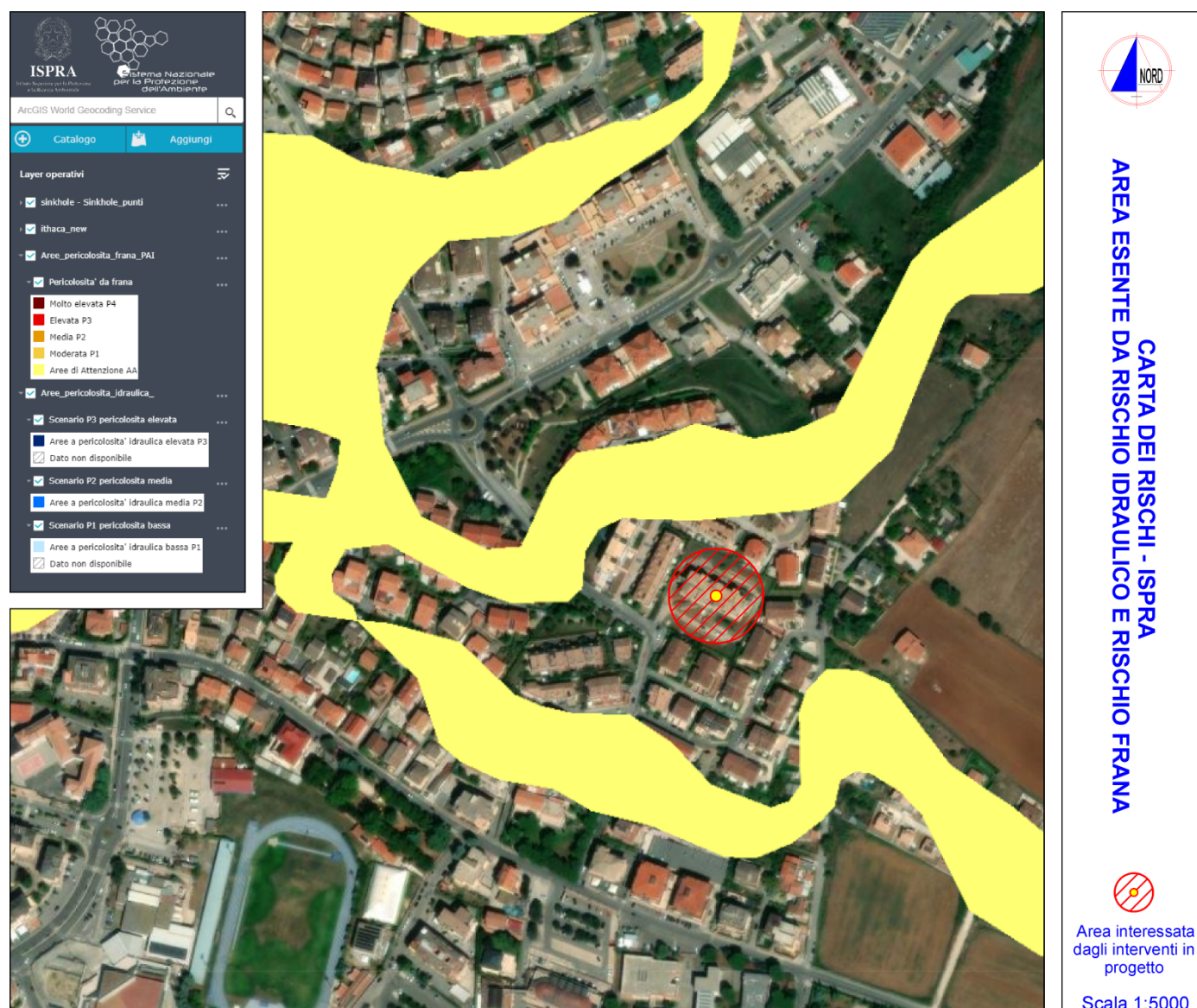
Riguardo la stabilità del sito le indagini condotte hanno evidenziato discreti requisiti geomorfologici del settore. Non si ravvisano, nel sito o nei suoi immediati dintorni, tracce di processi morfogenetici in atto. L'area di intervento non è interessata da dissesti o fenomeni gravitativi né si sono osservate altre dinamiche morfoattive. Non si individuano nel sito condizioni tali da costituire pericolo in caso di amplificazione locale del moto sismico.



L'area come già precedentemente anticipato rientra per competenza, relativamente alle problematiche derivanti dall'assetto idrogeologico, nell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Liri-Garigliano e Volturno, per la cui pianificazione lo strumento adottato è il PAI (Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico) secondo il quale il sito in esame non ricade all'interno di aree soggette a rischio idraulico, frane ed inondazioni e pertanto non si applicano le



prescrizioni contenute nelle Norme Tecniche di Attuazione con conseguenti limitazioni alle attività di trasformazione del territorio. L'elaborato grafico di seguito allegato si evidenzia l'ubicazione dell'area d'intervento rispetto ad aree censite a pericolosità da frana "AA" (aree d'attenzione, campitura gialla).

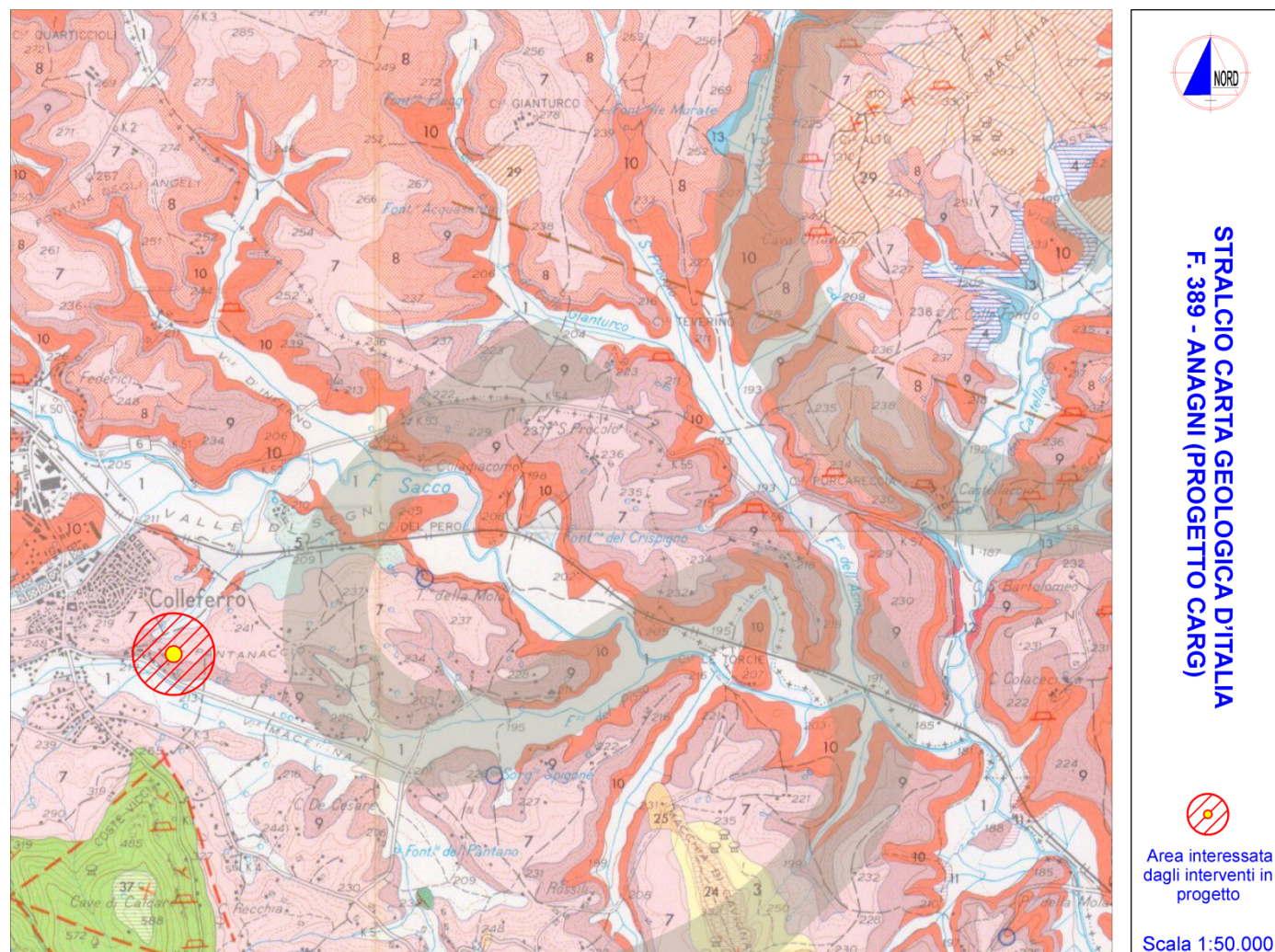


Non sussistono allo stato attuale dei processi in essere, altri elementi morfologici meritevoli di rilievo ai fini della presente relazione.



## INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE GENERALE

Dal punto di vista geologico, l'area in studio è compresa nei fogli 151 "Alatri" e 150 "Roma" della Carta Geologica d'Italia, a scala 1:100.000. Inoltre, la parte più orientale è coperta dal foglio 389 "Anagni" della nuova Carta Geologica d'Italia, a scala 1:50.000 del quale di seguito si allega uno stralcio.



Vi affiorano prevalentemente i depositi piroclastici provenienti dal Complesso vulcanico dei Colli Albani che hanno colmato la paleovalle del fiume Sacco e dei suoi tributari, arrivando a lambire le formazioni carbonatiche cretacee della piattaforma laziale abruzzese. La fascia centrale del territorio comunale, invece, attraversata dal fiume Sacco, è caratterizzata dalla presenza delle alluvioni attuali e recenti deposte dal fiume. Infine, limitatamente ad una piccola porzione del settore sud del territorio comunale, si trovano i calcari.

La successione stratigrafica dell'area, quindi, è schematicamente rappresentata dalle seguenti formazioni (dalla più antica alla più recente): calcari di piattaforma del Cretacico, depositi alluvionali e palustri della paleovalle del fiume

Sacco prevulcanici, piroclastiti di età pleistocenica appartenenti ai prodotti del Vulcano Albano, depositi eluviali e colluviali derivanti dal rimaneggiamento dei depositi vulcanici in ambiente continentale, alluvioni attuali e recenti del Fiume Sacco e dei suoi affluenti.

La dorsale calcarea è disposta secondo un andamento appenninico ed interessata da due sistemi di faglie principali, prevalentemente di tipo diretto: il sistema orientato NW-SE, che attraversa le serie calcaree e borda la dorsale ad est ed ovest, e i sistemi orientati circa E-W, che segnano il limite tra le successioni carbonatiche di piattaforma e i depositi pleistocenici sul bordo settentrionale, e che ribassano i carbonati al di sotto dei depositi piroclastici (con rigetti di centinaia di metri). I calcari interessano la parte più a sud del territorio comunale, che corrisponde al versante più orientale della catena dei Monti Lepini. Inoltre affiorano in un piccolo lembo sollevato del substrato carbonatico, in località "Casale Colferro".

In una buona parte del settore centrale del territorio comunale le stratigrafie dei sondaggi disponibili mostrano che al di sotto della serie vulcanica si trovano estesi depositi di argille, ghiaie e sabbie, interpretate come depositi di pianura alluvionale con episodi palustri. Si trovano, inoltre, estese placche di travertino, con spessori anche superiori ai 30 metri, legati ad una circolazione idrotermale profonda. Tali depositi si dispongono in modo da evidenziare una morfologia dell'area pre-Sacco sensibilmente diversa dall'attuale, modificatasi a seguito della comparsa, 600.000 anni fa, dell'edificio centrale del Tuscolano Artemisio.

Il vulcano Laziale, il più meridionale dei distretti vulcanici presenti nella regione Lazio, ha avuto il massimo dell'attività eruttiva nella fase iniziale, detta Tuscolano-Artemisia, che comprende quattro cicli, ognuno dei quali è caratterizzato dalla messa in posto di colate piroclastiche, e di piroclastiti e lave a chiusura dell'attività.

Durante il primo ciclo vengono eruttate almeno tre colate piroclastiche in rapida successione, seguite da un'ingente fase effusiva maggiormente concentrata nel settore sud occidentale del Vulcano. Il secondo ciclo comprende l'eruzione più importante del Vulcano Laziale, che ha portato alla messa in posto di un imponente unità in colata piroclastica: Pozzolane Rosse o di San Paolo. Tale unità, nota per le sue proprietà pozzolaniche dai costruttori di ogni tempo, è costituita essenzialmente da scorie rosso brune, violacee o nere. Segue, dopo una debole intercalazione di lapilli (Conglomerato giallo) e di tufi "terrosi", la Pozzolana nera o media o delle Tre Fontane. La formazione della Pozzolana rossa dovuta ad una violentissima esplosione, ha coperto estesamente le zone circostanti l'apparato laziale. I prodotti di questa esplosione, in quasi tutte le zone più lontane dal centro di emissione, assumono l'aspetto e le proprietà tipiche delle pozzolane e presentano un colore rosso violaceo; per questa ragione sono spesso indicati come Pozzolana rossa.

Il terzo ciclo comprende ancora l'eruzione di un'unità in colata piroclastica, simile alla precedente, ma notevolmente ridotta sia in estensione che in volume. L'ultimo ciclo, datato intorno ai 360.000 anni, emette un'unità in colata piroclastica che comprende due unità di flusso molto note in letteratura per il loro utilizzo a scopi pratici e denominate Tufo lionato e tufo di Villa Senni.

Questa ingente eruzione determina la fine dell'attività dell'edificio Tuscolano-Artemisio, la cui parte sommitale crolla accompagnata da un ingente lancio di scorie e di lapilli con effusioni laviche subordinate.

Seguono attività finali che non arrivano ad interessare l'area in studio caratterizzata per lo più dalla presenza delle piroclastiti del secondo ciclo del Tuscolano-Artemisio. A nord del fiume Sacco, limitatamente alla sommità di alcune colline, si rinvenivano anche i prodotti del terzo ciclo e, più in particolare, il Tufo lionato.

I depositi vulcanici risultano quasi sempre ricoperti da una coltre di depositi limo-argillosi, di origine sedimentaria, associati a terreni vulcanici rimaneggiati, sempre a granulometria limo-argillosa, con spessore consistente nelle depressioni morfologiche e nelle fasce a ridosso dei corsi d'acqua e ridotto a 1-2 metri nelle zone più elevate.

Sul fondovalle del fiume Sacco e dei suoi affluenti sono presenti le alluvioni fluviali recenti, limose e sabbiose e nel centro abitato, quasi ovunque, sono presenti riporti antropici di spessore variabile.

Nel dettaglio, le formazioni che affiorano nell'area in studio, dall'alto verso il basso, sono:

Alluvioni ghiaiose, sabbiose e argillose

Alluvioni ghiaiose sabbiose e argillose recenti e attuali dei fondovalle. Depositi eluviali e colluviali, costituiti per lo più da terreni limoso-argillosi e sabbiosi, dilavati, rimaneggiati ed argillificati. Lo spessore riscontrato nei sondaggi raggiunge i 20 metri.

Vulcaniti

Le vulcaniti sono rappresentate da livelli di piroclastiti a granulometria grossolana, di vari colori, distintamente stratificate, a volte argillificate, ricche in minerali femici, alternate a cineriti a granulometria da siltitica ad arenitica deposti sia alla periferia dell'area vulcanica sia sui rilievi mesozoici, durante tutto il periodo dell'attività esplosiva dei diversi apparati del Vulcano Laziale, e rimaste per lungo tempo soggette ai processi di pedogenizzazione. I paleosuoli che si trovano intercalati alle piroclastiti testimoniano i periodi di stasi dell'attività vulcanica. All'interno si trovano anche limitate intercalazioni di colate piroclastiche, sotto forma di espandimenti, che colmavano le paleovalli; queste colate presentano una facies superiore di aspetto pozzolanaceo, dotata di consistenza semilitoide. A nord del fiume Sacco le cineriti sono sovrastanti o eteropiche a piroclastiti leucitiche, giallognole, litoidi e vacuolari, con matrice da cineritica a

micropomicea, alla base nerastre e di aspetto pipernoide (Tufo litoide lionato Auct.). Lo spessore riscontrato nei sondaggi raggiunge i 36 metri.

#### Pozzolane e Tufi

Piroclastiti di natura leucititica massive ed incoerenti, a matrice scoriaceo-pozzolanacea, localmente con fenomeni di risaldatura delle scorie, sottostanti le vulcaniti: nella facies superiore grigiastre e di aspetto pozzolanaceo, nella facies basale marroni o violette e litoidi. Lo spessore riscontrato nei sondaggi raggiunge i 70 metri.

#### Depositi alluvionali e palustri prevulcanici

Depositi di pianura alluvionale e di palude antichi, costituiti da argille, ghiaie e sabbie con, intercalate, estese placche di travertino. Tali depositi non affiorano nell'area in studio ma sono stati rinvenuti solo nelle perforazioni per i pozzi. Lo spessore riscontrato raggiunge i 160 metri.

#### Calcari

Nel settore in esame affiorano per lo più due tipi di calcari di piattaforma:

- Calcari biancastri e grigiastri a luoghi marnosi o dolomitici, con livelli di marne. Sono presenti coralli, nerinee, rudiste e foraminiferi del Cenomaniano -Turoniano.
- Calcari bianchi e brecciole, calcari avana a luoghi dolomitici con intercalazioni di argille verdi, fossiliferi con contenuto macrofaunistico a rudiste. L'età è riferibile al Luteziano-Turoniano.



## INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO

Il corso d'acqua principale dell'area è rappresentato dal Fiume Sacco, la cui zona sorgentizia è posta sul fianco orientale dei Castelli Romani e su quello meridionale dei Monti Prenestini; esso, dopo un percorso di circa 80 km, sfocia nel Fiume Liri (sulla destra idrografica), a sua volta affluente di destra del Garigliano (con foce nel Mar Tirreno, in corrispondenza del Golfo di Gaeta) (Fig. 1a). Circa metà dell'asta fluviale del Sacco si sviluppa nell'area di studio, scorrendo da NW verso SE, con un alveo di ampiezza variabile. I principali affluenti sono: il Fosso del Pisso, il Fosso Mellone, il Torrente il Rio, il Fosso le Brecce, in destra idrografica; il Fosso delle Fontane, il Fosso della Sanguinara, il Fosso dell'Asino, il Fosso del Castellaccio, il Rio S. Maria, il Torrente Alabro e il Fosso Cenica, in sinistra idrografica. Appena fuori dall'area del Foglio "Anagni", a Sud-Est, sempre in sinistra idrografica, confluisce nel Sacco il suo più importante tributario, il Fiume Cosa, che percorre, in direzione circa meridiana, l'estrema porzione nord-orientale dell'area di studio. Dal punto di vista idrogeologico si trovano delle falde sospese nei depositi alluvionali e vulcanici, in quanto costituiti da un'alternanza di livelli permeabili e livelli impermeabili, che determinano una circolazione idrica sotterranea su più livelli, a volte interconnessi.

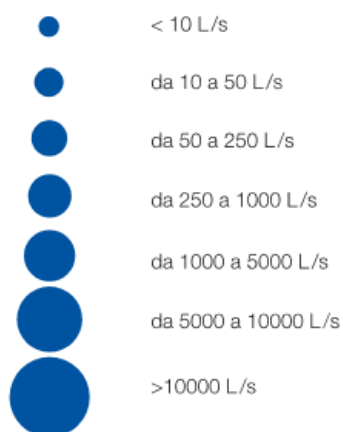
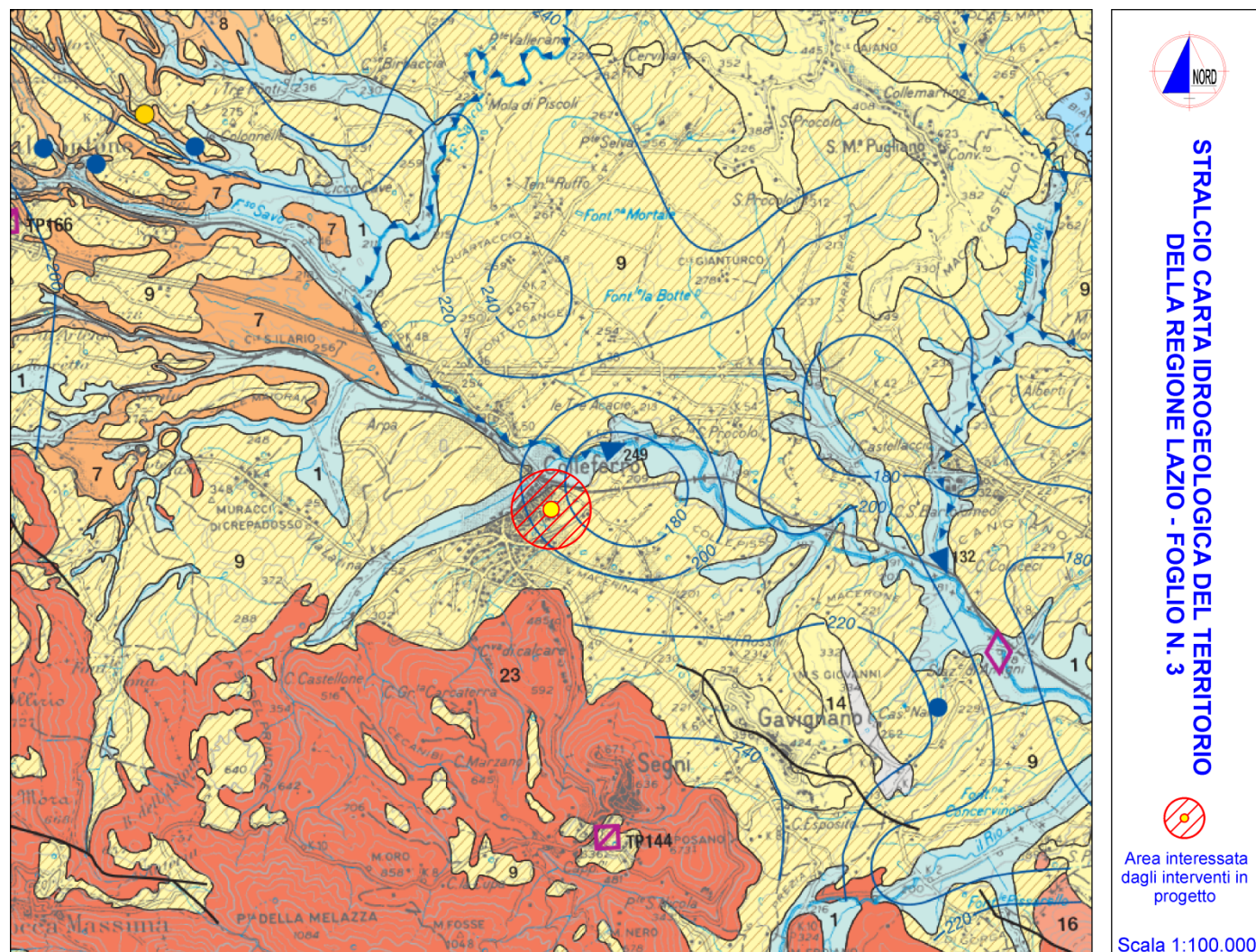
a falda regionale si trova, invece, a più di 50 metri di profondità, per lo più all'interno di orizzonti di travertino, ed è connessa ai sistemi acquiferi che caratterizzano la successione carbonatica. L'area di fondovalle, comprendente il centro abitato, è caratterizzata da una circolazione idrica superficiale localizzata nei terreni di copertura e vulcanici con livello variabile in relazione al regime idrologico del fiume, che sembra svolgere un'azione drenante nei confronti dei sistemi acquiferi superficiali.

La falda superficiale ubicata negli orizzonti ghiaioso-sabbiosi di origine alluvionale talora si presenta confinata o semiconfinata. L'estrema variabilità litostratigrafica locale fa sì che si rilevino livelli della falda superficiale molto diversi anche in sondaggi limitrofi e pertanto si rende necessaria l'esecuzione di indagini mirate e puntuali per individuare e caratterizzare in modo significativo l'andamento delle acque sotterranee nella pianura.

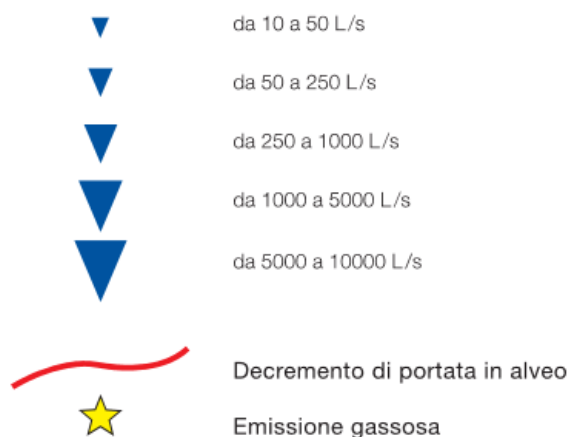
Le circolazioni idriche a quote più alte nei depositi vulcanici, danno invece origine a piccole sorgenti sospese, di portata inferiore a 0,2 l/s, sfruttate anche da numerosi pozzi romani scavati per usi agricoli. La falda superficiale si rinviene generalmente entro i 5-6 metri dal piano campagna.

Informazioni in possesso del sottoscritto e che trovano conferma nella cartografica ufficiale [Capelli G., Mazza R. et Alii, 2012, Foglio 02 della Carta Idrogeologica della Regione Lazio in scala 1:100.000] evidenziano la presenza nel sottosuolo in esame di una circolazione idrica di base relativamente profonda il cui livello statico si attesta ad una quota assoluta compresa tra i 180 ed i 200 m s.l.m.

Non si esclude comunque la presenza di circolazioni idriche più superficiali e di minore entità legate al regime pluviometrico stagionale.



Classi di portata portata media misurata (L/s)



---

## INDAGINI ESEGUITE

---

CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA

---

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

---

MODELLAZIONE SISMICA

---

MODELLAZIONE GEOLOGICA

---

PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

---

SINTESI STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

---



## INDAGINI ESEGUITE

Per la valutazione delle caratteristiche stratigrafiche e l'acquisizione di dati relativi ai parametri geomeccanici utili alla ricostruzione di un modello geologico attendibile del sottosuolo dell'area, su indicazione del RUP ing. QUATTRUCCI Paolo si è fatto riferimento alla campagna di indagini eseguite nel 2022 dalla soc. TERRA DRILLING TECHNOLOGY S.r.l. Il programma d'indagini allora eseguite tiene in debita considerazione il quadro normativo nazionale e regionale, e le caratteristiche peculiari dell'area di studio, con particolare riferimento agli aspetti geolitologici. Segue una breve descrizione sulle modalità operative di esecuzione delle indagini.

### 1 - SONDAGGI STRATIGRAFICI

Per l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo è stata utilizzata un'attrezzatura a rotazione, a circolazione diretta di fluidi, utilizzando il sistema di perforazione tradizionale ad "aste e carotiere" del diametro di 101 mm. Durante il corso della perforazione, i materiali estratti sono stati alloggiati in apposite cassette catalogatrici in PVC a scomparti, per la misurazione e catalogazione del terreno ed il rilievo della successione litostratigrafica. Le casse sono state inoltre fotografate e lasciate sul posto, opportunamente protette dai relativi coperchi, per l'eventuale visione e disamina da parte degli organi competenti. Nel sondaggio, spinto fino alla profondità di 30 m dal p.c., una volta ultimato è stato inserito per tutta la sua lunghezza un tubo in PVC da 2.5" pollici. L'intercapedine compresa tra il tubo in PVC ed il foro è stata riempita con sabbia. Nei giorni a seguire è stata eseguita la prova sismica diretta denominata Down Hole.

### 2 - SPT (STANDARD PENETRATION TEST)

La prova SPT, per la cui esecuzione ci si è avvalsi della sonda con la quale sono stati eseguiti i sondaggi, consiste nell'infiggere un particolare campionatore (a punta chiusa o punta aperta, a seconda dei materiali che s'intende indagare) per 45 cm sul fondo foro del sondaggio; l'energia di penetrazione viene fornita da un maglio del peso di 63,5 kg a caduta ciclica da un'altezza costante di 76 cm. Il risultato  $N_{spt}$ , numero di colpi misurato negli ultimi 30 cm d'infissione (i primi 15 vengono scartati perché necessari per l'attraversamento del terreno "rimaneggiato", residuo della perforazione), consentirà attraverso l'utilizzo di opportune relazioni, in via indiretta, la determinazione dei principali parametri di resistenza limite specifica dei livelli attraversati. Tale metodo risulta attendibile per i terreni a comportamento granulare, mentre risulta di dubbia attendibilità per i terreni a comportamento principalmente coesivo (argilla e argilla limosa). Il valore di NSPT è dato dalla somma dei colpi ottenuti nel 2° e 3° tratto; un numero di colpi > a 50 per l'infissione di uno dei tre tratti da 15 cm determina il "rifiuto" e quindi la fine della prova.

### 3 – PRELIEVO DI N. 2 CAMPIONI DI TERRENO INDISTURBATO E RELATIVE ANALISI DI LABORATORIO

Ad integrare le SPT eseguite si è proceduto al prelievo ed alla analisi di n. 2 campioni di terreno indisturbato. I campioni, dopo essere stati sigillati su entrambi i lati esposti attraverso uno strato di paraffina al fine di conservare l'umidità del terreno, sono stati poi conferiti presso il laboratorio geotecnico autorizzato presso il quale sono state effettuate le analisi richieste e per le cui risultanze si rimanda agli elaborati allegato in calce alla presente relazione.

### 4– DPSH (DYNAMIC PROBING SUPER HEAVY)

Le prove penetrometriche consistono nell'infiggere nel terreno una punta conica per tratti consecutivi da 20 cm, misurando il numero di colpi (Ndpt) necessari. L'elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il sottosuolo attraversato con una immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e un'eventuale correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica. Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi 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 (Ndpt) con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da  $N_{spt} = \beta_t N$ , dove  $\beta_t = Q/Q_{spt}$  ed 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 applicando la relazione di seguito indicata:

$$Q = (M^2 H) / A \delta (M + M')$$

$M$  = peso massa battente;

$H$  = altezza di caduta;

$M'$  = peso aste;

$A$  = area base punta conica.

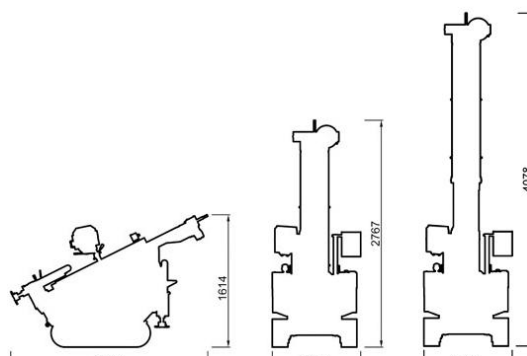
$\delta$  = passo di avanzamento;

Di seguito le caratteristiche salienti della sonda DPSH TG 63-100 della Pagani Geotechnical Equipment S.r.l. utilizzata nel cantiere in oggetto.

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.6 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.3 Kg/m
Profondità giunzione prima	0.40 m
asta Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90°



Strumento utilizzato

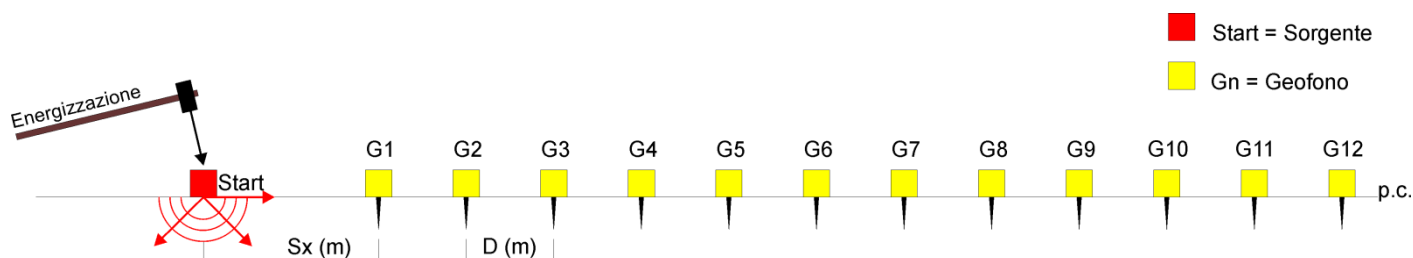


Dimensioni strumento utilizzato

Per quanto riguarda l'elaborazione del dato acquisito in cantiere si è fatto riferimento al programma di calcolo automatico "Dynamic Probing" della *GeoStru Software S.a.s.*, nel quale viene calcolato il rapporto delle energie trasmesse (coeff. di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da *Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Borowczyk-Frankowsky 1981*, consentendo, inoltre, di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

#### 5 – STENDIMENTI SISMICI M.A.S.W. (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)

Per la determinazione del parametro Vs30 sono stati eseguiti n. 2 stendimenti MASW ubicati, come da planimetria allegata, nell'area interessata dagli interventi in progetto. Il metodo MASW è una tecnica di indagine geofisica che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali (Vs), basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. E' basato su un energizzazione sismica artificiale del suolo e sull'analisi spettrale delle onde di Rayleigh presenti nel segnale, consentendo di ricostruire il modello sismo-stratigrafico del sottosuolo. Viene utilizzato per la definizione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio nei primi 30 m di terreno. Nel cantiere in esame sono stati utilizzati 12 geofoni distanti tra loro  $D = 1.5$  m, con offset di energizzazione ( $S_x$ ) pari ad 3 m.



La strumentazione utilizzata per l'esecuzione dello stendimento è costituita da un sismografo multicanale A6000S prodotto dalla soc. M.A.E. S.r.l. Per l'interpretazione del dato acquisito è stato utilizzato il software *WinMASW Academy* ([www.eliosoft.it](http://www.eliosoft.it)).

#### 6 – PROVA SISMICA DIRETTA DOWN-HOLE

La prova sismica in foro di tipo down-hole viene realizzata lungo la verticale dei fori di sondaggio appositamente predisposti, attraverso l'uso di geofoni da pozzo di tipo tridimensionale ed opportuni sistemi di energizzazione. Il metodo down-hole prevede la sorgente energetica in superficie ed i sensori all'interno del perforo. Si adoperano geofoni particolarmente assemblati per essere calati e fissati a profondità via via crescenti contro la parete di un perforo opportunamente condizionato; energizzando il terreno in superficie e misurando i tempi di arrivo del primo

impulso ai geofoni, si ha la possibilità di determinare la velocità dei litotipi riscontrati nella perforazione ed i loro moduli elastici. La sorgente energetica deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza e ricche di energia, con forme d'onda direzionali, cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani verticali.

#### 7 - HVSR (HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO – METODO NAKAMURA)

La tecnica d'indagine sismica passiva HVSR è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. L'utilizzo di algoritmi di calcolo finalizzati ad una modellizzazione sintetica dello spettro H/V, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo (per esempio i cambi litologici). I dati che si possono ricavare per ciascun livello individuato sono gli spessori, le profondità e la velocità di propagazione delle onde di taglio.

#### CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA LOCALE

I sondaggi eseguiti hanno consentito di caratterizzare i terreni di sedime del sottosuolo in esame dal piano campagna fino alla profondità massima di 35 m. Nella tabella che segue sono indicate le formazioni intercettate durante la perforazione eseguita ed i relativi spessori.

CARATTERI LITOSTRATIGRAFICI LOCALI				
Livello	Da (m)	A (m)	Spess. (m)	Descrizione litologica
1	0.00	11.5	11.5	Limi argillosi e Limi sabbiosi di colore grigio e grigio-rossastro. Diffuse sono le velature ocracee e nerastre. Si rinvencono, specie negli intervalli più sabbiosi, calcinelli millimetrici. A varie altezze si rilevano livelli cm di piroclastiti.
2	11.5	21.4	9.90	Sabbie limose e, talora, limi sabbiosi di colore grigio e grigio scuro. A varie altezze si rinvencono orizzonti prettamente scagliosi. Nella parte basale la colorazione assume sfumature rossastre.
3	21.4	27.0	5.60	Limi argillosi debolmente sabbiosi ed argille limose grigie con diffuse velature nerastre.
4	27.0	35.0	8.00	Sabbie limose e limi sabbiosi marroncini con diffusi calcinelli da millimetrici a centimetrici. Nella parte basale la colorazione assume sfumature grigiastre.

**CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA - DPSH**

Per la caratterizzazione geomeccanica dei terreni costituenti il volume significativo della struttura in progetto si è fatto riferimento alle risultanze delle due DPSH eseguite dalla soc. TERRA DRILLING TECHNOLOGY. Di seguito, per ciascuna penetrometrica eseguita e per ciascun livello individuato sono indicati i relativi parametri fisici e meccanici.

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (KPa)**

	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	10,53	2,00	69,73	129,06	49,03	41,29	101,40	200,06	91,20	121,90	51,58	156,61	129,06
[2] - Strato	4,51	10,00	27,65	55,31	24,52	17,95	42,95	64,82	40,01	75,41	22,16	0,00	55,31
[3] - Strato	21,06	11,00	139,45	258,11	98,07	79,73	204,47	221,14	174,36	213,98	103,26	207,02	258,11

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - Strato	10,53	2,00	Robertson (1983)	2,07
[2] - Strato	4,51	10,00	Robertson (1983)	0,88
[3] - Strato	21,06	11,00	Robertson (1983)	4,13

**Modulo Edometrico (Mpa)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato	10,53	2,00	4,74	--	10,71	10,33
[2] - Strato	4,51	10,00	2,03	6,63	4,69	5,53
[3] - Strato	21,06	11,00	9,48	--	21,24	20,65

**Modulo di Young (Mpa)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato	10,53	2,00	9,87	10,33
[2] - Strato	4,51	10,00	3,09	4,42
[3] - Strato	21,06	11,00	21,75	20,65

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
[1] - Strato	10,53	2,00	Meyerhof	19,42
[2] - Strato	4,51	10,00	Meyerhof	16,97
[3] - Strato	21,06	11,00	Meyerhof	20,59

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
[1] - Strato	10,53	2,00	Meyerhof	21,38
[2] - Strato	4,51	10,00	Meyerhof	18,34
[3] - Strato	21,06	11,00	Meyerhof	20,79

RICHIEDENTE: CITTÀ METROPOLITANA ROMA CAPITALE

LUGLIO 2023

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
[1] - Strato	10,53	2,00	Meyerhof	21,38
[2] - Strato	4,51	10,00	Meyerhof	18,34
[3] - Strato	21,06	11,00	Meyerhof	20,79

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	10,53	2,00	Ohta & Goto (1978) Limi	102,8
[2] - Strato	4,51	10,00	Ohta & Goto (1978) Limi	125,45
[3] - Strato	21,06	11,00	Ohta & Goto (1978) Limi	182,46

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	10,53	2,00	37,93	71,91	80,61	34,15
[2] - Strato	4,51	10,00	10,32	33,35	34,39	19,52
[3] - Strato	21,06	11,00	31,14	59,94	62,21	52,77

**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	10,53	2,00	10,53	30,01	23,01	30,95	32,33	33,87	38,07	<30	27,57	30,16	38,8	29,51
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	28,29	21,29	29,26	27,26	31,46	0	<30	23,22	28,35	28,01	24,5
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	33,02	26,02	33,9	28,56	37,38	36,39	30-32	32,77	33,32	38,44	35,52

**Modulo di Young (Mpa)**

	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	10,53	2,00	10,53	22,71	8,26	12,25	25,40	12,52
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	---	3,54	---	---	---
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	32,12	16,52	24,44	33,14	17,68

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] - Strato	10,53	2,00	10,53	Meyerhof ed altri	17,16
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	Meyerhof ed altri	14,91
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	Meyerhof ed altri	19,71

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] - Strato	10,53	2,00	10,53	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,83
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,44
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,52

RICHIEDENTE: CITTÀ METROPOLITANA ROMA CAPITALE

LUGLIO 2023

**Modulo Edometrico (Mpa)**

	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	10,53	2,00	10,53	6,20	4,81	7,33	8,33
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	---	3,60	3,14	5,70
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	12,39	6,94	14,66	12,94

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	10,53	2,00	10,53	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	10,53	2,00	10,53	58,28	51,66
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	26,26	30,77
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	111,81	78,90

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	10,53	2,00	10,53	Ohta & Goto (1978) Limi	102,8
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	Ohta & Goto (1978) Limi	125,45
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	Ohta & Goto (1978) Limi	182,46

**Liquefazione**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Strato	10,53	2,00	10,53	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato	10,53	2,00	10,53	Navfac 1971-1982	2,22
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	Navfac 1971-1982	0,87
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	Navfac 1971-1982	4,23

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - Strato	10,53	2,00	10,53	Robertson 1983	2,07
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	Robertson 1983	0,88
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	Robertson 1983	4,13



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (KPa)**

	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	6,02	1,00	36,87	73,75	24,52	23,93	57,57	114,35	53,15	86,69	29,52	92,77	73,75
[2] - Strato	6,02	11,20	36,87	73,75	24,52	23,93	57,57	86,40	53,15	86,69	29,52	0,00	73,75
[3] - Strato	28,58	12,60	189,17	350,29	98,07	105,62	278,51	275,37	228,79	288,12	140,14	311,56	350,29
[4] - Strato	12,03	14,60	79,63	147,49	49,03	46,88	116,01	116,11	103,56	134,16	58,94	4,12	147,49

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - Strato	6,02	1,00	Robertson (1983)	1,18
[2] - Strato	6,02	11,20	Robertson (1983)	1,18
[3] - Strato	28,58	12,60	Robertson (1983)	5,61
[4] - Strato	12,03	14,60	Robertson (1983)	2,36

**Modulo Edometrico (Mpa)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato	6,02	1,00	2,71	--	6,20	7,38
[2] - Strato	6,02	11,20	2,71	--	6,20	7,38
[3] - Strato	28,58	12,60	12,86	--	28,76	28,03
[4] - Strato	12,03	14,60	5,41	--	12,21	11,80

**Modulo di Young (Mpa)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato	6,02	1,00	4,79	5,90
[2] - Strato	6,02	11,20	4,79	5,90
[3] - Strato	28,58	12,60	30,23	28,03
[4] - Strato	12,03	14,60	11,57	11,80

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
[1] - Strato	6,02	1,00	Meyerhof	18,53
[2] - Strato	6,02	11,20	Meyerhof	18,53
[3] - Strato	28,58	12,60	Meyerhof	22,85
[4] - Strato	12,03	14,60	Meyerhof	21,77

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	6,02	1,00	Ohta & Goto (1978) Limi	81,64
[2] - Strato	6,02	11,20	Ohta & Goto (1978) Limi	132,3
[3] - Strato	28,58	12,60	Ohta & Goto (1978) Limi	197,06
[4] - Strato	12,03	14,60	Ohta & Goto (1978) Limi	174,09

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	6,02	1,00	28,66	57,95	75,75	23,5
[2] - Strato	6,02	11,20	14,83	38,36	39,33	23,5
[3] - Strato	28,58	12,60	35,14	66,19	69,32	62,03
[4] - Strato	12,03	14,60	16,41	40,53	44,08	37,3



**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	6,02	1,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Strato	6,02	11,20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - Strato	28,58	12,60	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[4] - Strato	12,03	14,60	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
[1] - Strato	6,02	1,00	Meyerhof	17,75
[2] - Strato	6,02	11,20	Meyerhof	17,75
[3] - Strato	28,58	12,60	Meyerhof	20,99
[4] - Strato	12,03	14,60	Meyerhof	19,81

**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	6,02	1,00	6,02	28,72	21,72	29,69	33,12	32,09	0	<30	24,5	28,81	34,33	25,97
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	28,72	21,72	29,69	27,69	32,09	0	<30	24,5	28,81	30,48	25,97
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	35,17	28,17	36	28,74	39,35	37,27	32-35	35,71	35,57	40	38,91
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	30,44	23,44	31,37	27,01	34,42	33,67	30-32	28,43	30,61	31,11	30,51

**Modulo di Young (Mpa)**

	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	6,02	1,00	6,02	---	4,72	---	---	---
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	---	4,72	---	---	---
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	37,42	22,42	33,14	38,67	21,37
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	24,28	9,44	13,99	26,50	13,25

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	6,02	1,00	6,02	(A.G.I.)	0,34
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	(A.G.I.)	0,34
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	(A.G.I.)	0,3
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	(A.G.I.)	0,33

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	6,02	1,00	6,02	34,46	36,71
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	34,46	36,71
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	148,98	95,08
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	66,05	56,04

RICHIEDENTE: CITTÀ METROPOLITANA ROMA CAPITALE

LUGLIO 2023

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] - Strato	6,02	1,00	6,02	Meyerhof ed altri	15,49
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	Meyerhof ed altri	15,49
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	Meyerhof ed altri	20,79
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	Meyerhof ed altri	17,65

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] - Strato	6,02	1,00	6,02	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,53
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,53
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,91
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,93

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	6,02	1,00	6,02	(A.G.I.)	0,34
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	(A.G.I.)	0,34
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	(A.G.I.)	0,3
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	(A.G.I.)	0,33

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	6,02	1,00	6,02	34,46	36,71
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	34,46	36,71
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	148,98	95,08
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	66,05	56,04

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	6,02	1,00	6,02	Ohta & Goto (1978) Limi	81,64
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	Ohta & Goto (1978) Limi	132,3
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	Ohta & Goto (1978) Limi	197,06
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	Ohta & Goto (1978) Limi	174,09

**Liquefazione**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Strato	6,02	1,00	6,02	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_{H0}/P_0$** 

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$K_0$
[1] - Strato	6,02	1,00	6,02	Navfac 1971-1982	1,22
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	Navfac 1971-1982	1,22
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	Navfac 1971-1982	5,41
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	Navfac 1971-1982	2,53

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - Strato	6,02	1,00	6,02	Robertson 1983	1,18
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	Robertson 1983	1,18
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	Robertson 1983	5,61
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	Robertson 1983	2,36

**CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA - SPT**

Per la caratterizzazione geomeccanica dei terreni costituenti il volume significativo della struttura in progetto oltre alle DPSH eseguite si è fatto riferimento alle SPT eseguite nei fori di sondaggio. Di seguito, per ciascuna SPT eseguita sono indicati i relativi parametri fisici e meccanici.

## PROVA S1-SPT1

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO  
 Prova eseguita in data 28/07/2023  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità' (m)	Nr. Colpi
3.35	9
3.50	11
3.65	13

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S1-SPT1

## TERRENI COESIVI

## Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	24.00	3.20-3.65	Terzaghi-Peck	1.62

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	24.00	3.20-3.65	Robertson (1983)	48.00

## Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	24.00	3.20-3.65	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	246.58

## Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	24.00	3.20-3.65	Apollonia	240.00

RICHIEDENTE: CITTÀ METROPOLITANA ROMA CAPITALE

LUGLIO 2023

## Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1)	24.00	3.20-3.65	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

## Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m³)
Strato (1)	24.00	3.20-3.65	Meyerhof	2.11

## Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m³)
Strato (1)	24.00	3.20-3.65	Meyerhof	2.20

## Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1)	24.00	3.20-3.65	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	133.14

## TERRENI INCOERENTI

## Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1)	24.00	3.20-3.65	24.00	Meyerhof 1957	84.85

## Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1)	24.00	3.20-3.65	24.00	Shioi-Fukuni 1982 (RBS)	33.97

## Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato (1)	24.00	3.20-3.65	24.00	Schmertmann (1978) (Sabbie)	192.00

## Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato (1)	24.00	3.20-3.65	24.00	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	76.76

## Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1)	24.00	3.20-3.65	24.00	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

## Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità' di Volume (t/m³)
Strato (1)	24.00	3.20-3.65	24.00	Terzaghi-Peck 1948	1.64

## Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità' Volume Saturo (t/m³)
Strato (1)	24.00	3.20-3.65	24.00	Terzaghi-Peck 1948	2.02

RICHIEDENTE: CITTÀ METROPOLITANA ROMA CAPITALE

LUGLIO 2023

## Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1)	24.00	3.20-3.65	24.00	(A.G.I.)	0.31

## Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	24.00	3.20-3.65	24.00	Ohsaki (Sabbie pulite)	1289.18

## Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1)	24.00	3.20-3.65	24.00	Ohta & Goto (1978) Limi	133.14

## Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1)	24.00	3.20-3.65	24.00	Navfac 1971-1982	4.72

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	24.00	3.20-3.65	24.00	Robertson 1983	48.00

## PROVA S1-SPT2

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO  
 Prova eseguita in data 28/07/2023  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi
6.25	10
6.40	12
6.55	16

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S1-SPT2

## TERRENI COESIVI

## Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	28.00	6.10-6.55	Terzaghi-Peck	1.89

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	28.00	6.10-6.55	Robertson (1983)	56.00

## Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	28.00	6.10-6.55	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	287.38

RICHIEDENTE: CITTÀ METROPOLITANA ROMA CAPITALE

LUGLIO 2023

## Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	28.00	6.10-6.55	Apollonia	280.00

## Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1)	28.00	6.10-6.55	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

## Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1)	28.00	6.10-6.55	Meyerhof	2.14

## Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1)	28.00	6.10-6.55	Meyerhof	2.31

## Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1)	28.00	6.10-6.55	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	153.08

## TERRENI INCOERENTI

## Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1)	28.00	6.10-6.55	28.00	Meyerhof 1957	76.68

## Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1)	28.00	6.10-6.55	28.00	Shioi-Fukuni 1982 (RBS)	35.49

## Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	28.00	6.10-6.55	28.00	Schmertmann (1978) (Sabbie)	224.00

## Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	28.00	6.10-6.55	28.00	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	84.98

## Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1)	28.00	6.10-6.55	28.00	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

## Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1)	28.00	6.10-6.55	28.00	Terzaghi-Peck 1948	1.68



RICHIEDENTE: CITTÀ METROPOLITANA ROMA CAPITALE

LUGLIO 2023

## Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità' Volume Saturo (t/m³)
Strato (1)	28.00	6.10-6.55	28.00	Terzaghi-Peck 1948	2.04

## Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1)	28.00	6.10-6.55	28.00	(A.G.I.)	0.3

## Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato (1)	28.00	6.10-6.55	28.00	Ohsaki (Sabbie pulite)	1490.19

## Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1)	28.00	6.10-6.55	28.00	Ohta & Goto (1978) Limi	153.08

## Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1)	28.00	6.10-6.55	28.00	Navfac 1971-1982	5.33

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato (1)	28.00	6.10-6.55	28.00	Robertson 1983	56.00

## PROVA S1-SPT3

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO  
 Prova eseguita in data 28/07/2023  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità' (m)	Nr. Colpi
9.65	5
9.80	7
9.95	8

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S1-SPT3

## TERRENI COESIVI

## Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato (1)	15.00	9.50-9.95	Terzaghi-Peck	1.01

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato (1)	15.00	9.50-9.95	Robertson (1983)	30.00

RICHIEDENTE: CITTÀ METROPOLITANA ROMA CAPITALE

LUGLIO 2023

## Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	15.00	9.50-9.95	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	154.78

## Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	15.00	9.50-9.95	Apollonia	150.00

## Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1)	15.00	9.50-9.95	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

## Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1)	15.00	9.50-9.95	Meyerhof	2.07

## Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1)	15.00	9.50-9.95	Meyerhof	2.28

## Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1)	15.00	9.50-9.95	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	148.96

## TERRENI INCOERENTI

## Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1)	15.00	9.50-9.95	15.00	Meyerhof 1957	48.96

## Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1)	15.00	9.50-9.95	15.00	Shioi-Fukuni 1982 (RBS)	30

## Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	15.00	9.50-9.95	15.00	Schmertmann (1978) (Sabbie)	120.00

## Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	15.00	9.50-9.95	15.00	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	58.28

## Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1)	15.00	9.50-9.95	15.00	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

RICHIEDENTE: CITTÀ METROPOLITANA ROMA CAPITALE

LUGLIO 2023

## Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1)	15.00	9.50-9.95	15.00	Terzaghi-Peck 1948	1.54

## Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1)	15.00	9.50-9.95	15.00	Terzaghi-Peck 1948	1.96

## Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1)	15.00	9.50-9.95	15.00	(A.G.I.)	0.32

## Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	15.00	9.50-9.95	15.00	Ohsaki (Sabbie pulite)	828.78

## Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1)	15.00	9.50-9.95	15.00	Ohta & Goto (1978) Limi	148.96

## Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1)	15.00	9.50-9.95	15.00	Navfac 1971-1982	3.12

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	15.00	9.50-9.95	15.00	Robertson 1983	30.00

## PROVA S2-SPT1

Strumento utilizzato...  
Prova eseguita in data  
Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO  
28/07/2023

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi
4.15	7
4.30	9
4.45	12

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S2-SPT1

## TERRENI COESIVI

## Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	21.00	4.00-4.45	Terzaghi-Peck	1.42

RICHIEDENTE: CITTÀ METROPOLITANA ROMA CAPITALE

LUGLIO 2023

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	21.00	4.00-4.45	Robertson (1983)	42.00

## Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	21.00	4.00-4.45	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	215.98

## Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	21.00	4.00-4.45	Apollonia	210.00

## Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1)	21.00	4.00-4.45	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

## Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1)	21.00	4.00-4.45	Meyerhof	2.10

## Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1)	21.00	4.00-4.45	Meyerhof	2.12

## Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1)	21.00	4.00-4.45	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	135.18

## TERRENI INCOERENTI

## Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1)	21.00	4.00-4.45	21.00	Meyerhof 1957	75.38

## Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1)	21.00	4.00-4.45	21.00	Shioi-Fukuni 1982 (RBS)	32.75

## Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	21.00	4.00-4.45	21.00	Schmertmann (1978) (Sabbie)	168.00

## Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	21.00	4.00-4.45	21.00	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	70.60

RICHIEDENTE: CITTÀ METROPOLITANA ROMA CAPITALE

LUGLIO 2023

## Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1)	21.00	4.00-4.45	21.00	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

## Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1)	21.00	4.00-4.45	21.00	Terzaghi-Peck 1948	1.61

## Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1)	21.00	4.00-4.45	21.00	Terzaghi-Peck 1948	2.00

## Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1)	21.00	4.00-4.45	21.00	(A.G.I.)	0.31

## Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	21.00	4.00-4.45	21.00	Ohsaki (Sabbie pulite)	1137.10

## Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1)	21.00	4.00-4.45	21.00	Ohta & Goto (1978) Limi	135.18

## Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1)	21.00	4.00-4.45	21.00	Navfac 1971-1982	4.22

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	21.00	4.00-4.45	21.00	Robertson 1983	42.00

## PROVA S2-SPT2

Strumento utilizzato...  
Prova eseguita in data  
Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO  
28/07/2023

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi
8.15	9
8.30	13
8.45	14



RICHIEDENTE: CITTÀ METROPOLITANA ROMA CAPITALE

LUGLIO 2023

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S2-SPT2

## TERRENI COESIVI

## Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	27.00	8.00-8.45	Terzaghi-Peck	1.82

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	27.00	8.00-8.45	Robertson (1983)	54.00

## Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	27.00	8.00-8.45	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	277.18

## Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	27.00	8.00-8.45	Apollonia	270.00

## Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1)	27.00	8.00-8.45	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

## Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1)	27.00	8.00-8.45	Meyerhof	2.13

## Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1)	27.00	8.00-8.45	Meyerhof	2.28

## Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1)	27.00	8.00-8.45	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	159.78

## TERRENI INCOERENTI

## Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1)	27.00	8.00-8.45	27.00	Meyerhof 1957	69.01

## Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1)	27.00	8.00-8.45	27.00	Shioi-Fukuni 1982 (RBS)	35.12

RICHIEDENTE: CITTÀ METROPOLITANA ROMA CAPITALE

LUGLIO 2023

## Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	27.00	8.00-8.45	27.00	Schmertmann (1978) (Sabbie)	216.00

## Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	27.00	8.00-8.45	27.00	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	82.92

## Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1)	27.00	8.00-8.45	27.00	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

## Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1)	27.00	8.00-8.45	27.00	Terzaghi-Peck 1948	1.67

## Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità' Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1)	27.00	8.00-8.45	27.00	Terzaghi-Peck 1948	2.04

## Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1)	27.00	8.00-8.45	27.00	(A.G.I.)	0.3

## Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	27.00	8.00-8.45	27.00	Ohsaki (Sabbie pulite)	1440.11

## Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1)	27.00	8.00-8.45	27.00	Ohta & Goto (1978) Limi	159.78

## Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1)	27.00	8.00-8.45	27.00	Navfac 1971-1982	5.18

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	27.00	8.00-8.45	27.00	Robertson 1983	54.00

## PROVA S2-SPT3

Strumento utilizzato...  
Prova eseguita in data  
Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO  
28/07/2023

RICHIEDENTE: CITTÀ METROPOLITANA ROMA CAPITALE

LUGLIO 2023

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi
8.15	10
8.30	14
8.45	18

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S2-SPT3

## TERRENI COESIVI

## Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	32.00	8.00-8.45	Terzaghi-Peck	2.16

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	32.00	8.00-8.45	Robertson (1983)	64.00

## Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	32.00	8.00-8.45	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	328.17

## Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	32.00	8.00-8.45	Apollonia	320.00

## Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1)	32.00	8.00-8.45	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

## Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1)	32.00	8.00-8.45	Meyerhof	2.20

## Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1)	32.00	8.00-8.45	Meyerhof	2.44

## Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1)	32.00	8.00-8.45	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	164.55

## TERRENI INCOERENTI

## Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1)	32.00	8.00-8.45	32.00	Meyerhof 1957	74.25

RICHIEDENTE: CITTÀ METROPOLITANA ROMA CAPITALE

LUGLIO 2023

## Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1)	32.00	8.00-8.45	32.00	Shioi-Fukuni 1982 (RBS)	36.91

## Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	32.00	8.00-8.45	32.00	Schmertmann (1978) (Sabbie)	256.00

## Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	32.00	8.00-8.45	32.00	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	93.19

## Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1)	32.00	8.00-8.45	32.00	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

## Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1)	32.00	8.00-8.45	32.00	Terzaghi-Peck 1948	1.72

## Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1)	32.00	8.00-8.45	32.00	Terzaghi-Peck 1948	2.07

## Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1)	32.00	8.00-8.45	32.00	(A.G.I.)	0.29

## Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	32.00	8.00-8.45	32.00	Ohsaki (Sabbie pulite)	1689.48

## Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1)	32.00	8.00-8.45	32.00	Ohta & Goto (1978) Limi	164.55

## Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1)	32.00	8.00-8.45	32.00	Navfac 1971-1982	5.88

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	32.00	8.00-8.45	32.00	Robertson 1983	64.00

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA TERRENI INDAGATI – SONDAGGIO 1											
Strato	Spessore (m)	Peso (t/m <sup>3</sup> )	Peso eff (t/m <sup>3</sup> )	NSPT	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	Φ (°)	C (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	E (Kg/cm <sup>2</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ed (Kg/cm <sup>2</sup> )
1*	11.5	1.54	1.54	15	30.0	30.00	0.00	1.01	120.0	828.78	58.28
2**	9.90	1.76	1.76	12	24.06	27.01	0.00	0.49	96.2	571.03	52.20
3***	5.60	1.57	1.57	//	//	21.00**	0.42	//	//	//	//
4****	8.00	1.76	1.76	12	24.06	27.01	0.00	0.49	96.2	571.03	52.20

\*Dato acquisito dalla elaborazione delle SPT in foro.

\*\*Dato acquisito dalla elaborazione dei dati acquisiti in DPSH2 (Strato 4).

\*\*\*Dato acquisito dalle analisi di laboratorio eseguite sul campione n. 4 prelevato nel sondaggio n. 1.

\*\*\*\*In assenza di dati relativi a questo orizzonte geotecnico, su indicazione del progettista incaricato, considerate le caratteristiche litostratigrafiche simili, si è fatto riferimento ai parametri geomeccanici dello strato 2.

## MODELLAZIONE SISMICA - PROFILO DI VELOCITA' E DEFINIZIONE DEI SISMOSTRATI

Nel presente rapporto si espongono i risultati di una prova sismica in foro tipo Down-Hole, in conformità alle norme tecniche NTC2018 ed alle disposizioni di cui alla O.P.C.M. 3274/2003 e successive modificazioni.

Ai fini della caratterizzazione sismica del suolo, è stata eseguita n. 1 prova sismica in foro di tipo down hole, in onde P ed SH. La strumentazione usata consiste in uno strumento Down Hole della ditta Sara Electronic Instruments (Perugia), mentre per la parte software ci si è avvalsi del programma Down Hole della ditta Geostru Softwares con il quale è stato possibile eseguire il processo di elaborazione dei dati acquisiti.

In funzione dell'analisi e l'elaborazione dei dati di campagna sono state valutate le velocità sismiche di sottosuolo.

I risultati forniti dalla prova Down Hole hanno evidenziato:

Metodo diretto

**Vs,30 [m/sec] (H=30.00 m) = 368.68 m/s**

Metodo pseudo-intervallo

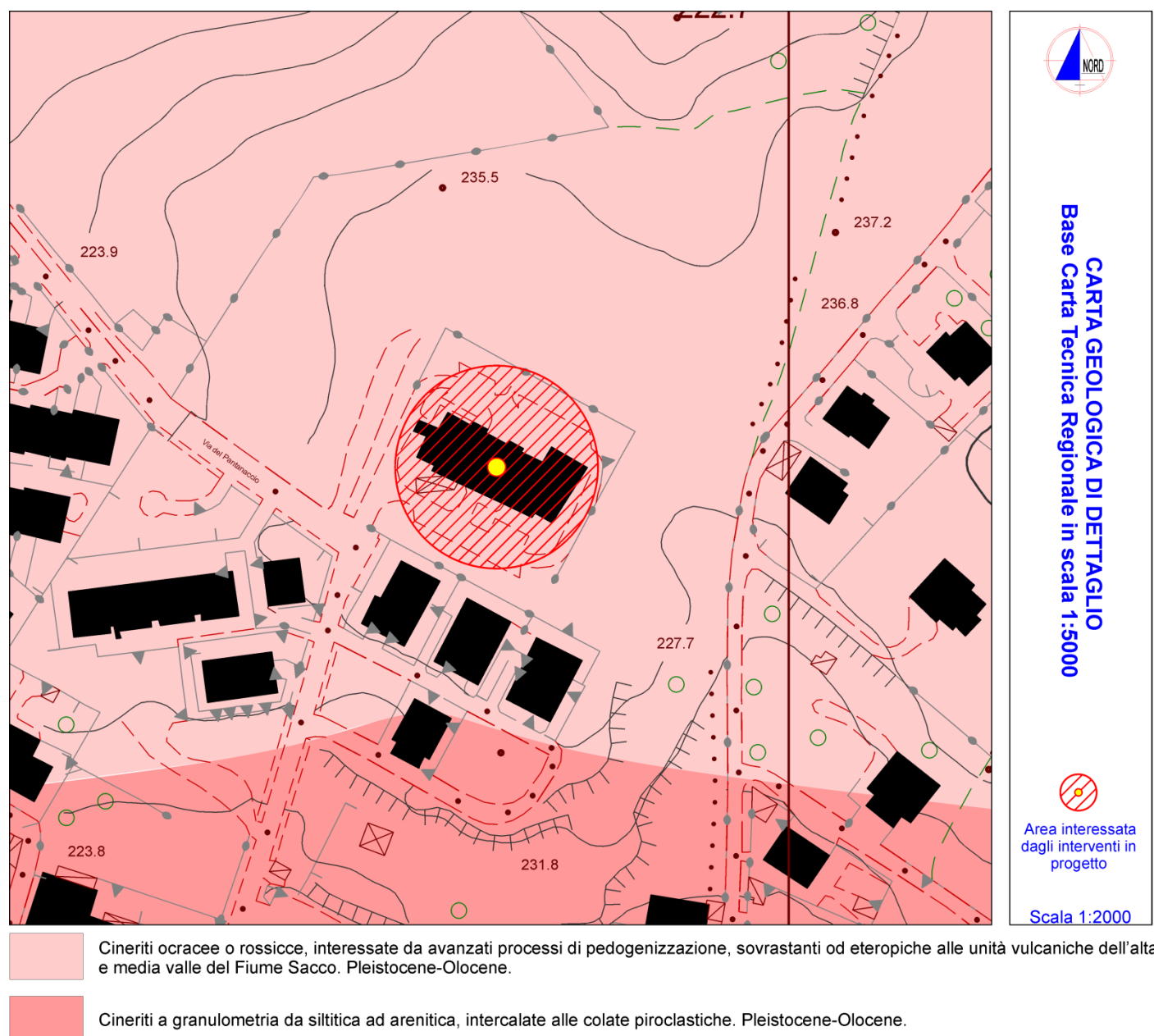
**Vs,30 [m/sec] (H=30.00 m) = 371.98 m/s**

In tal senso, come da NTC2018, è opportuno specificare che non si è individuato un substrato rigido con Vs maggiore di 800 m/s e pertanto la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è stata definita come VS,30, ponendo H=30 m come da normativa. In considerazione della situazione stratigrafica locale associata all'indagine sismica eseguita, ai fini della definizione delle azioni sismiche il profilo stratigrafico e le relative Vs30 stimate consentono di attribuire il sito alla Categoria " 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).



## MODELLAZIONE GEOLOGICA

Le indagini eseguite hanno consentito di caratterizzare dal punto di vista litostratigrafico e geomeccanico i terreni affioranti e costituenti il sottosuolo dell'area in studio. Procedendo dal p.c. ed andando in profondità, questo risulta essere costituito, al di sotto di una coltre di terreno di riporto inferiore al metro, da una alternanza di limi argillosi e limi sabbiosi, intercettati fino alla profondità di 11.5 m, a cui seguono delle sabbie limose e dei limi sabbiosi. Alla profondità di 21.4 m si rinvenivano dei limi argillosi debolmente sabbiosi ed argille limose di colore grigio, che alla profondità di 27.0 m passano a delle sabbie limose e limi sabbiosi intercettati nella perforazione eseguita fino a fondo foro (-35.0 m).



Così come evidenziato nello stralcio delle Carta Geologica d'Italia in precedenza allegata, oltre ad un sistema di faglie,

incerte o sepolte, orientate in direzione appenninica ed anti-appenninica, non si ravvisano altri elementi tettonici di rilievo ai fini della presente relazione.

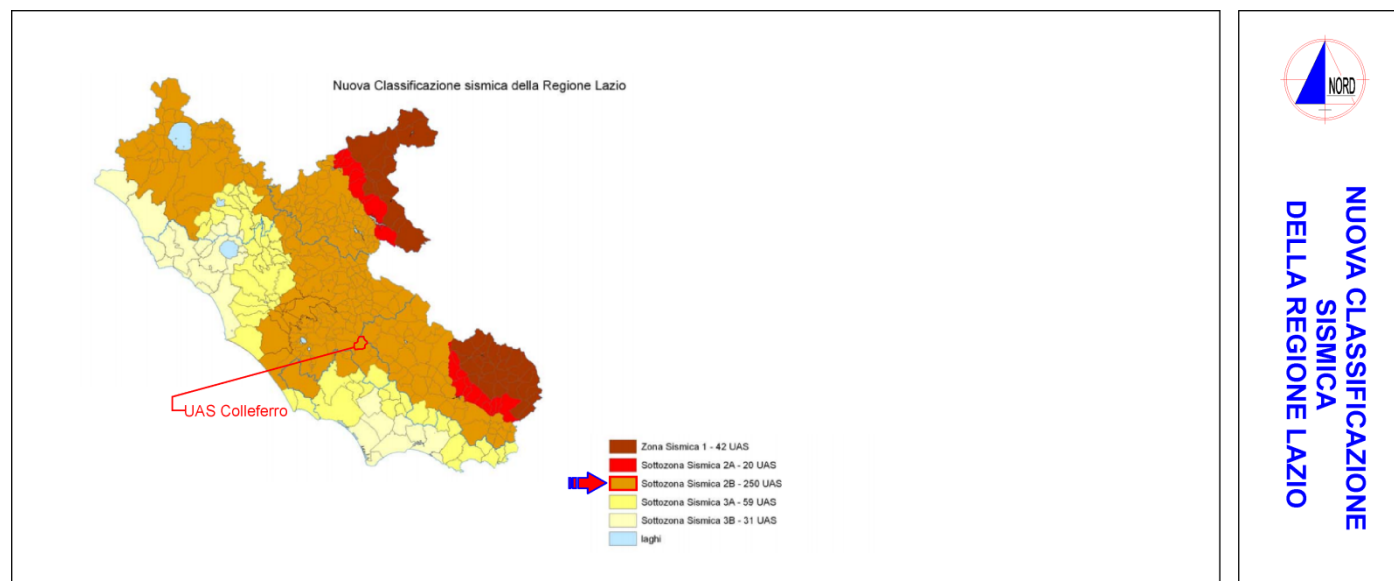
La falda acquifera di base ha il suo livello statico individuabile ad una profondità di 35/55 m dal p.c., profondità che autorizza ad escludere eventuali interferenze di questa con il volume significativo delle strutture in progetto. Non si esclude comunque la presenza di circolazioni idriche più superficiali e di minore entità legate al regime pluviometrico stagionale.

L'assenza nel sottosuolo in esame di una falda acquifera entro i primi 15 m dal p.c. autorizza a considerare, in occasione eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  superiore a 5 e accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero maggiori di 0,1 g, il terreno in esame non suscettibile di liquefazione.

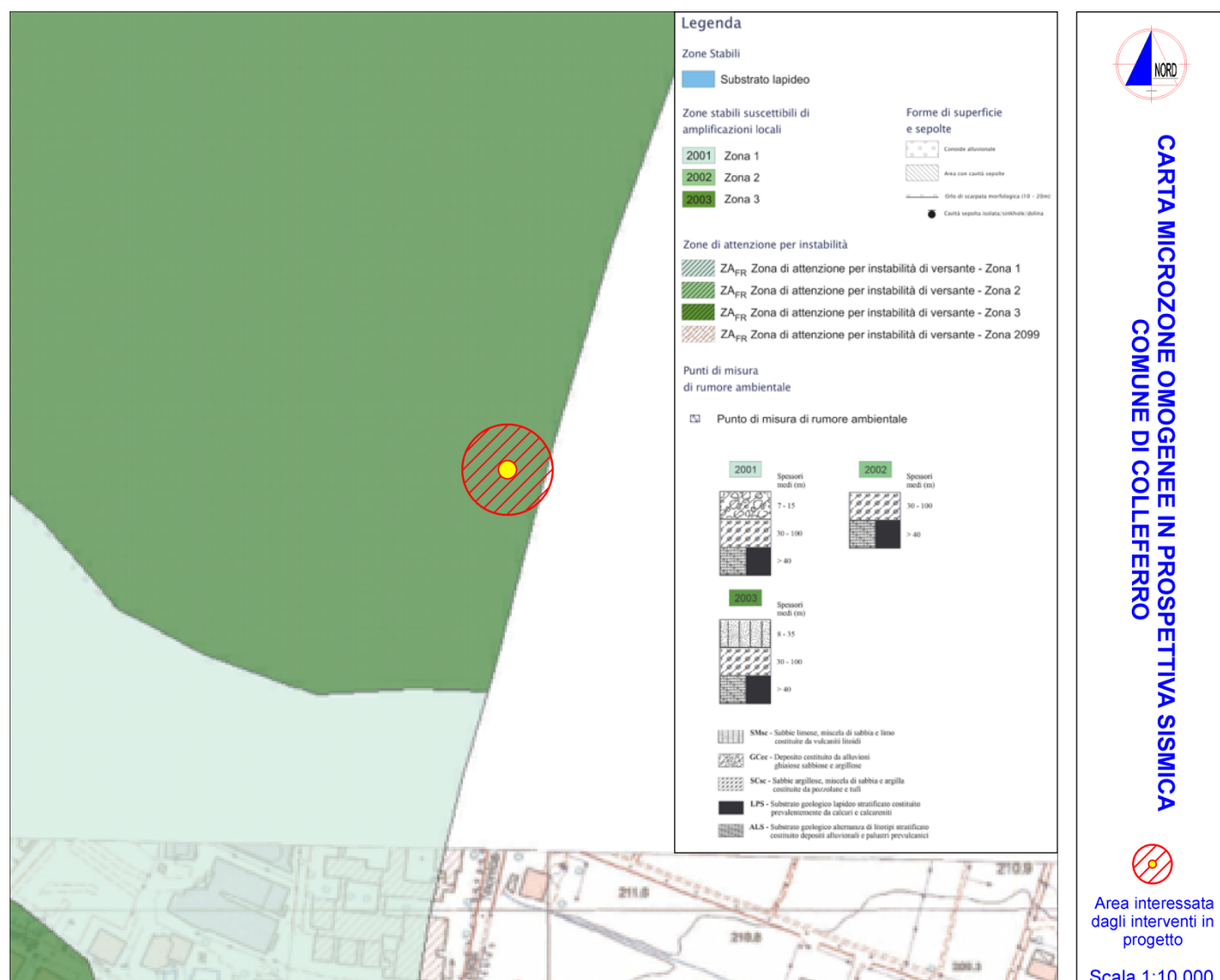
Le indagini eseguite non hanno evidenziato lungo ciascuna verticale indagata, la presenza di cavità ipogee.

## PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Il 22 Maggio 2009, con l'approvazione in Giunta Regionale della DGR n. 387 recante "Nuova Classificazione Sismica della Regione Lazio", il comune di Colleferro secondo quanto indicato dal Servizio Geologico Regionale dell'Area Difesa del Suolo in collaborazione con l'ENEA, è stato classificato in zona sismica "2B" ed è pertanto soggetto alle prescrizioni imposte dalla legge relativamente alle costruzioni in zone dichiarate sismiche.



Per il comune di Colleferro è stato validato lo studio di Microzonazione Sismica di I° Livello secondo il quale il sito in esame risulta essere censito come "Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali".



La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC e dotata di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

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

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dalle NTC, per tener

conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono quindi a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR (le probabilità di superamento nella vita di riferimento), nel periodo di riferimento VR (Vita di riferimento della costruzione). Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_o$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T^*C$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alla succitata norma, per tutti i siti considerati sono forniti i valori di  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T^*C$  necessari per la determinazione delle azioni sismiche, per 10751 punti del reticolo di riferimento e per 4 valori del periodo di ritorno TR i valori dei parametri succitati da utilizzare per definire l'azione sismica nei modi previsti dalle NTC. I punti del reticolo di riferimento sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine ed ordinati a Latitudine e Longitudine crescenti, facendo variare prima la Longitudine e poi la Latitudine. Nella tabella che segue sono forniti i parametri sismici relativi al sito in esame, valori dati dalla interpolazione sul reticolo di riferimento e per i 4 valori del periodo di ritorno TR.

---

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

---

Sito in esame.

latitudine: 41,727657  
longitudine: 13,015865  
Classe: 3  
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 29185	Lat: 41,7337	Lon: 12,9543	Distanza: 5156,228
Sito 2	ID: 29186	Lat: 41,7340	Lon: 13,0213	Distanza: 831,646
Sito 3	ID: 29408	Lat: 41,6840	Lon: 13,0217	Distanza: 4883,748
Sito 4	ID: 29407	Lat: 41,6837	Lon: 12,9547	Distanza: 7051,148

---

**Parametri sismici**

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 75anni

Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 45 [anni]

ag: 0,062 g

Fo: 2,482

Tc\*: 0,273 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 75 [anni]

ag: 0,076 g

Fo: 2,474

Tc\*: 0,285 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 712 [anni]

ag: 0,169 g

Fo: 2,518

Tc\*: 0,316 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 1462 [anni]

ag: 0,207 g

Fo: 2,559

Tc\*: 0,324 [s]

**Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii**

SLO:	SLD:	SLV:	SLC:
Ss: 1,200	Ss: 1,200	Ss: 1,200	Ss: 1,190
Cc: 1,430	Cc: 1,410	Cc: 1,380	Cc: 1,380
St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000
Kh: 0,013	Kh: 0,016	Kh: 0,049	Kh: 0,076
Kv: 0,007	Kv: 0,008	Kv: 0,024	Kv: 0,038
Amax: 0,725	Amax: 0,893	Amax: 1,987	Amax: 2,412
Beta: 0,180	Beta: 0,180	Beta: 0,240	Beta: 0,310

**Elementi caratterizzanti la risposta sismica locale**

1 - Categorie di sottosuolo, decreto del 17 gennaio 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni

- Categoria A

Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.



- Categoria 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.

- Categoria C

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

- Categoria D

Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.

- Categoria E

Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m.

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore h (strato) e dalla velocità delle onde S  $V_s$  (strato).

Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

In considerazione della situazione stratigrafica locale associata all'indagine M.A.S.W. eseguita, ai fini della definizione delle azioni sismiche il profilo stratigrafico e le relative  $V_{s30}$  stimate consentono di attribuire il sito alla Categoria "B".

## 2 - Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione. Categoria della superficie topografica:

T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

T2 - Pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$

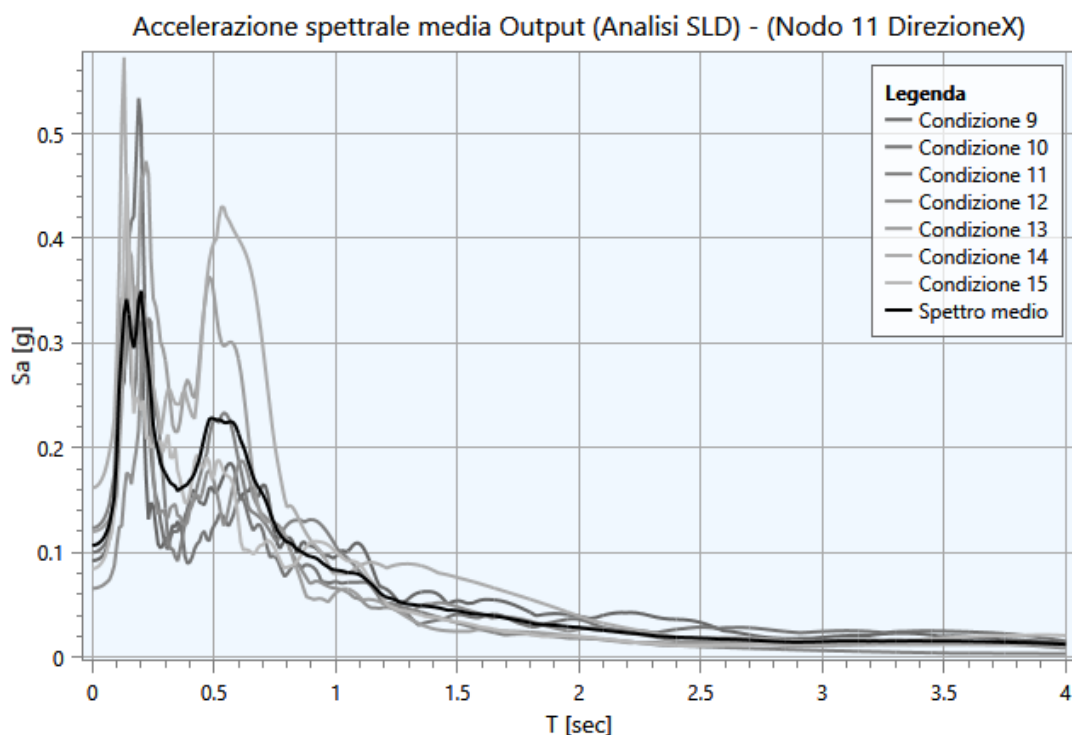
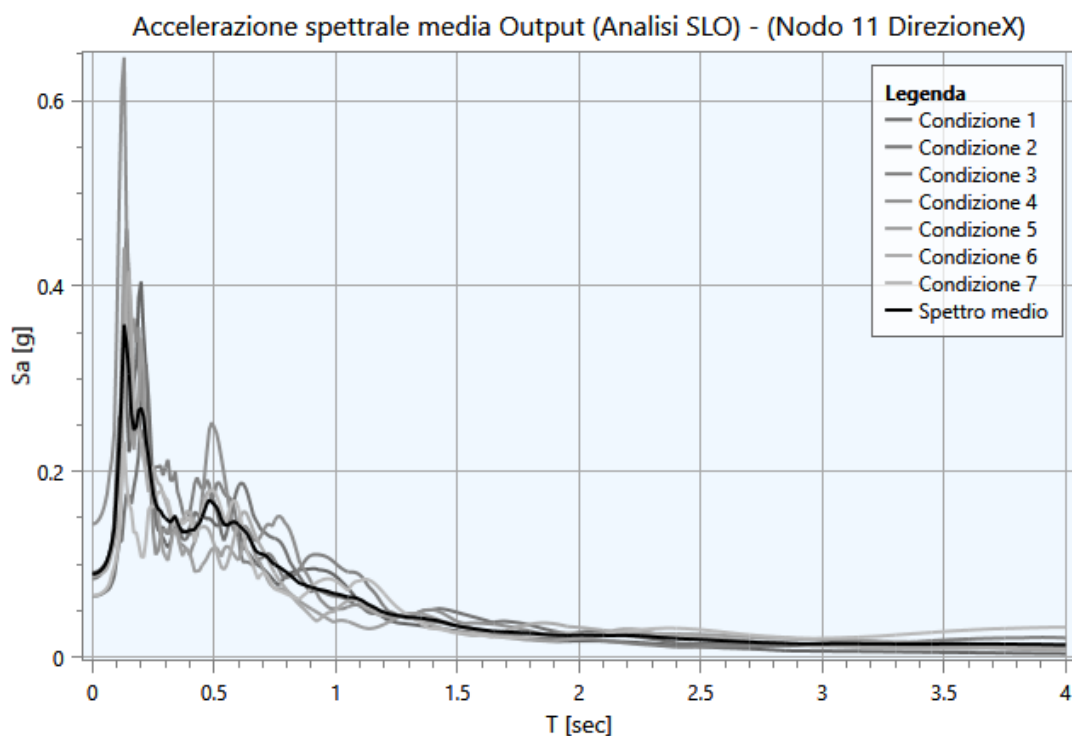
T3 - Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media  $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$

T4 - Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media  $i > 30^\circ$

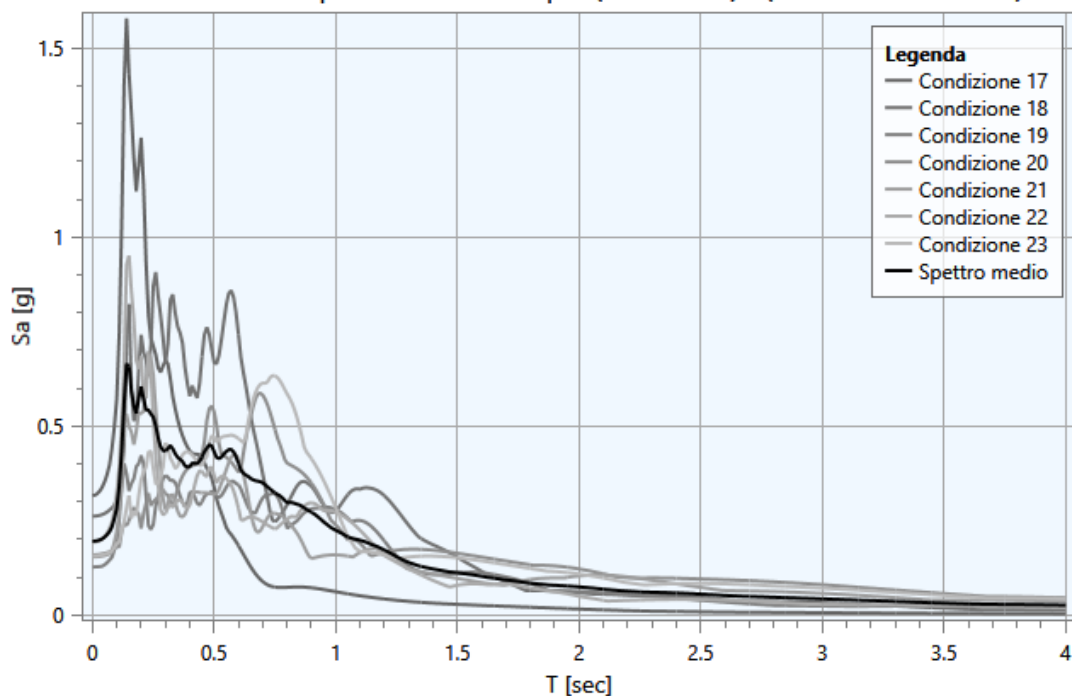
Dall'analisi dei risultati della indagine geologico tecnica condotta nell'ambito di studio si deduce che le condizioni topografiche, nelle aree interessate dagli interventi di programma, sono attribuite dallo scrivente alla categoria T1.

**ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE - INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI**

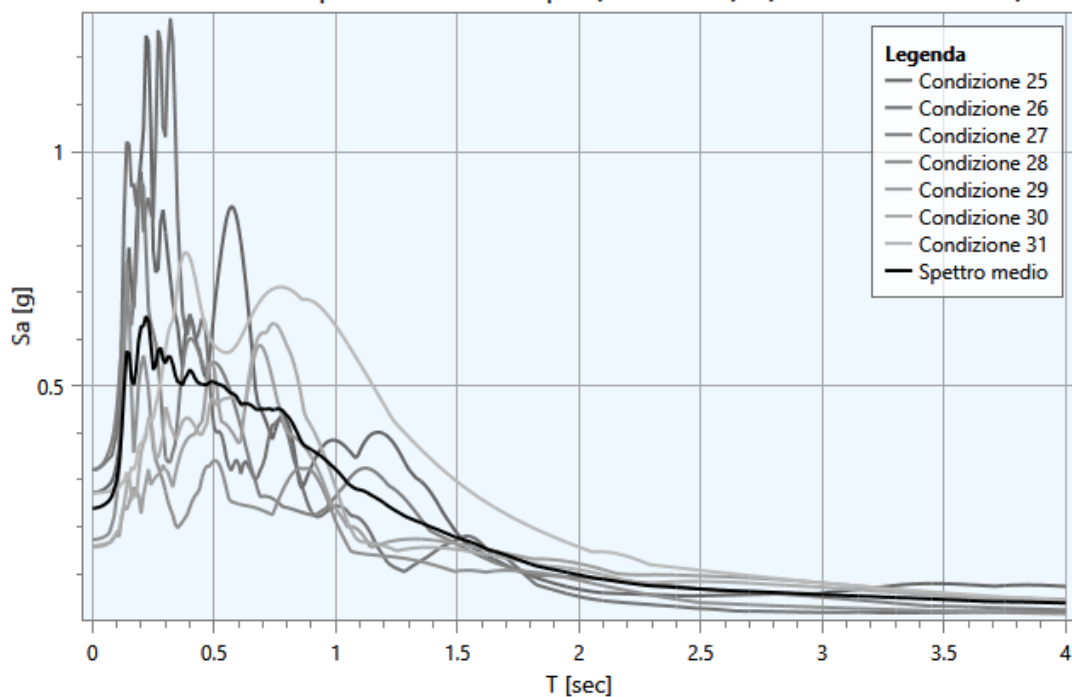
Di seguito vengono riportati gli spettri relativi alle varie analisi effettuate ed alle rispettive condizioni di carico per i  
cinematismi di controllo.



Accelerazione spettrale media Output (Analisi SLV) - (Nodo 11 DirezioneX)



Accelerazione spettrale media Output (Analisi SLC) - (Nodo 11 DirezioneX)



## PARAMETRIZZAZIONE DELLO SPETTRO DI RISPOSTA DERIVANTE DALLA RSL

La parametrizzazione degli spettri di risposta ottenuti nei vari punti di controllo 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  $T_c = 2\pi SV/SA$ ;
- 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  $T_0$ ,  $T_b$ ,  $T_c$ ,  $T_d$ ,  $T_4$ .

Nella pagina che segue vengono riportati, per ogni analisi, i parametri degli spettri parametrizzati per i vari punti di controllo presenti nella sezione oggetto di studio.

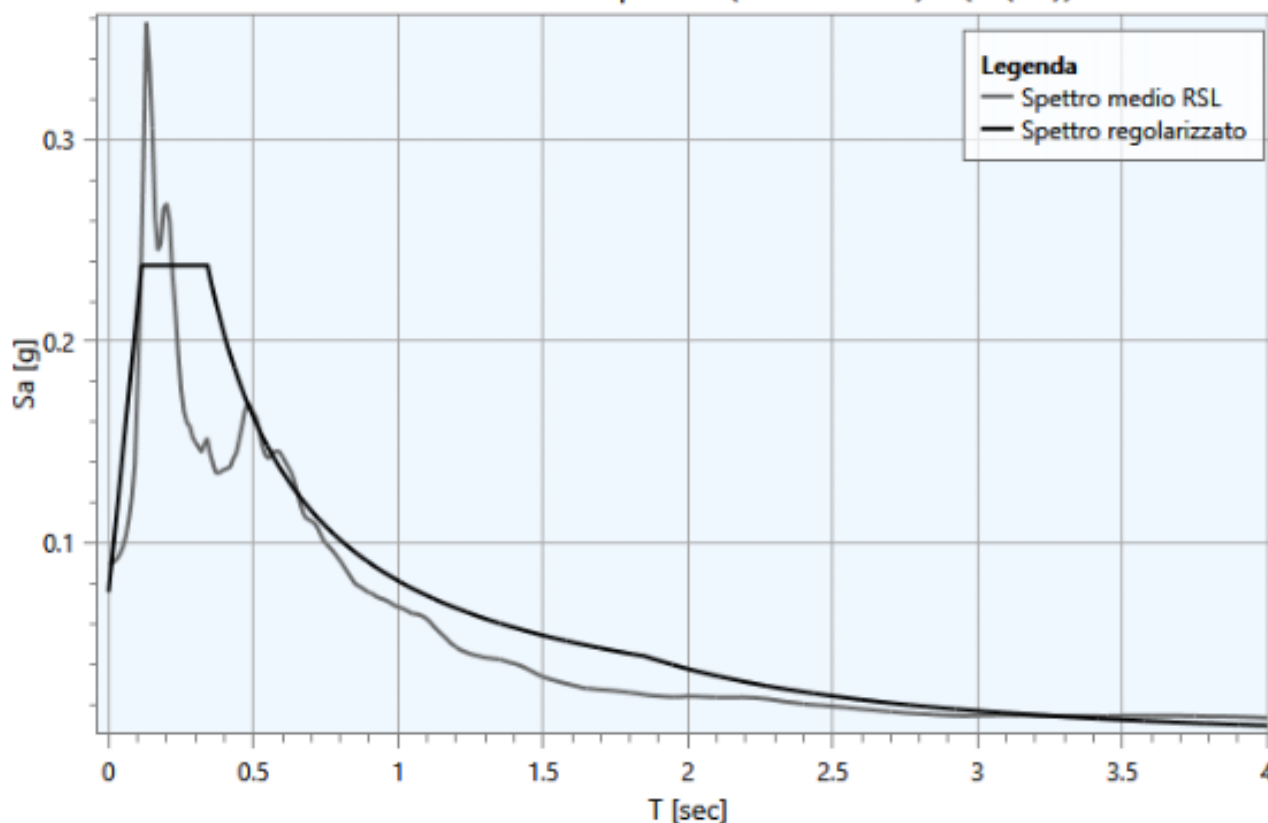


**Analisi SLO**

Punto di controllo	$A_g$ [g]	$F0$	$S$	$A_{max}$ [g]	$T_b$ [sec]	$T_c$ [sec]	$T_d$ [sec]
P (11)	0.062	3.143	1.220	0.076	0.114	0.341	1.848

dove:

- $A_g$  : punto di ancoraggio a  $T=0$  dello spettro output di Normativa;
- $F0$  : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro output parametrizzato;
- $S$  : coefficiente che tiene conto degli effetti di amplificazione (stratigrafici e/o topografici);
- $A_{max}$  : punto di ancoraggio a  $T=0$  dello spettro parametrizzato di output;
- $T_b$  : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato ad accelerazione costante;
- $T_c$  : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato a velocità costante;
- $T_d$  : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato a spostamento costante.

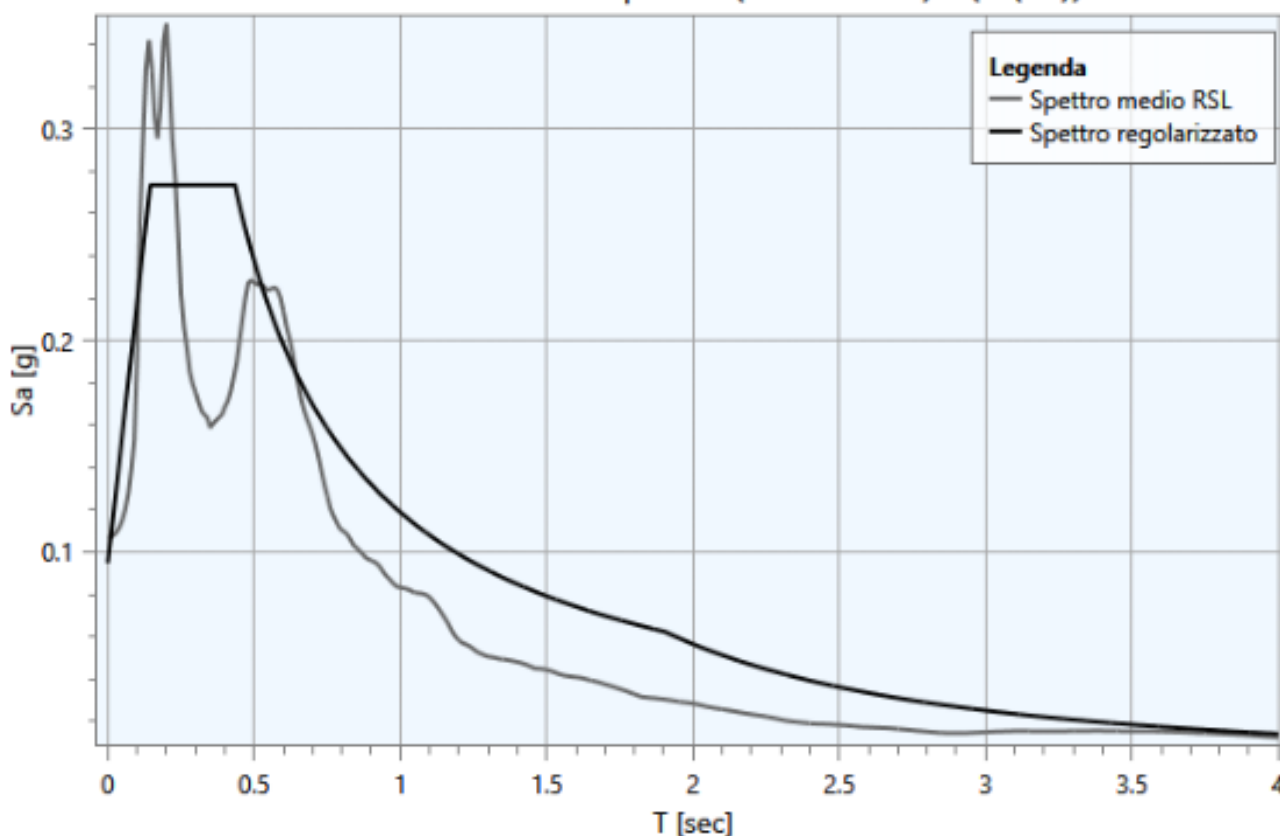
**Parametrizzazione spettro (Analisi SLO) - (P (11))**

**Analisi SLD**

Punto di controllo	$A_g$ [g]	$F0$	$S$	$A_{max}$ [g]	$T_b$ [sec]	$T_c$ [sec]	$T_d$ [sec]
P (11)	0.076	2.886	1.248	0.095	0.145	0.434	1.904

dove:

- $A_g$ : punto di ancoraggio a  $T=0$  dello spettro output di Normativa;
- $F0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro output parametrizzato;
- $S$ : coefficiente che tiene conto degli effetti di amplificazione (stratigrafici e/o topografici);
- $A_{max}$ : punto di ancoraggio a  $T=0$  dello spettro parametrizzato di output;
- $T_b$ : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato ad accelerazione costante;
- $T_c$ : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato a velocità costante;
- $T_d$ : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato a spostamento costante.

**Parametrizzazione spettro (Analisi SLD) - (P (11))**

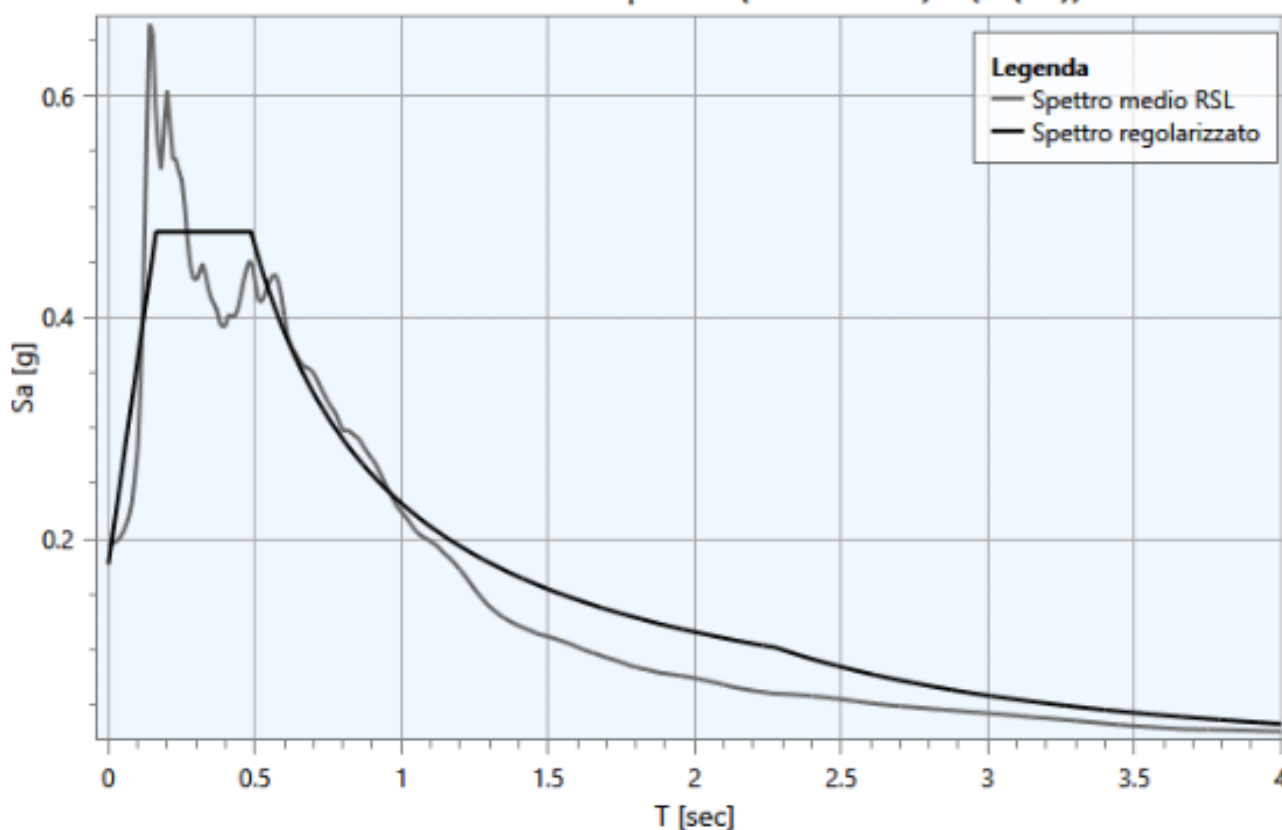
## Analisi SLV

Punto di controllo	$A_g$ [g]	$F0$	$S$	$A_{max}$ [g]	$T_b$ [sec]	$T_c$ [sec]	$T_d$ [sec]
P (11)	0.169	2.694	1.048	0.177	0.162	0.486	2.276

dove:

- $A_g$ : punto di ancoraggio a  $T=0$  dello spettro output di Normativa;
- $F0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro output parametrizzato;
- $S$ : coefficiente che tiene conto degli effetti di amplificazione (stratigrafici e/o topografici);
- $A_{max}$ : punto di ancoraggio a  $T=0$  dello spettro parametrizzato di output;
- $T_b$ : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato ad accelerazione costante;
- $T_c$ : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato a velocità costante;
- $T_d$ : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato a spostamento costante.

## Parametrizzazione spettro (Analisi SLV) - (P (11))



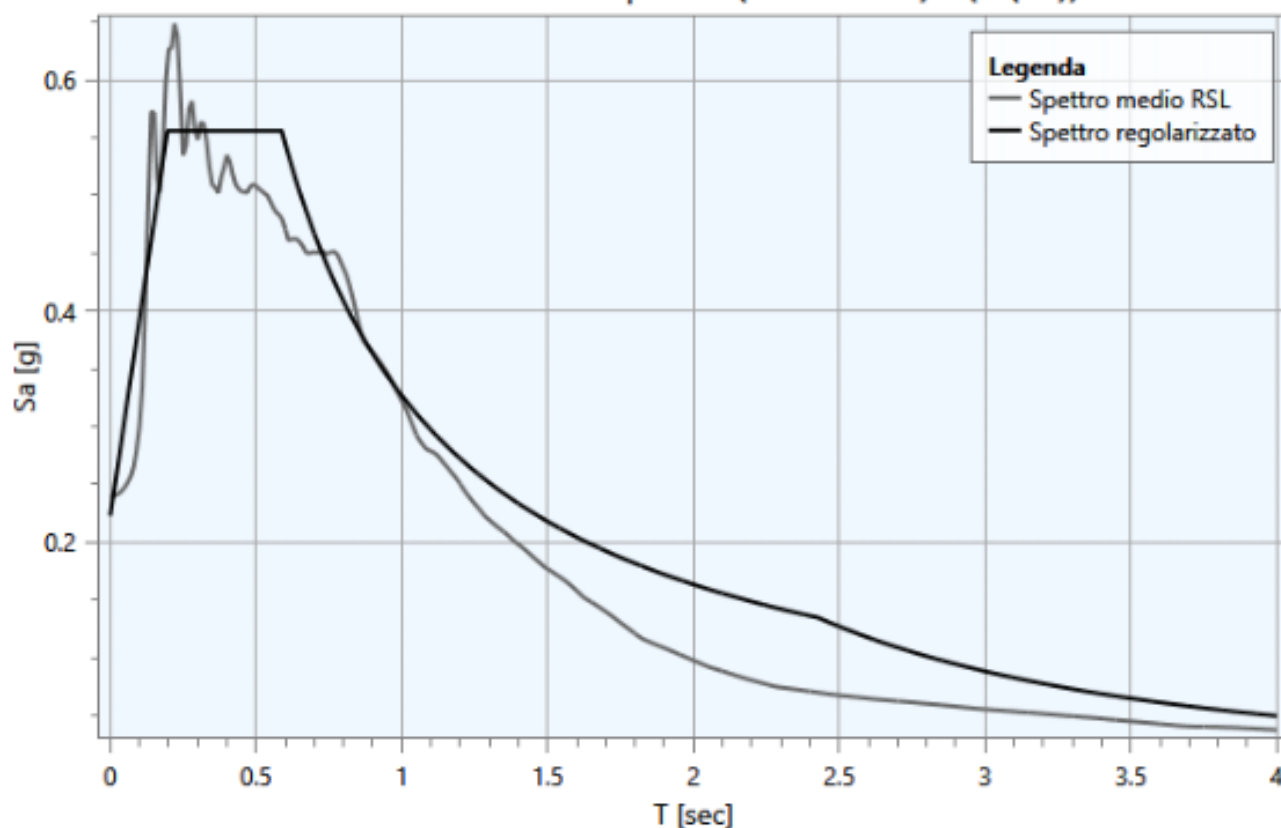
## Analisi SLC

Punto di controllo	$A_g [g]$	$F0$	$S$	$A_{max} [g]$	$T_b [sec]$	$T_c [sec]$	$T_d [sec]$
P (11)	0.207	2.495	1.077	0.223	0.196	0.588	2.428

dove:

- $A_g$  : punto di ancoraggio a  $T=0$  dello spettro output di Normativa;
- $F0$  : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro output parametrizzato;
- $S$  : coefficiente che tiene conto degli effetti di amplificazione (stratigrafici e/o topografici);
- $A_{max}$  : punto di ancoraggio a  $T=0$  dello spettro parametrizzato di output;
- $T_b$  : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato ad accelerazione costante;
- $T_c$  : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato a velocità costante;
- $T_d$  : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato a spostamento costante.

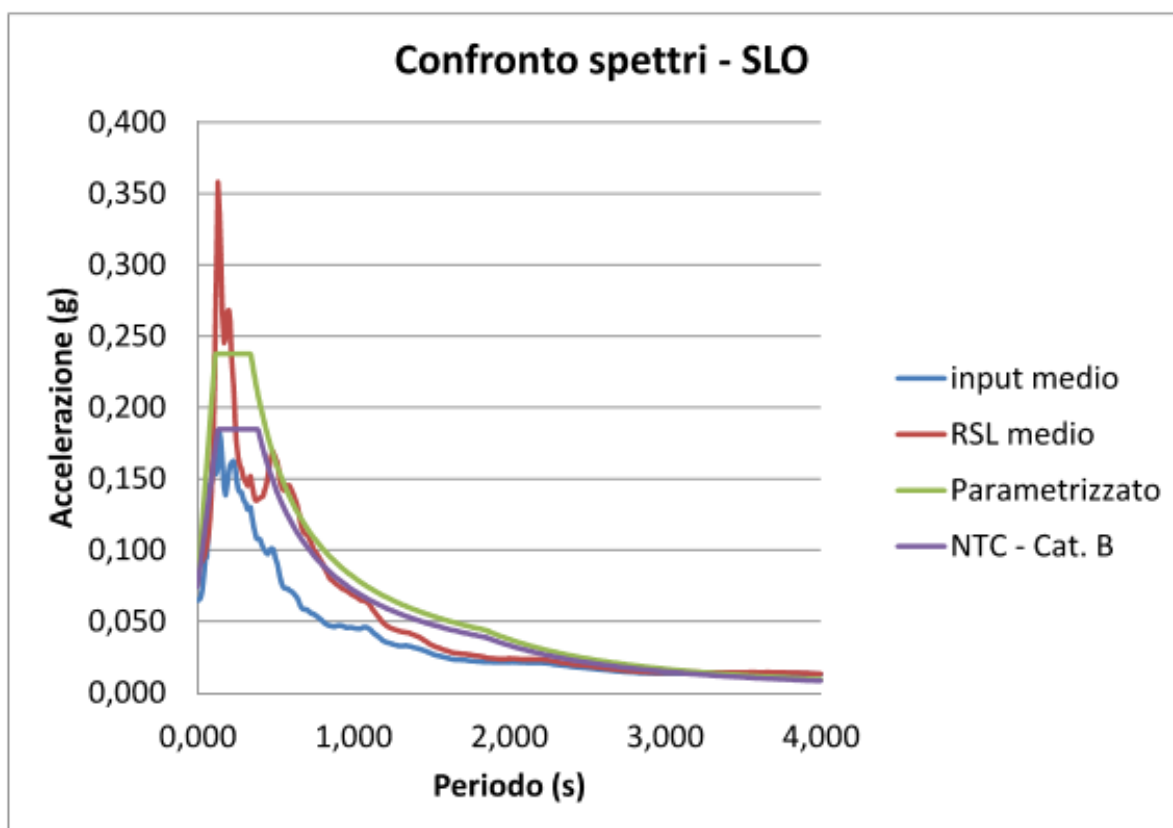
Parametrizzazione spettro (Analisi SLC) - (P (11))

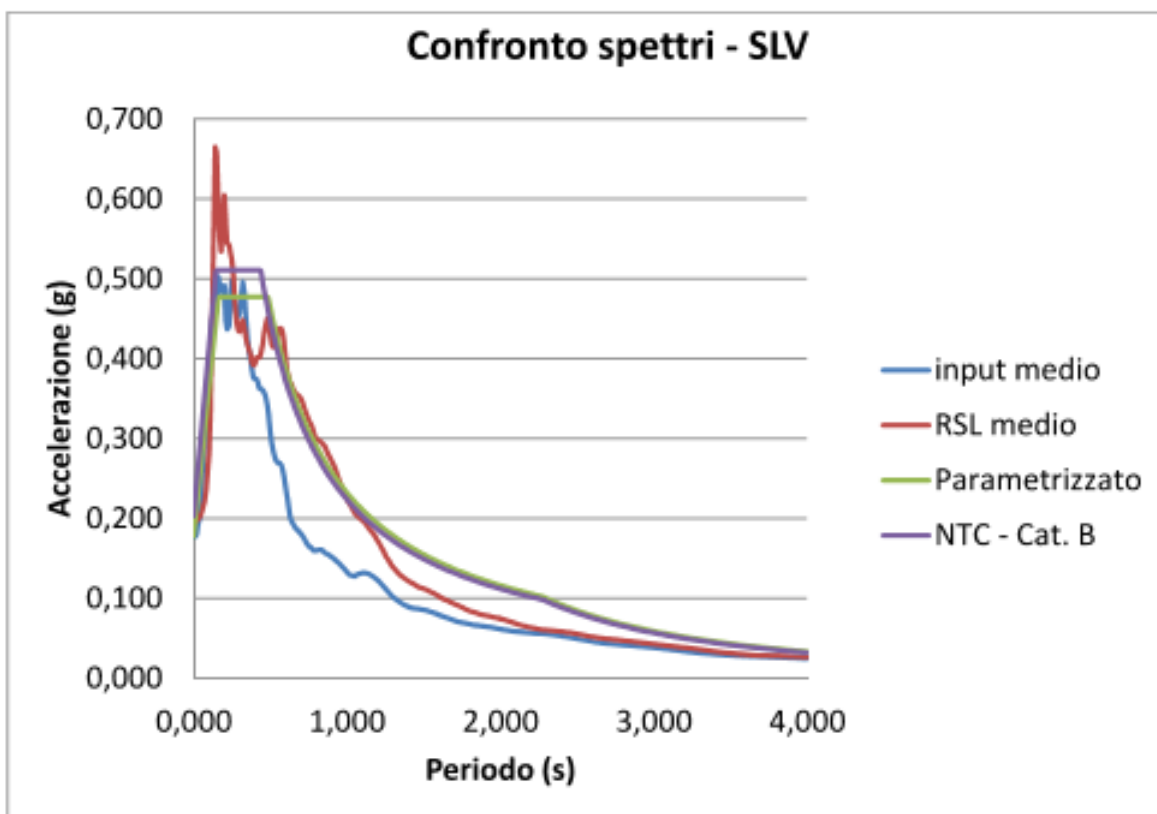
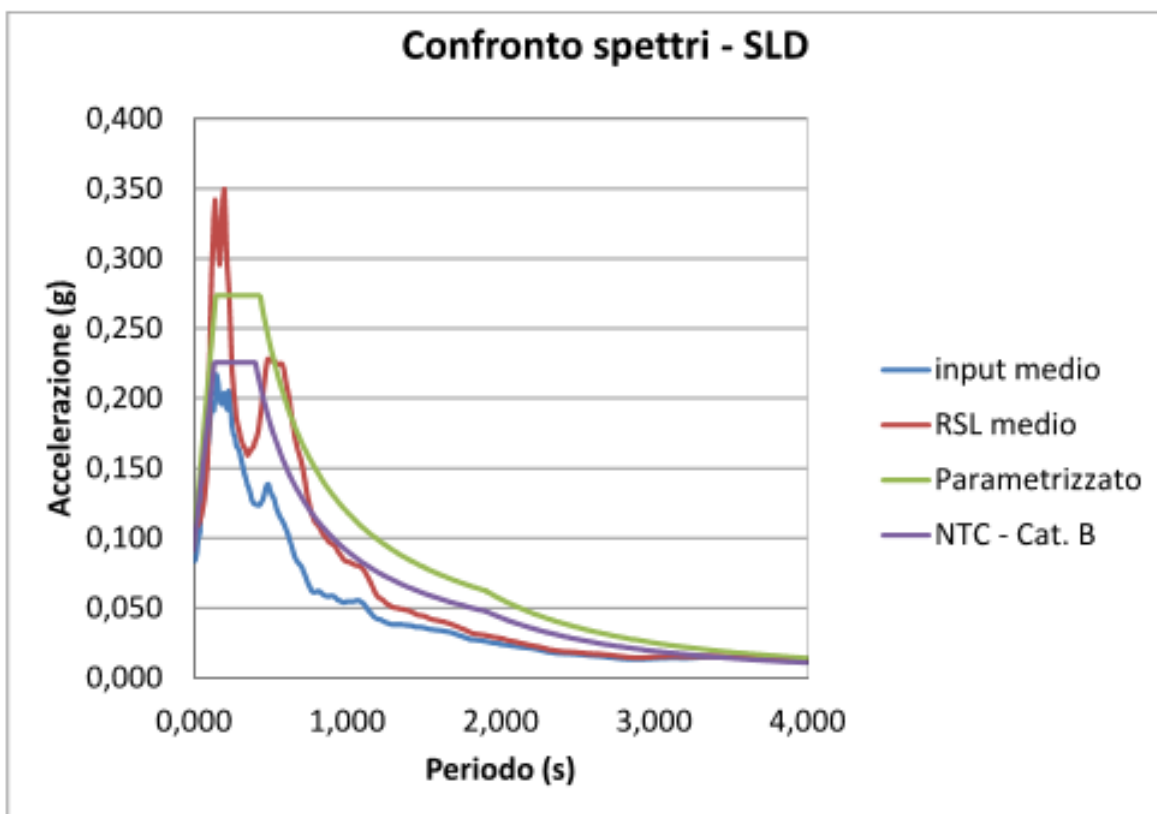


## CONFRONTO TRA GLI SPETTRI

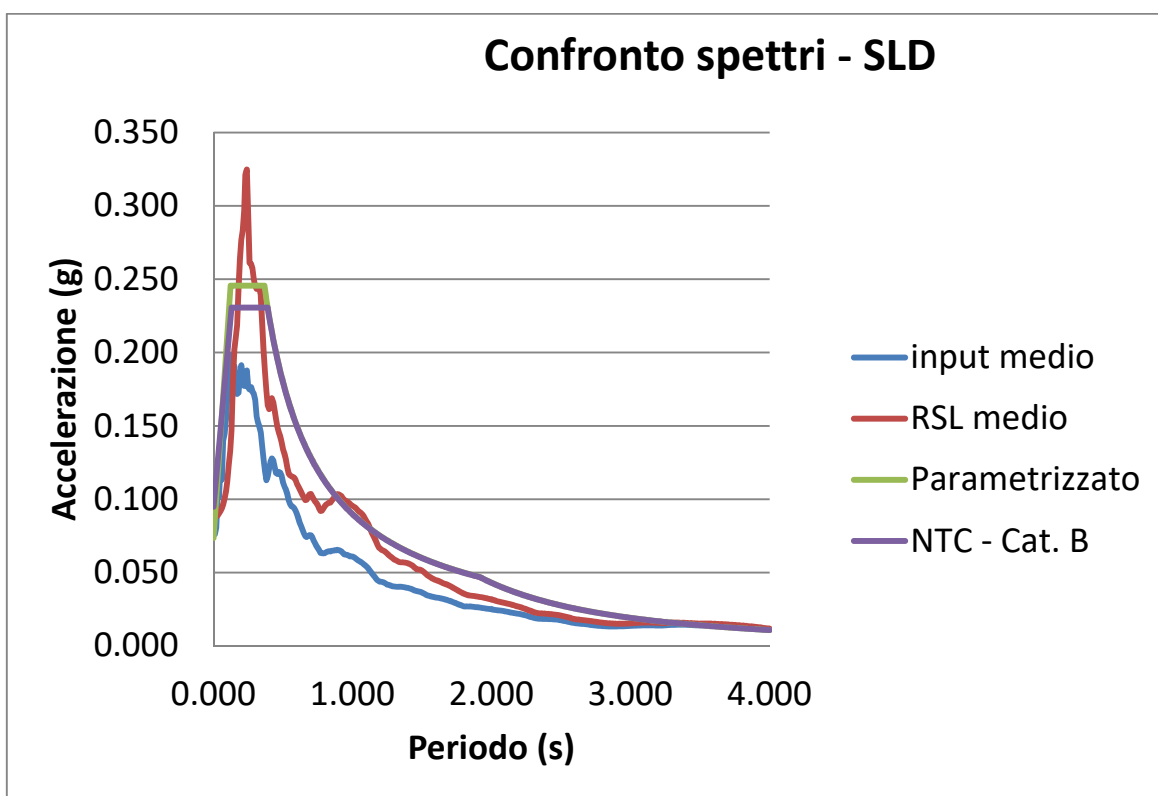
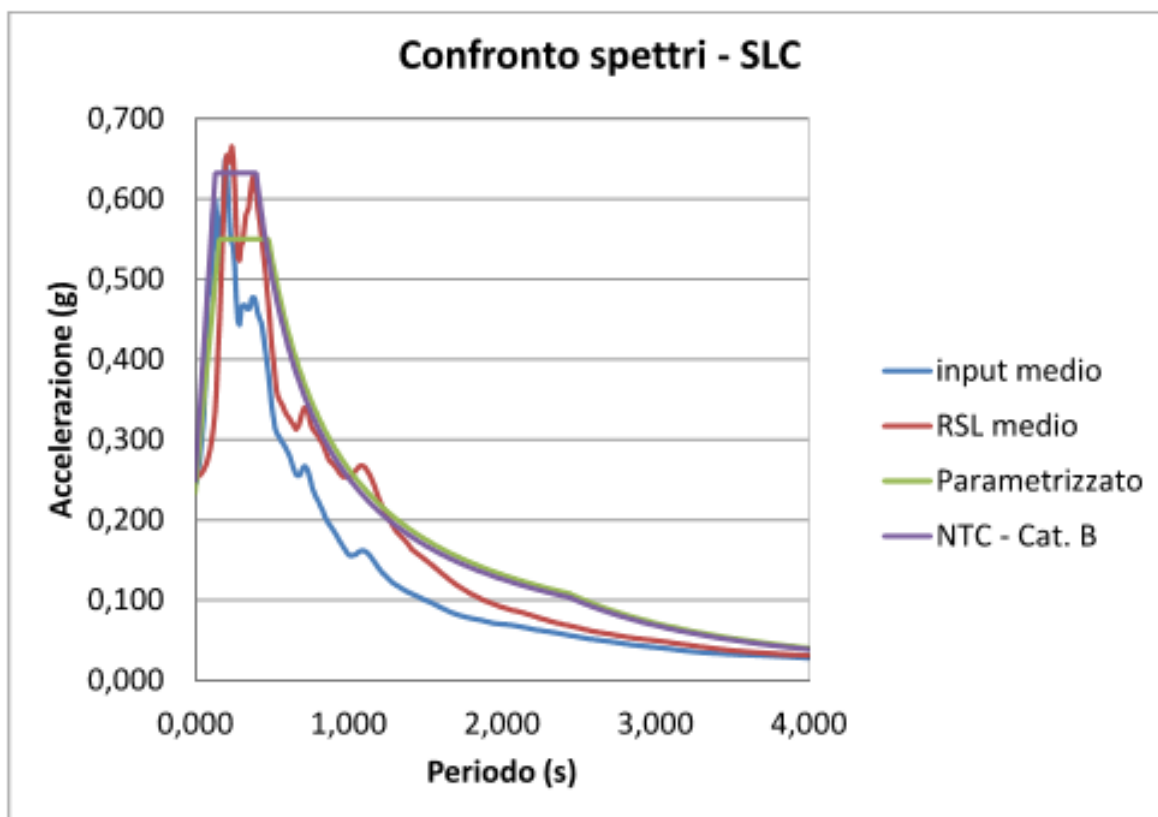
Di seguito vengono graficizzati, per ciascun stato limite, il confronto tra i seguenti spettri:

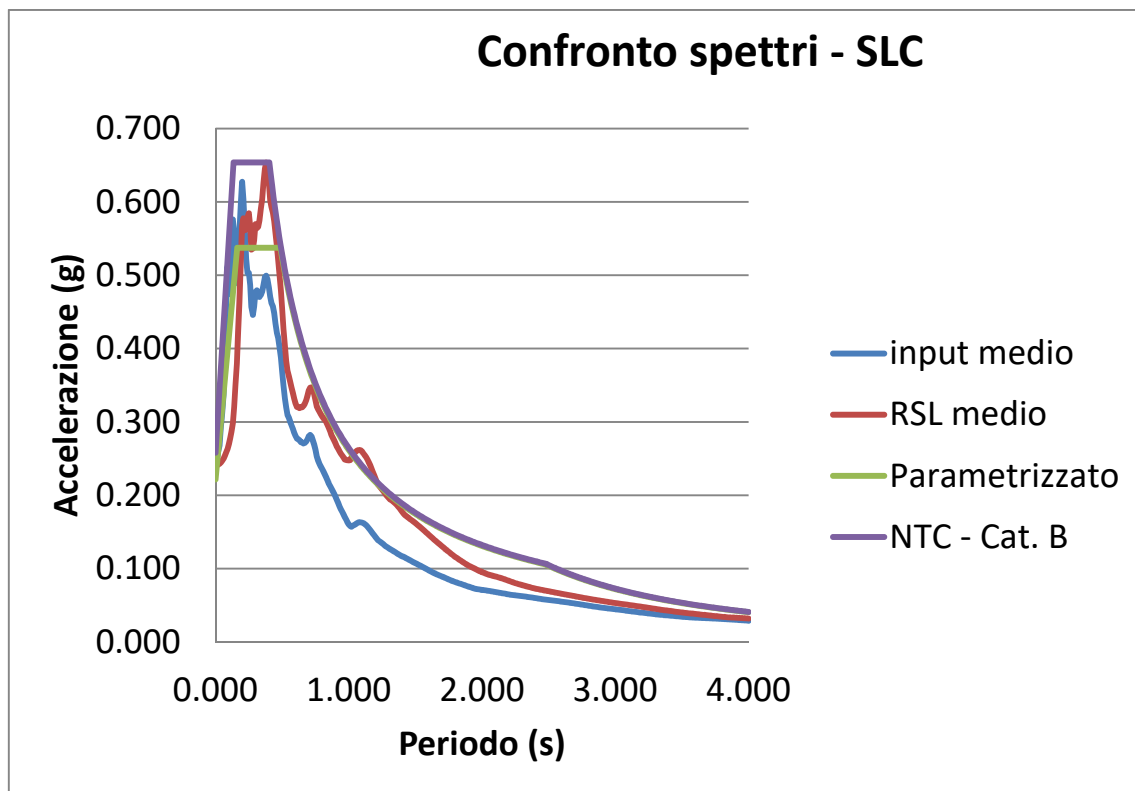
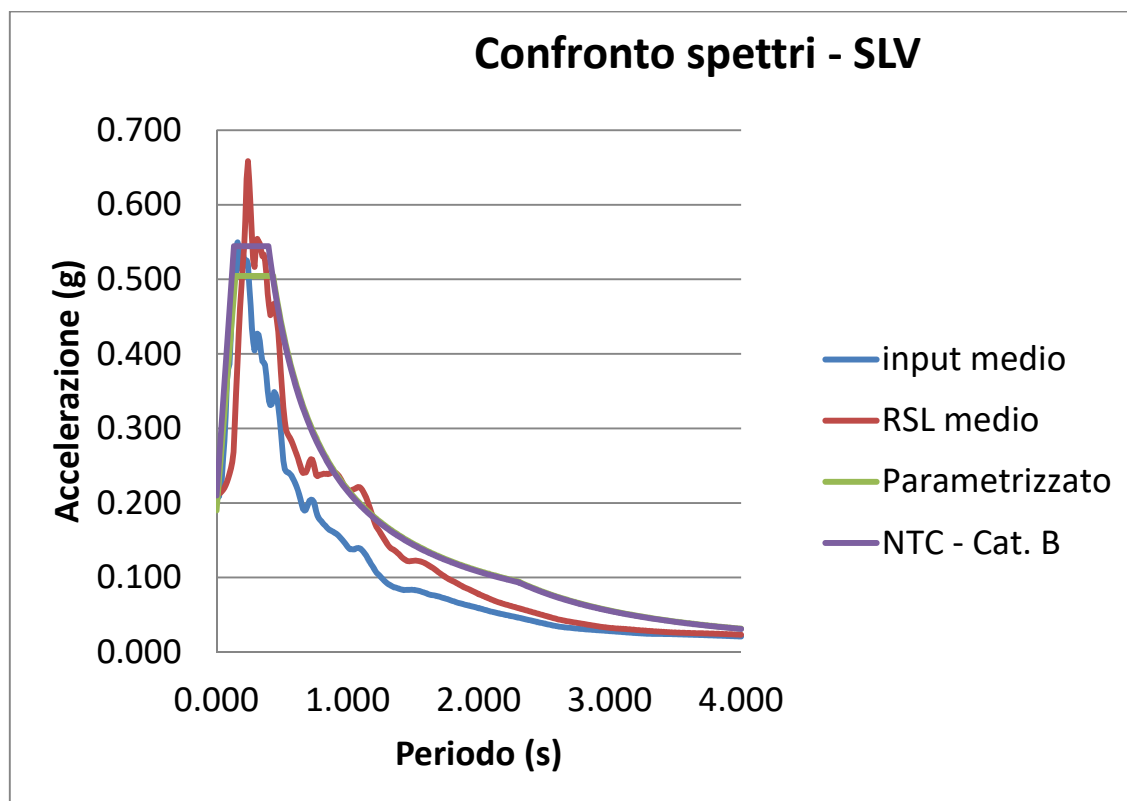
- Spettro di normativa ottenuto col metodo semplificato;
- Spettro medio di input;
- Spettro medio di output, ottenuto con lo studio di RSL;
- Spettro normalizzato, ottenuto applicando i suggerimenti dagli "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica" (GdL MS, 2008 – parti I e II – punto 2.5.4.3.1 pag 92).











---

## CONCLUSIONI

---

### MODELLO GEOLOGICO-TECNICO E SISMICO

---

### SCHEMA DI SINTESI

---

### MODELLAZIONE GEOLOGICA COME DA ALLEGATO "B"

---

## MODELLO GEOLOGICO-TECNICO E SISMICO

L'area interessata dagli interventi in progetto è caratterizzata ad una morfologia sub-pianeggiante, con leggero declivio in direzione W-S-E. L'altimetria oscilla tra i 235 ed i 240 m s.l.m.; le pendenze, contenute entro il 5%, consentono di inquadrare il sito nella classe di acclività compresa tra 0 e 15° corrispondente alla categoria T1, ovvero comprendente quelle aree caratterizzate da una superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati. Le acque meteoriche e di risulta ricadenti nell'area e che non si infiltrano nel terreno vengono intercettate dal sistema di caditoie esistente e convogliate nella rete delle acque chiare comunale.

Riguardo la stabilità del sito le indagini condotte hanno evidenziato discreti requisiti geomorfologici del settore. Non si ravvisano, nel sito o nei suoi immediati dintorni, tracce di processi morfogenetici in atto. L'area di intervento non è interessata da dissesti o fenomeni gravitativi né si sono osservate altre dinamiche morfoattive. Non si individuano nel sito condizioni tali da costituire pericolo in caso di amplificazione locale del moto sismico.

L'area come già precedentemente anticipato rientra per competenza, relativamente alle problematiche derivanti dall'assetto idrogeologico, nell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Liri-Garigliano e Volturno, per la cui pianificazione lo strumento adottato è il PAI (Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico) secondo il quale il sito in esame non ricade all'interno di aree soggette a rischio idraulico, frane ed inondazioni e pertanto non si applicano le prescrizioni contenute nelle Norme Tecniche di Attuazione con conseguenti limitazioni alle attività di trasformazione del territorio. L'elaborato grafico di seguito allegato si evidenzia l'ubicazione dell'area d'intervento rispetto ad aree censite a pericolosità da frana "AA" (aree d'attenzione, campitura gialla).

Non sussistono allo stato attuale dei processi in essere, altri elementi morfologici meritevoli di rilievo ai fini della presente relazione.

Dal punto di vista litostratigrafico i terreni affioranti e costituenti il sottosuolo dell'area interessata dai manufatti in progetto risultano essere rappresentati, procedendo dal p.c. ed andando in profondità ed al di sotto di una coltre di terreno di riporto inferiore al metro, da una alternanza di limi argillosi e limi sabbiosi, intercettati fino alla profondità di 11.5 m, a cui seguono delle sabbie limose e dei limi sabbiosi. Alla profondità di 21.4 m si rinvenivano dei limi argillosi debolmente sabbiosi ed argille limose di colore grigio, che alla profondità di 27.0 m passano a delle sabbie limose e limi sabbiosi intercettati nella perforazione eseguita fino a fondo foro (-35.0 m).

Così come evidenziato nello stralcio delle Carta Geologica d'Italia in precedenza allegata, oltre ad un sistema di faglie, incerte o sepolte, orientate in direzione appenninica ed anti-appenninica, non si ravvisano altri elementi tettonici di rilievo ai fini della presente relazione.

La falda acquifera di base ha il suo livello statico individuabile ad una profondità di 35/55 m dal p.c., profondità che autorizza ad escludere eventuali interferenze di questa con il volume significativo delle strutture in progetto. Non si esclude comunque la presenza di circolazioni idriche più superficiali e di minore entità legate al regime pluviometrico stagionale.

L'assenza nel sottosuolo in esame di una falda acquifera entro i primi 15 m dal p.c. autorizza a considerare, in occasione eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  superiore a 5 e accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero maggiori di 0,1 g, il terreno in esame non suscettibile di liquefazione.

Le indagini eseguite non hanno evidenziato lungo ciascuna verticale indagata, la presenza di cavità ipogee.

Pareti sub-verticali di altezza significativa realizzate in litotipi sabbiosi sono da considerarsi potenzialmente instabili. Si consiglia pertanto, per ovviare ad incidenti legati al franamento di porzioni anche limitate del fronte di scavo, di attrezzarle con adeguate opere di contenimento opportunamente progettate, valutando con attenzione i sovraccarichi, permanenti o accidentali, al contorno.

Relativamente all'aspetto sismico le indagini geofisiche eseguite hanno consentito di catalogare il sottosuolo in studio come un sottosuolo di tipo "B", ovvero 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.

Categoria della superficie topografica "T1" (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ).

I terreni caratterizzanti il sottosuolo in esame non sono suscettibili di liquefazione.

Non essendo noti allo scrivente i carichi di esercizio dei manufatti in progetto, nel presente elaborato non vengono quindi fornite indicazioni relative alla profondità del piano d'imposta, alla geometria ed alla tipologia fondazionale, indicazioni per le quali si rimanda all'elaborato progettuale definitivo.

Considerato il modello geologico-tecnico e sismico determinato per il sito in esame, si ritiene che la realizzazione delle opere in progetto non possa modificare la stabilità complessiva dell'area. Non sussistono a parere dello scrivente ed allo stato attuale dei processi in essere, elementi ostativi alla realizzazione di quanto in progetto.

La validità delle ipotesi di progetto dovranno essere verificate durante la realizzazione dell'opera, considerando oltre ai dati raccolti nella stessa fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure ed osservazioni nel corso dei lavori. Eventuali anomalie risultanti in fase di esecuzione dell'opera, dovranno essere tempestivamente comunicate allo scrivente che si riserverà, in accordo con i tecnici incaricati, di adeguare o meno il progetto alle nuove condizioni riscontrate.

## BIBLIOGRAFIA

- 
- AA.VV. - Guide Geologiche Regionali – Lazio – Ed. BE-MA, 1993.
  - AA.VV. - Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia – Vol. L, IPZS, 1995.
  - AA.VV. - Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia – Vol. LXXX, SELCA. Firenze, 2008.
  - Capelli G., Mazza R., Gazzetti C. - Strumenti e strategie per la tutela e l'uso della risorsa idrica nel Lazio – Pitagora Ed., 2005.
  - ISPRA - Carta Geologica d'Italia, Foglio 389 "Anagni" Progetto CARG in Scala 1:50.000.
  - ISPRA - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000.
-



## SCHEDA DI SINTESI

Comune	COLLEFERRO
Zona sismica	2B
Pericolosità geologica del sito	MEDIA
Livello di vulnerabilità dell'opera	MEDIO
Tipologia d'intervento	REALIZZAZIONE DELLA NUOVA SEDE DELL'ISTITUTO P.I.A. "PARODI-DELFINO"
Classe d'Uso	III
Studio di MS I livello validato	SI
Zona sismica da MS di I° Livello	ZONA STABILE SUSCETTIBILE DI AMPLIFICAZIONI LOCALI
Ubicazione falda acquifera di base	35/55 m dal p.c.
Presenza circolazioni idriche superficiali	PROBABILE
Acclività dell'area	<5%
Rischio idrogeologico	NO
Rischio geologico	NO
Rischio liquefazione	NO
Stabilità dell'area	AREA STABILE
Vs30	368/371 m/sec
Categoria suolo di fondazione	B
Categoria della superficie topografica	T1
Elementi ostativi fattibilità intervento	NESUNO
Prescrizioni progettuali	NESSUNA

Committente: Città metropolitana di Roma	Geologo: A. Di Ninni	Perforazione: Rotazione	<b>S1</b>
Opera: Sondaggio geognostico	Operatore: C. De Angelis	Rivestimento: 127 mm	Scala: 1:100
Località: Colferro (RM)	Unità: Giannrent 800	Coordinate:	Data inizio: 25/05/22
Campionatore:	Sh=Shelby; Mz=Mazier; Os=Osterberg; Dn=Denison; T2; T6; T6S	Quota s.l.m.:	Data fine: 25/05/22




Profondità(m)	Spessore (m)	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica:	Falda (m)	Pocket Penetrometer (Kg/cmq) 1 2 3 4	tubo in PVC*	Rivestimento	S.P.T.	Campioni	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGIO S1 1 di 2
0.00 0.50	0.50		Riporto							
			<i>Limi argillosi e Limi sabbiosi di colore grigio e grigio-rossastro. Diffuse sono le velature ocracee e nerastre. Si rinvencono, specie negli intervalli più sabbiosi, calcinelli millimetrici. A varie altezze si rilevano livelli cm di piroclasti.</i>		>5 >5 >5 >5			3.2m 9 11 13	C1	
	11.50							6.1m 10 12 16	C2	
								9.5m 5 7 8	C3	
11.50										
	8.0		<i>Sabbie limose e, talora, limi sabbiosi di colore grigio e grigio scuro. A varie altezze si rinvencono orizzonti prettamente scagliosi. Nella parte basale la colorazione assume sfumature rossastre.</i>							
20.00										

\* Foro attrezzato per sismica in foro tipo DOWN - HOLE



Terra Drilling Technology s.r.l.  
via Genova 45, 65122 PESCARA  
tel./fax 085.2401187 - cell. 335.7258128  
em@il: terra.drilling@gmail.com

Committente: Città metropolitana di Roma	Geologo: A. Di Ninni	Perforazione: Rotazione	<b>S1</b>
Opera: Sondaggio geognostico	Operatore: C. De Angelis	Rivestimento: 127 mm	Scala: 1:100
Località: Colleferro (RM)	Unità: Giannrent 800	Coordinate:	Data inizio: 25/05/22
Campionatore:	Sh=Shelby; Mz=Mazier; Os=Osterberg; Dn=Denison; T2; T6; T6S	Quota s.l.m.:	Data fine: 25/05/22

Profondità(m)	Spessore (m)	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica:	Falda (m)	Pocket Penetrometer (Kg/cmq) 1 2 3 4	tubo in PVC*	Rivestimento	S.P.T.	Campioni	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGIO S1 2 di 2
20.00	1.40		Sabbie limose e, talora, limi sabbiosi di colore grigio e grigio scuro. A varie altezze si rinvencono orizzonti prettamente scagliosi. Nella parte basale la colorazione assume sfumature rossastre.							
21.40										
23.60m	5.60	C2	Limi argillosi debolmente sabbiosi ed argille limose grigie con diffuse velature nerastre.							
24.10m										
27.00										
35.0	8.0		Sabbie limose e limi sabbiosi marroncini con diffusi calcinelli da millimetrici a centimetrici. Nella parte basale la colorazione assume sfumature grigiastre.							
40.00										

\* Foro attrezzato per sismica in foro tipo DOWN - HOLE



Terra Drilling Technology s.r.l.  
via Genova 45, 65122 PESCARA  
tel./fax 085.2401187 - cell. 335.7258128  
em@il: terra.drilling@gmail.com



Committente: Città metropolitana di Roma	Geologo: A. Di Ninni	Perforazione: Rotazione	<b>S2</b>
Opera: Sondaggio geognostico	Operatore: C. De Angelis	Rivestimento: 127 mm	Scala: 1:100
Località: Colleferro (RM)	Unità: Giannrent 800	Coordinate:	Data inizio: 24/05/22
Campionatore:	Sh=Shelby; Mz=Mazier; Os=Osterberg; Dn=Denison; T2; T6; T6S	Quota s.l.m.:	Data fine: 24/05/22

Profondità(m)	Spessore (m)	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica:	Falda (m)	Pocket Penetrometer (Kg/cm <sup>2</sup> ) 1 2 3 4	tubo in PVC*	Rivestimento	S.P.T.	Campioni	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGIO S2
0.00	0.70		Asfalto e sottofondo stradale		>5					
0.70					>5					
		C1	Limi argillosi debolmente sabbiosi marroncini. Si rinvencono in maniera diffusa calcinelli di natura carbonatica da millimetrici a centimetrici		>5				1.5m	
									2.0m	
	9.00							4.0m	7	
								9		
								12		
		C2								
9.70								8.0m	7.6m	
								9	C2	
								13		
								14		
	2.30		Sabbie grossolane e Sabbie limose avana marroncine. Talora si rinvencono calcinelli millimetrici di natura carbonatica					11.60m		
12.00								10		
								14		
								18		
	4.00	C3	Limi argillosi avana grigiastri. A varie altezze sono presenti intercalazioni ocracee di sabbia e sabbia limosa. Diffusi sono i calcinelli carbonatici di dimensioni millimetriche. Si rinvencono, inoltre, concrezioni carbonatiche a varie altezze		>5			14.00m		
16.00								14.60m	C3	
	4.00		Sabbie e sabbie limose avana con diffusi calcinelli da millimetrici a centimetrici di natura carbonatica. Da 19.00 m. a 19.50 m. si rileva un orizzonte di limo argilloso grigiastro. A varie altezze si rilevano livelli cm. di piroclasti		>5					
20.00										



Terra Drilling Technology s.r.l.  
via Genova 45, 65122 PESCARA  
tel./fax 085.2401187 – cell. 335.7258128  
em@il: terra.drilling@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1

Strumento utilizzato

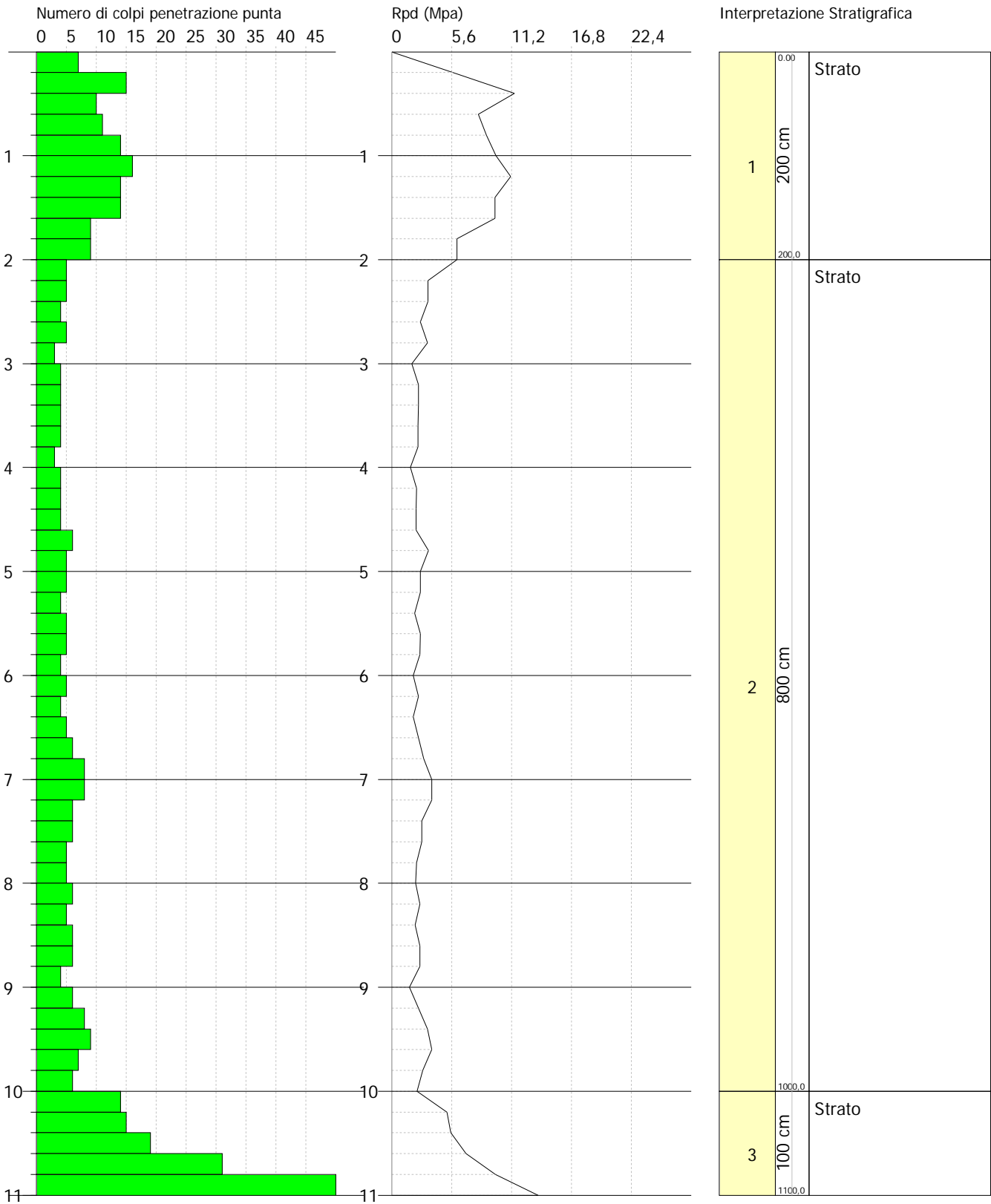
DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Roma Città metropolitana

Cantiere: Colleferro (RM)

Data: 28/07/2022

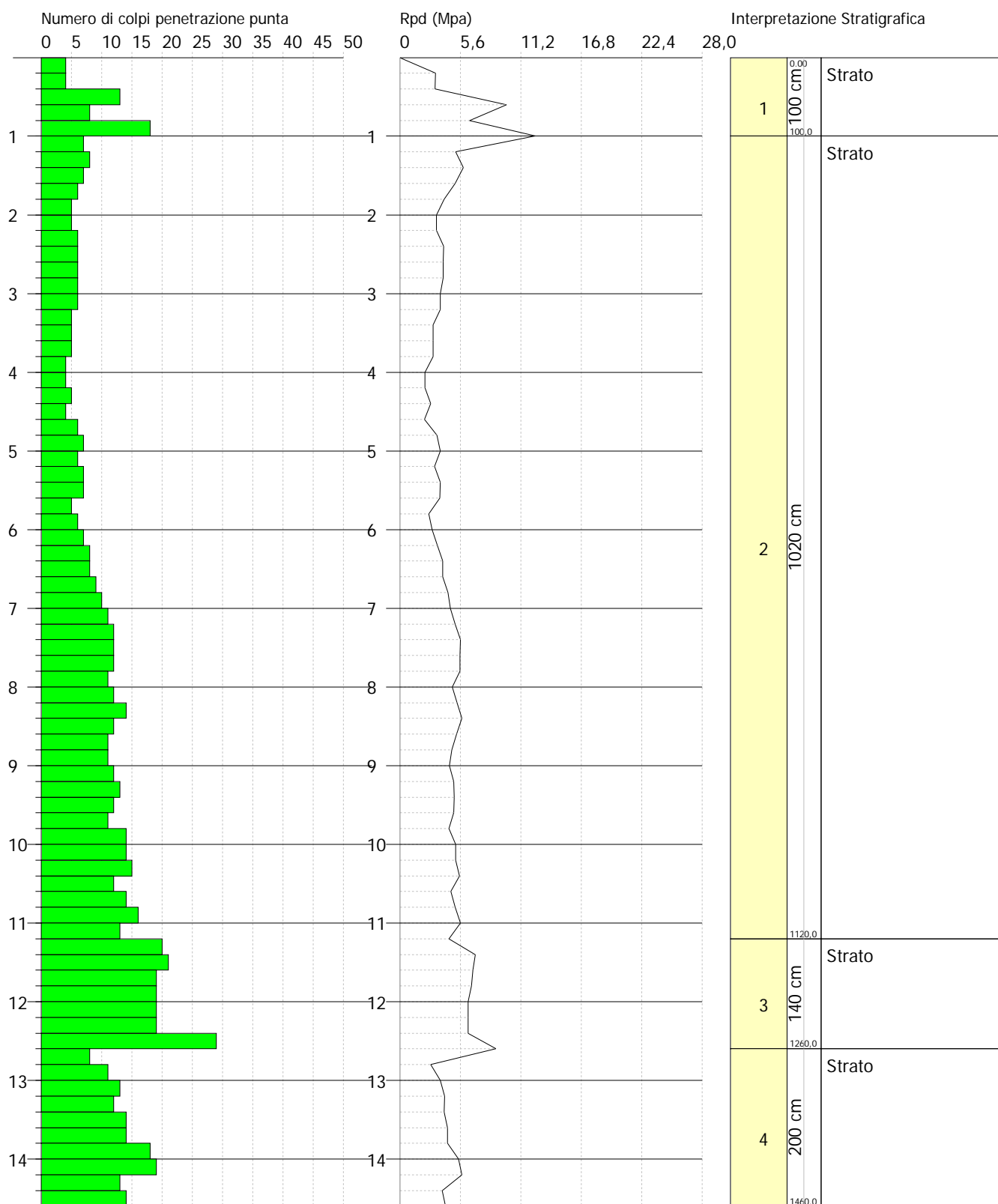
Scala 1:54



## DPSH TG 63-200 PAGANI

Data: 28/07/2022

Scala 1:72





**Report Indagini Geognostiche**

**Prove Penetrometriche Dinamiche tipo DPSH**

**ROMA CITTÀ METROPOLITANA – COLLEFERRO (RM)**

Pescara, Luglio 2022

TERRA DRILLING TECHNOLOGY  
**TERRA DRILLING TECHNOLOGY SRL**  
Via Genova, 45 - 65122 PESCARA  
P.IVA 01643890662

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Città Metropolitana di Roma  
Località: Colleferro (RM)

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 <sup>2</sup>
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  $\delta$ ) 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  $\alpha$ );
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$  ;
- 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:

<b>Tipo</b>	<b>Sigla di riferimento</b>	<b>peso della massa M</b> <i>(kg)</i>	<b>prof. max indagine battente</b> <i>(m)</i>
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  $A=10 \text{ cm}^2$  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  $A=10 \text{ cm}^2$  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  $D = 50.8 \text{ mm}$ , area base cono  $A=20.27 \text{ cm}^2$  rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente  $M=63.5 \text{ kg}$ , altezza caduta  $H=0.75 \text{ m}$ , avanzamento  $\delta=20\text{-}30 \text{ cm}$ , punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ\text{-}90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5 \text{ mm}$ , area base cono  $A = 20 \text{ cm}^2$ , 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. |
| $\delta$ | 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 ( $\delta / N$ ).  
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:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa' / \sigma_{v0})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (Liao \text{ e } Whitman \ 1986)$$

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

- 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***

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

$N_{spt}$  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 Dr %.
- 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 Dr 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 Dr % 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 Dr % 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  $\tau$  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 ( $K_o$ )***

- 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 , ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata  $C_u$  (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/cm<sup>2</sup>)-, 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 Nr.1**

Strumento utilizzato: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data: 24/05/2022

Profondità prova: 11,00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Minimo

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	7	0,855	5,70	6,67	285,06	333,55
0,40	15	0,801	11,45	14,29	572,35	714,74
0,60	10	0,847	8,07	9,53	403,60	476,50
0,80	11	0,843	8,84	10,48	442,03	524,15
1,00	14	0,790	9,75	12,34	487,38	617,12
1,20	16	0,786	11,09	14,11	554,54	705,28
1,40	14	0,783	9,66	12,34	483,12	617,12
1,60	14	0,780	9,62	12,34	481,08	617,12
1,80	9	0,826	6,56	7,93	327,82	396,72
2,00	9	0,823	6,08	7,38	303,82	369,07
2,20	5	0,820	3,36	4,10	168,16	205,04
2,40	5	0,817	3,35	4,10	167,55	205,04
2,60	4	0,814	2,67	3,28	133,56	164,03
2,80	5	0,811	3,33	4,10	166,37	205,04
3,00	3	0,809	1,86	2,30	93,01	115,01
3,20	4	0,806	2,47	3,07	123,60	153,35
3,40	4	0,803	2,46	3,07	123,20	153,35
3,60	4	0,801	2,46	3,07	122,81	153,35
3,80	4	0,798	2,45	3,07	122,43	153,35
4,00	3	0,796	1,72	2,16	85,95	107,98
4,20	4	0,794	2,29	2,88	114,27	143,97

4,40	4	0,791	2,28	2,88	113,94	143,97
4,60	4	0,789	2,27	2,88	113,62	143,97
4,80	6	0,787	3,40	4,32	169,97	215,95
5,00	5	0,785	2,66	3,39	133,13	169,59
5,20	5	0,783	2,66	3,39	132,79	169,59
5,40	4	0,781	2,12	2,71	105,96	135,67
5,60	5	0,779	2,64	3,39	132,13	169,59
5,80	5	0,777	2,64	3,39	131,82	169,59
6,00	4	0,775	1,99	2,57	99,47	128,27
6,20	5	0,774	2,48	3,21	124,06	160,34
6,40	4	0,772	1,98	2,57	99,03	128,27
6,60	5	0,770	2,47	3,21	123,52	160,34
6,80	6	0,769	2,96	3,85	147,92	192,41
7,00	8	0,767	3,73	4,87	186,65	243,29
7,20	8	0,766	3,73	4,87	186,27	243,29
7,40	6	0,764	2,79	3,65	139,43	182,47
7,60	6	0,763	2,78	3,65	139,17	182,47
7,80	5	0,761	2,32	3,04	115,76	152,06
8,00	5	0,760	2,20	2,89	109,87	144,58
8,20	6	0,759	2,63	3,47	131,61	173,50
8,40	5	0,757	2,19	2,89	109,49	144,58
8,60	6	0,756	2,62	3,47	131,16	173,50
8,80	6	0,755	2,62	3,47	130,94	173,50
9,00	4	0,753	1,66	2,20	83,07	110,25
9,20	6	0,752	2,49	3,31	124,41	165,37
9,40	8	0,751	3,31	4,41	165,62	220,50
9,60	9	0,750	3,72	4,96	186,03	248,06
9,80	7	0,749	2,89	3,86	144,47	192,94
10,00	6	0,748	2,36	3,16	118,12	157,97
10,20	14	0,697	5,14	7,37	256,77	368,61
10,40	15	0,696	5,49	7,90	274,69	394,94
10,60	19	0,694	6,95	10,01	347,40	500,25
10,80	31	0,593	9,69	16,32	484,33	816,20
11,00	50	0,542	13,67	25,20	683,39	1260,08

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tension e efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizi one
2	7	6,67	Incoerente - coesivo	0	19,42	21,38	19,42	1,5	10,53	Strato
10	3	2,16	Incoerente - coesivo	0	16,97	18,34	106,72	1,5	4,51	Strato
11	14	7,37	Incoerente - coesivo	0	20,59	20,79	184,9	1,5	21,06	Strato

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata (KPa)

	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	10,53	2,00	69,73	129,06	49,03	41,29	101,40	200,06	91,20	121,90	51,58	156,61	129,06
[2] - Strato	4,51	10,00	27,65	55,31	24,52	17,95	42,95	64,82	40,01	75,41	22,16	0,00	55,31
[3] - Strato	21,06	11,00	139,45	258,11	98,07	79,73	204,47	221,14	174,36	213,98	103,26	207,02	258,11

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - Strato	10,53	2,00	Robertson (1983)	2,07
[2] - Strato	4,51	10,00	Robertson (1983)	0,88
[3] - Strato	21,06	11,00	Robertson (1983)	4,13

#### Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato	10,53	2,00	4,74	--	10,71	10,33
[2] - Strato	4,51	10,00	2,03	6,63	4,69	5,53
[3] - Strato	21,06	11,00	9,48	--	21,24	20,65

#### Modulo di Young (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato	10,53	2,00	9,87	10,33
[2] - Strato	4,51	10,00	3,09	4,42
[3] - Strato	21,06	11,00	21,75	20,65

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	10,53	2,00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[2] - Strato	4,51	10,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - Strato	21,06	11,00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
[1] - Strato	10,53	2,00	Meyerhof	19,42
[2] - Strato	4,51	10,00	Meyerhof	16,97
[3] - Strato	21,06	11,00	Meyerhof	20,59

#### Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
[1] - Strato	10,53	2,00	Meyerhof	21,38
[2] - Strato	4,51	10,00	Meyerhof	18,34
[3] - Strato	21,06	11,00	Meyerhof	20,79

#### Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	10,53	2,00	Ohta & Goto (1978) Limi	102,8
[2] - Strato	4,51	10,00	Ohta & Goto (1978) Limi	125,45
[3] - Strato	21,06	11,00	Ohta & Goto (1978) Limi	182,46

## TERRENI INCOERENTI

### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	10,53	2,00	37,93	71,91	80,61	34,15
[2] - Strato	4,51	10,00	10,32	33,35	34,39	19,52
[3] - Strato	21,06	11,00	31,14	59,94	62,21	52,77

### 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	10,53	2,00	10,53	30,01	23,01	30,95	32,33	33,87	38,07	<30	27,57	30,16	38,8	29,51
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	28,29	21,29	29,26	27,26	31,46	0	<30	23,22	28,35	28,01	24,5
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	33,02	26,02	33,9	28,56	37,38	36,39	30-32	32,77	33,32	38,44	35,52

### Modulo di Young (Mpa)

	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	10,53	2,00	10,53	22,71	8,26	12,25	25,40	12,52
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	---	3,54	---	---	---
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	32,12	16,52	24,44	33,14	17,68

### Modulo Edometrico (Mpa)

	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	10,53	2,00	10,53	6,20	4,81	7,33	8,33
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	---	3,60	3,14	5,70
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	12,39	6,94	14,66	12,94

### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	10,53	2,00	10,53	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] - Strato	10,53	2,00	10,53	Meyerhof ed altri	17,16
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	Meyerhof ed altri	14,91
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	Meyerhof ed altri	19,71

### Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] - Strato	10,53	2,00	10,53	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,83
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,44
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,52

#### Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	10,53	2,00	10,53	(A.G.I.)	0,33
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	(A.G.I.)	0,34
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	(A.G.I.)	0,31

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	10,53	2,00	10,53	58,28	51,66
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	26,26	30,77
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	111,81	78,90

#### Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	10,53	2,00	10,53	Ohta & Goto (1978) Limi	102,8
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	Ohta & Goto (1978) Limi	125,45
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	Ohta & Goto (1978) Limi	182,46

#### Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Strato	10,53	2,00	10,53	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	Seed e Idriss (1971)	--

#### Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{vh}/\sigma_{v0}$

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$K_0$
[1] - Strato	10,53	2,00	10,53	Navfac 1971-1982	2,22
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	Navfac 1971-1982	0,87
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	Navfac 1971-1982	4,23

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - Strato	10,53	2,00	10,53	Robertson 1983	2,07
[2] - Strato	4,51	10,00	4,51	Robertson 1983	0,88
[3] - Strato	21,06	11,00	21,06	Robertson 1983	4,13



Postazione DPSH1

**PROVA Nr.2**

Strumento utilizzato: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data: 24/05/2022

Profondità prova: 14,60 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Minimo

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	4	0,855	3,26	3,81	162,89	190,60
0,40	4	0,851	3,24	3,81	162,16	190,60
0,60	13	0,797	9,87	12,39	493,70	619,45
0,80	8	0,843	6,43	7,62	321,48	381,20
1,00	18	0,790	12,53	15,87	626,63	793,44
1,20	7	0,836	5,16	6,17	258,04	308,56
1,40	8	0,833	5,87	7,05	293,70	352,64
1,60	7	0,830	5,12	6,17	255,97	308,56
1,80	6	0,826	4,37	5,29	218,55	264,48
2,00	5	0,823	3,38	4,10	168,79	205,04
2,20	5	0,820	3,36	4,10	168,16	205,04
2,40	6	0,817	4,02	4,92	201,06	246,05
2,60	6	0,814	4,01	4,92	200,34	246,05
2,80	6	0,811	3,99	4,92	199,65	246,05
3,00	6	0,809	3,72	4,60	186,01	230,02
3,20	6	0,806	3,71	4,60	185,40	230,02
3,40	5	0,803	3,08	3,83	154,00	191,68
3,60	5	0,801	3,07	3,83	153,51	191,68
3,80	5	0,798	3,06	3,83	153,04	191,68
4,00	4	0,796	2,29	2,88	114,60	143,97
4,20	4	0,794	2,29	2,88	114,27	143,97
4,40	5	0,791	2,85	3,60	142,43	179,96
4,60	4	0,789	2,27	2,88	113,62	143,97
4,80	6	0,787	3,40	4,32	169,97	215,95
5,00	7	0,785	3,73	4,75	186,38	237,42
5,20	6	0,783	3,19	4,07	159,34	203,50
5,40	7	0,781	3,71	4,75	185,44	237,42
5,60	7	0,779	3,70	4,75	184,98	237,42
5,80	5	0,777	2,64	3,39	131,82	169,59
6,00	6	0,775	2,98	3,85	149,21	192,41
6,20	7	0,774	3,47	4,49	173,69	224,48
6,40	8	0,772	3,96	5,13	198,06	256,55
6,60	8	0,770	3,95	5,13	197,63	256,55
6,80	9	0,769	4,44	5,77	221,87	288,62
7,00	10	0,767	4,67	6,08	233,31	304,11
7,20	11	0,766	5,12	6,69	256,13	334,52
7,40	12	0,764	5,58	7,30	278,87	364,94
7,60	12	0,763	5,57	7,30	278,34	364,94
7,80	12	0,761	5,56	7,30	277,82	364,94
8,00	11	0,760	4,83	6,36	241,72	318,09
8,20	12	0,759	5,26	6,94	263,22	347,00
8,40	14	0,707	5,73	8,10	286,32	404,84
8,60	12	0,756	5,25	6,94	262,32	347,00
8,80	11	0,755	4,80	6,36	240,06	318,09
9,00	11	0,753	4,57	6,06	228,45	303,19
9,20	12	0,752	4,98	6,61	248,82	330,75
9,40	13	0,701	5,02	7,17	251,22	358,31
9,60	12	0,750	4,96	6,61	248,05	330,75
9,80	11	0,749	4,54	6,06	227,03	303,19
10,00	14	0,698	5,14	7,37	257,18	368,61
10,20	14	0,697	5,14	7,37	256,77	368,61
10,40	15	0,696	5,49	7,90	274,69	394,94
10,60	12	0,744	4,70	6,32	235,21	315,95
10,80	14	0,693	5,11	7,37	255,59	368,61
11,00	16	0,692	5,58	8,06	279,17	403,22
11,20	13	0,691	4,53	6,55	226,48	327,62
11,40	20	0,690	6,96	10,08	347,92	504,03
11,60	21	0,639	6,77	10,58	338,31	529,23
11,80	19	0,688	6,59	9,58	329,54	478,83



12,00	19	0,687	6,31	9,18	315,54	459,16
12,20	19	0,686	6,30	9,18	315,07	459,16
12,40	19	0,685	6,29	9,18	314,61	459,16
12,60	29	0,634	8,89	14,02	444,43	700,83
12,80	8	0,733	2,83	3,87	141,74	193,33
13,00	11	0,732	3,74	5,11	186,94	255,34
13,20	13	0,681	4,11	6,04	205,53	301,77
13,40	12	0,730	4,07	5,57	203,35	278,56
13,60	14	0,679	4,41	6,50	220,65	324,98
13,80	14	0,678	4,41	6,50	220,30	324,98
14,00	18	0,677	5,44	8,04	272,06	401,98
14,20	19	0,676	5,73	8,49	286,71	424,31
14,40	13	0,675	3,92	5,81	195,85	290,32
14,60	14	0,673	4,21	6,25	210,56	312,65

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1	4	3,81	Incoerente - coesivo	0	17,75	18,53	8,87	1,5	6,02	Strato
11,2	4	2,88	Incoerente - coesivo	0	17,75	18,53	108,28	1,5	6,02	Strato
12,6	19	9,18	Incoerente - coesivo	0	20,99	22,85	213,49	1,5	28,58	Strato
14,6	8	3,87	Incoerente - coesivo	0	19,81	21,77	248,0	1,5	12,03	Strato

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata (KPa)

	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	6,02	1,00	36,87	73,75	24,52	23,93	57,57	114,35	53,15	86,69	29,52	92,77	73,75
[2] - Strato	6,02	11,20	36,87	73,75	24,52	23,93	57,57	86,40	53,15	86,69	29,52	0,00	73,75
[3] - Strato	28,58	12,60	189,17	350,29	98,07	105,62	278,51	275,37	228,79	288,12	140,14	311,56	350,29
[4] - Strato	12,03	14,60	79,63	147,49	49,03	46,88	116,01	116,11	103,56	134,16	58,94	4,12	147,49

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - Strato	6,02	1,00	Robertson (1983)	1,18
[2] - Strato	6,02	11,20	Robertson (1983)	1,18
[3] - Strato	28,58	12,60	Robertson (1983)	5,61
[4] - Strato	12,03	14,60	Robertson (1983)	2,36

#### Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato	6,02	1,00	2,71	--	6,20	7,38
[2] - Strato	6,02	11,20	2,71	--	6,20	7,38
[3] - Strato	28,58	12,60	12,86	--	28,76	28,03
[4] - Strato	12,03	14,60	5,41	--	12,21	11,80

#### Modulo di Young (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato	6,02	1,00	4,79	5,90
[2] - Strato	6,02	11,20	4,79	5,90
[3] - Strato	28,58	12,60	30,23	28,03
[4] - Strato	12,03	14,60	11,57	11,80

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	6,02	1,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Strato	6,02	11,20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - Strato	28,58	12,60	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[4] - Strato	12,03	14,60	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
[1] - Strato	6,02	1,00	Meyerhof	17,75
[2] - Strato	6,02	11,20	Meyerhof	17,75
[3] - Strato	28,58	12,60	Meyerhof	20,99
[4] - Strato	12,03	14,60	Meyerhof	19,81

#### Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
[1] - Strato	6,02	1,00	Meyerhof	18,53
[2] - Strato	6,02	11,20	Meyerhof	18,53
[3] - Strato	28,58	12,60	Meyerhof	22,85
[4] - Strato	12,03	14,60	Meyerhof	21,77

#### Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	6,02	1,00	Ohta & Goto (1978) Limi	81,64
[2] - Strato	6,02	11,20	Ohta & Goto (1978) Limi	132,3
[3] - Strato	28,58	12,60	Ohta & Goto (1978) Limi	197,06
[4] - Strato	12,03	14,60	Ohta & Goto (1978) Limi	174,09

#### TERRENI INCOERENTI

##### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	6,02	1,00	28,66	57,95	75,75	23,5
[2] - Strato	6,02	11,20	14,83	38,36	39,33	23,5
[3] - Strato	28,58	12,60	35,14	66,19	69,32	62,03
[4] - Strato	12,03	14,60	16,41	40,53	44,08	37,3

##### 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)	Japane e National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato	6,02	1,00	6,02	28,72	21,72	29,69	33,12	32,09	0	<30	24,5	28,81	34,33	25,97
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	28,72	21,72	29,69	27,69	32,09	0	<30	24,5	28,81	30,48	25,97
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	35,17	28,17	36	28,74	39,35	37,27	32-35	35,71	35,57	40	38,91
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	30,44	23,44	31,37	27,01	34,42	33,67	30-32	28,43	30,61	31,11	30,51

##### Modulo di Young (Mpa)

	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	6,02	1,00	6,02	---	4,72	---	---	---
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	---	4,72	---	---	---
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	37,42	22,42	33,14	38,67	21,37
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	24,28	9,44	13,99	26,50	13,25

#### Modulo Edometrico (Mpa)

	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	6,02	1,00	6,02	---	3,91	4,19	6,36
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	---	3,91	4,19	6,36
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	16,82	8,45	19,90	16,23
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	7,08	5,12	8,38	8,99

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	6,02	1,00	6,02	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] - Strato	6,02	1,00	6,02	Meyerhof ed altri	15,49
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	Meyerhof ed altri	15,49
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	Meyerhof ed altri	20,79
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	Meyerhof ed altri	17,65

#### Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] - Strato	6,02	1,00	6,02	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,53
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,53
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,91
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,93

#### Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	6,02	1,00	6,02	(A.G.I.)	0,34
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	(A.G.I.)	0,34
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	(A.G.I.)	0,3
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	(A.G.I.)	0,33

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	6,02	1,00	6,02	34,46	36,71
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	34,46	36,71
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	148,98	95,08
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	66,05	56,04

#### Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	6,02	1,00	6,02	Ohta & Goto (1978) Limi	81,64
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	Ohta & Goto (1978) Limi	132,3
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	Ohta & Goto (1978) Limi	197,06

[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	Ohta & Goto (1978) Limi	174,09
--------------	-------	-------	-------	----------------------------	--------

#### Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Strato	6,02	1,00	6,02	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	Seed e Idriss (1971)	--

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

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$K_0$
[1] - Strato	6,02	1,00	6,02	Navfac 1971-1982	1,22
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	Navfac 1971-1982	1,22
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	Navfac 1971-1982	5,41
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	Navfac 1971-1982	2,53

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - Strato	6,02	1,00	6,02	Robertson 1983	1,18
[2] - Strato	6,02	11,20	6,02	Robertson 1983	1,18
[3] - Strato	28,58	12,60	28,58	Robertson 1983	5,61
[4] - Strato	12,03	14,60	12,03	Robertson 1983	2,36



Postazione DPH2

## **PROSPEZIONE SISMICA IN FORO TIPO DOWN - HOLE**

**Comune di Collesferro (RM) – Roma Città Metropolitana**

Pescara Agosto 2022

TERRA DRILLING TECHNOLOGY  
**TERRA DRILLING TECHNOLOGY SRL**  
Via Genova, 45 - 65122 PESCARA  
P.IVA 01643890682

## 1.0 PREMESSA

---

Nel presente rapporto si espongono i risultati di una prova sismica in foro tipo Down - Hole eseguita nel Comune di Colleferro (RM) - Roma Città metropolitana, in conformità alle norme tecniche NTC2018 ed alle disposizioni di cui alla O.P.C.M. 3274/2003 e successive modificazioni.

La prova è stata effettuata ai fini della ricerca del parametro  $V_{seq}$  ed alla successiva definizione della Categoria Sismica del suolo.

Le norme tecniche per le costruzioni (NTC) definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, riguardo le loro prestazioni richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio e durabilità. Trattano pertanto gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere. Con il Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 17 gennaio 2018 è stato approvato testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni (NTC2018), di cui alla legge 5 novembre 1971, n. 1086, alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, ed al decreto legge 28 maggio 2004, n. 136, convertito, con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n. 186. Le NTC2018 sostituiscono quelle approvate con il decreto ministeriale 14 gennaio 2008. Le diversificate e complesse attività, già avviate con l'Ordinanza 3274/2003 e con l'NTC2008, hanno come fine ultimo il miglioramento della qualità dell'intero sistema costruito e quindi, in definitiva, un aumento della sicurezza di tutti i cittadini esposti al rischio sismico. Tale necessità è particolarmente evidente soprattutto nelle aree le quali, con l'applicazione dei nuovi criteri di classificazione, sono classificate con livelli di pericolosità medi ed alti e che vedono contestualmente la presenza di un patrimonio edilizio non recente o, di centri storici caratterizzati da un'elevata vulnerabilità in ragione delle loro tipologie costruttive ed urbanistiche. Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II dell'NTC2018, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2 dell'NTC2018. I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante

specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

Dove

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano d'imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite come:



**Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (come da NTC2018 Tab. 3.2.II)**

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

Le azioni sismiche, per queste cinque categorie di sottosuolo, sono definibili come descritto al § 3.2.3 dell' NTC2018.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

## **2.0 METODOLOGIA SISMICA IN FORO TIPO DOWN - HOLE**

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.

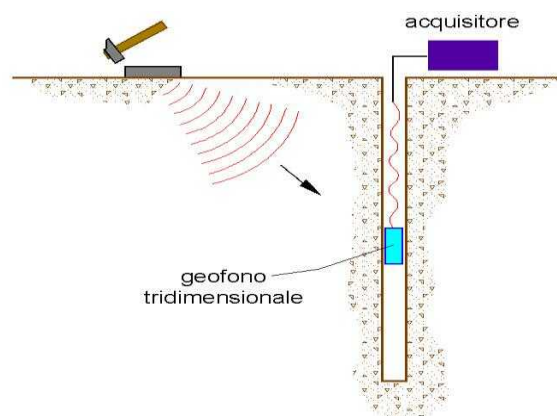
In seguito ad un sondaggio il foro è “rivestito” mediante tubi, generalmente in PVC, i quali vengono cementati tra le pareti del foro e il tubo stesso con una malta a ritiro controllato. Generalmente la malta è composta di acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso. Il fine di questa procedura è quello di far aderire lo strumento alla superficie del foro in modo da considerarlo un corpo unico col livello da considerare.

- Le componenti indispensabili per una misura DH consistono in:
- Un sistema di geofoni tridimensionali, con risposta in frequenza (4,5-14 Hz), direzionale e dotato di un sistema di ancoraggio alle pareti del tubo-foro;
- Un sismografo multi-canale;
- Una sorgente di onde sismiche con trasduttore (trigger) alloggiato nella stessa.

Per effettuare la Prova Down hole, si scende il sistema di geofoni (alloggiato all’interno di uno strumento), dentro il foro e lo si svolge tramite un cavo misurato, collegato ad una bobina (immagini in allegato). Il sistema è in grado di aderire e rimanere serrato alla parete del foro tramite opportune parti meccaniche.

Dopo aver fissato quindi lo strumento alla profondità desiderata, si generano i segnali sismici tramite un transiente verticale che colpisce la sorgente sismica.

Il sistema di geofoni riceve il segnale generato dall’impatto del transiente sulla sorgente, e lo invia al sismometro per la registrazione.



*Schema esemplificativo della sismica in foro tipo down hole*

La sorgente consiste in una piastra di alluminio adagiata in superficie ad una distanza di 1,0 – 2,5 m dal foro. Alla sorgente è agganciato il trasduttore di velocità utilizzato come trigger.

## Interpretazione 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,  $r$  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:

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

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:

Coefficiente di Poisson medio:

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

Modulo di deformazione a taglio medio:

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

Modulo di compressibilità edometrica medio:

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

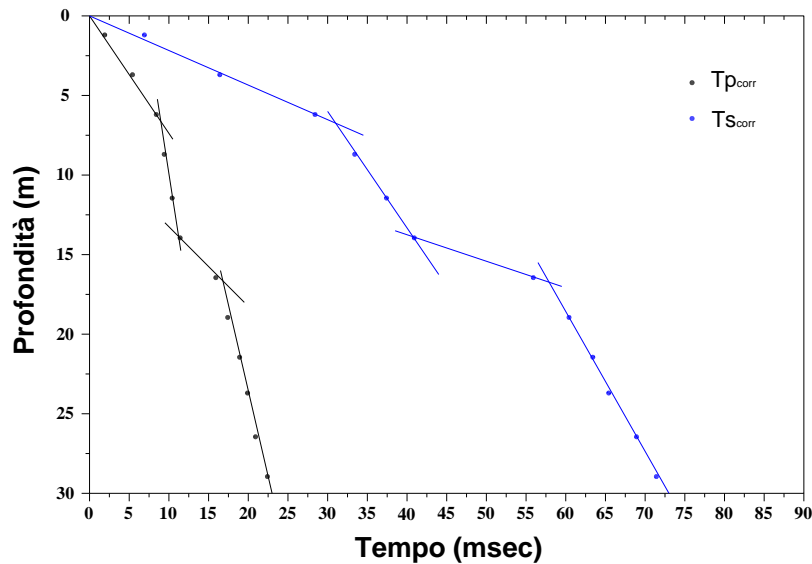
Modulo di Young medio:

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

Modulo di compressibilità volumetrica medio:

6.0)

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



*Dromocrone*

### Interpretazione metodo intervallo

Con il metodo intervallo i tempi di tragitto dell'onda sismica si misurano fra due ricevitori consecutivi posti a differente profondità, consentendo così di migliorare la qualità delle misure (velocità d'intervallo).

Quando si dispone di un solo ricevitore, cioè nell'ipotesi in cui le coppie non corrispondano ad un unico impulso, i valori di velocità determinati vengono definiti di pseudo-intervallo, consentendo solo un'apparente migliore definizione del profilo di velocità.

Ottenute le misure è possibile calcolare i tempi corretti con la formula 1.0) e la velocità intervallo delle onde P e S, con relativo grafico, con la formula seguente:

7.0)

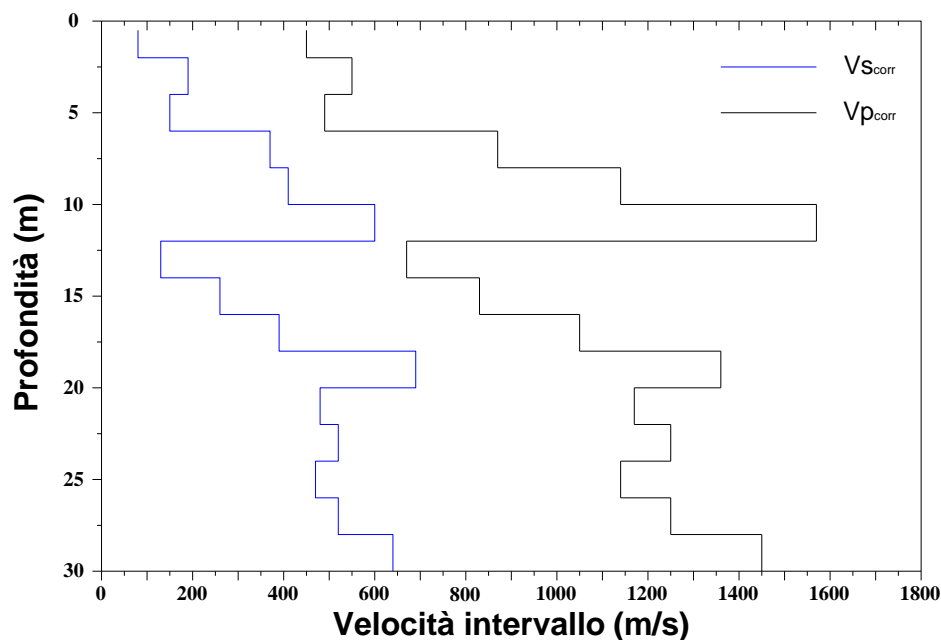
$$V_{p,s} = \frac{Z_2 - Z_1}{t_{2\text{corr}} - t_{1\text{corr}}}$$

Ottenute le velocità intervallo si calcolano la densità, il coefficiente di Poisson, il modulo di deformazione a taglio, il modulo di compressibilità edometrica, il modulo di Young, il modulo di compressibilità volumetrica per ogni intervallo con le formule riportate sopra.

Il metodo intervallo presenta dei limiti:

- non tiene conto della velocità degli strati sovrastanti;
- non è applicabile nel caso in cui  $t_{2corr} < t_{1corr}$ .

Ambedue le procedure d'interpretazione sopra descritte sono comunque suscettibili di una critica fondamentale, cioè si basano sull'ipotesi che i percorsi delle onde siano rettilinei e coincidenti con quelli che collegano la sorgente ai ricevitori. Di solito ciò non è esatto, dato che, prima di giungere ai ricevitori, le onde subiscono fenomeni di rifrazione che ne modificano il percorso.



### 3.0 CAMPAGNA DI ACQUISIZIONE DEL SEGNALE SISMICO

Lo strumento usato è un down hole della ditta Sara Electronic Instruments, con 5 canali di cui uno verticale e gli altri 4 orizzontali disposti a 0, 45, 90, e 135°. La sorgente sismica delle onde di volume si riferisce ad una piastra metallica (foto in allegato), mentre per quanto concerne la sorgente di onde di superficie di tipo SH è stato usato un parallelepipedo in legno.

La massa battente è costituita da un transiente verticale (con maglio da 5 kg).

Le sorgenti sono state disposte dalla bocca del foro ad una distanza di 1.0 metri. Durante la registrazione sono state effettuate misure ogni metro di profondità.

#### 4.0 ELABORAZIONE DI DATI

---

L'interpretazione e la determinazione delle velocità di propagazione sono state realizzate individuando su ciascuna traccia il tempo di primo arrivo e i tempi letti sono stati corretti in funzione della geometria del sistema (posizione della sorgente rispetto al foro e alla profondità di acquisizione) attraverso la seguente formula:

$$t^* = z / d \times t = z / \sqrt{z^2 + R^2} \times t$$

dove z è la profondità del ricevitore, d la distanza effettiva tra sorgente e ricevitore, R la distanza superficiale tra sorgente e centro foro, t il tempo determinato dalle tracce e t\* il tempo corretto.\

Le velocità dei vari strati sono state quindi determinate con la funzione di regressione lineare relativa a ciascuno degli intervalli rettilinei del diagramma tempi di arrivo – profondità, dove ogni punto rappresenta il tempo registrato dal singolo geofono.

Tutto il processo di elaborazione è stato eseguito con il programma Downhole della ditta Geostru Softwares.

## Dati generali

Località: Colleferro (RM) - Roma Città metropolitana

Data: 01/08/2022

Offset scoppio [m]	Numero di ricezioni	Posizione primo geofono [m]	Interdistanza (m)
1.5	35	1	1

## Dati misure down hole

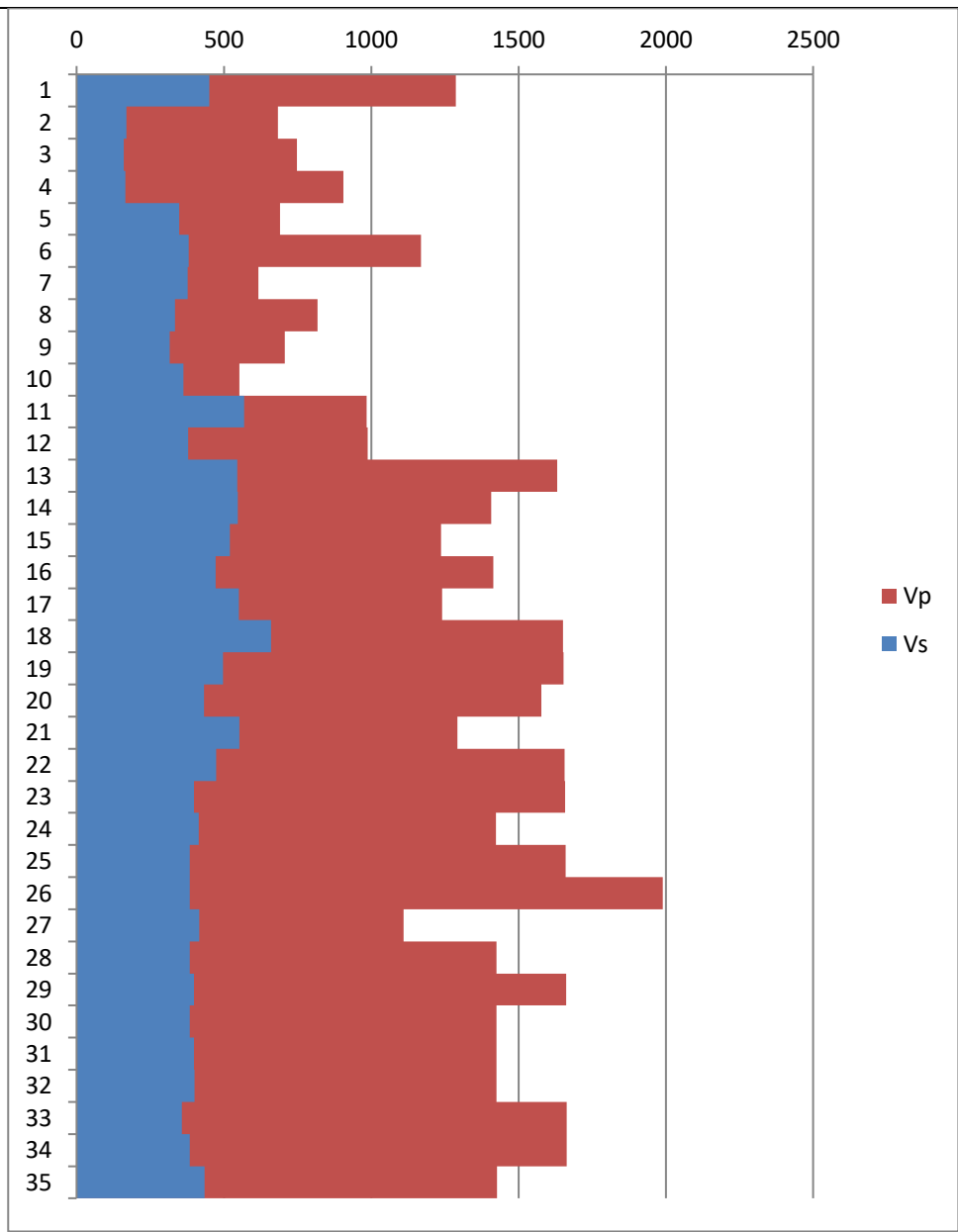
Registrazioni Nr.	Z [m]	Tp [msec]	Ts [msec]
1	1.00	1.40	4.00
2	2.00	2.80	10.20
3	3.00	4.00	16.10
4	4.00	5.00	21.80
5	5.00	6.40	24.30
6	6.00	7.20	26.70
7	7.00	8.80	29.20
8	8.00	10.00	32.10
9	9.00	11.40	35.20
10	10.00	13.20	37.90
11	11.00	14.20	39.60
12	12.00	15.20	42.20
13	13.00	15.80	44.00
14	14.00	16.50	45.80
15	15.00	17.30	47.70
16	16.00	18.00	49.80
17	17.00	18.80	51.60
18	18.00	19.40	53.10
19	19.00	20.00	55.10
20	20.00	20.63	57.40
21	21.00	21.40	59.20
22	22.00	22.00	61.30
23	23.00	22.60	63.80
24	24.00	23.30	66.20
25	25.00	23.90	68.80
26	26.00	24.40	71.40
27	27.00	25.30	73.80
28	28.00	26.00	76.40
29	29.00	26.60	78.90
30	30.00	27.30	81.50
31	31.00	28.00	84.00
32	32.00	28.70	86.50
33	33.00	29.30	89.30
34	34.00	29.90	91.90
35	35.00	30.60	94.20

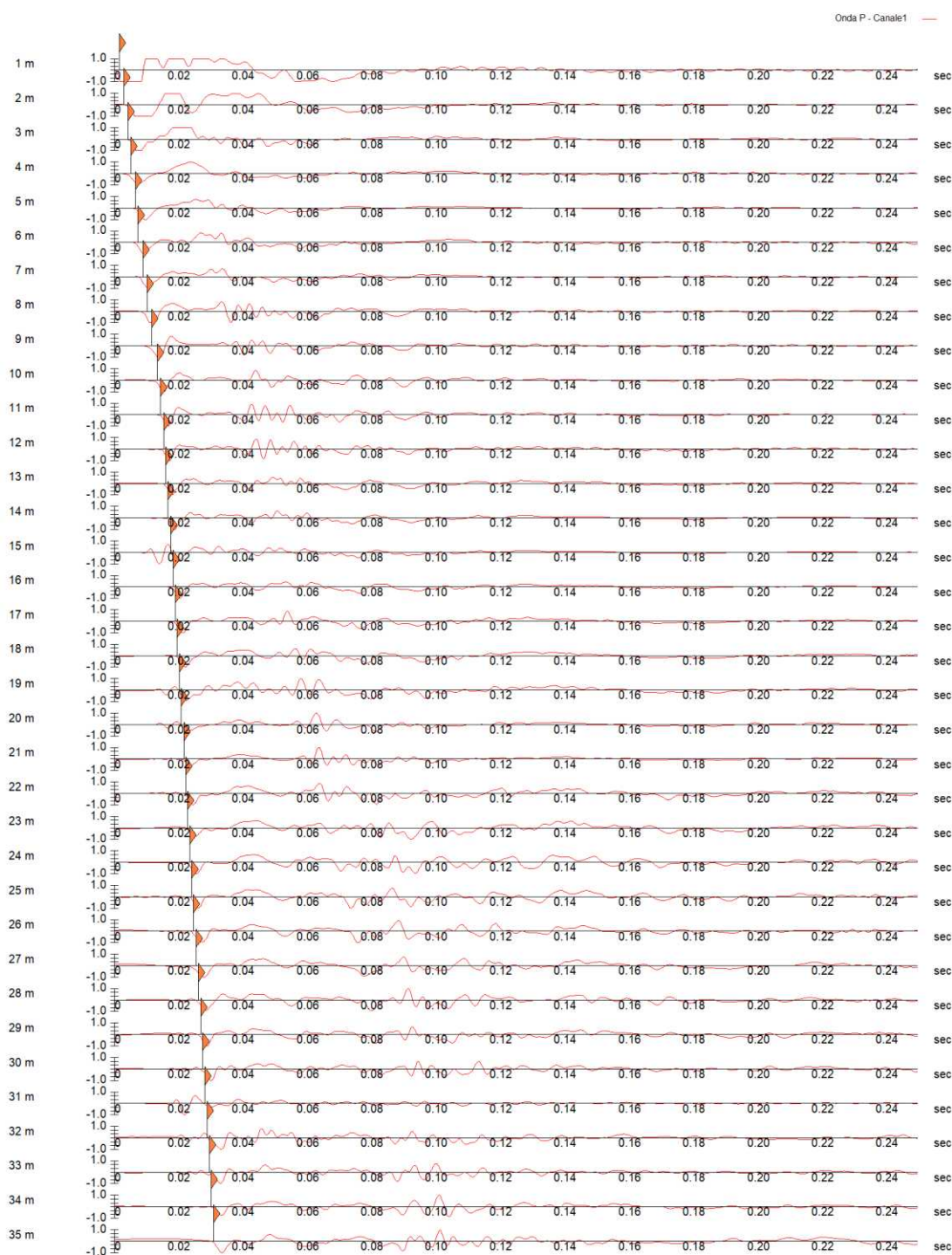


## Risultati

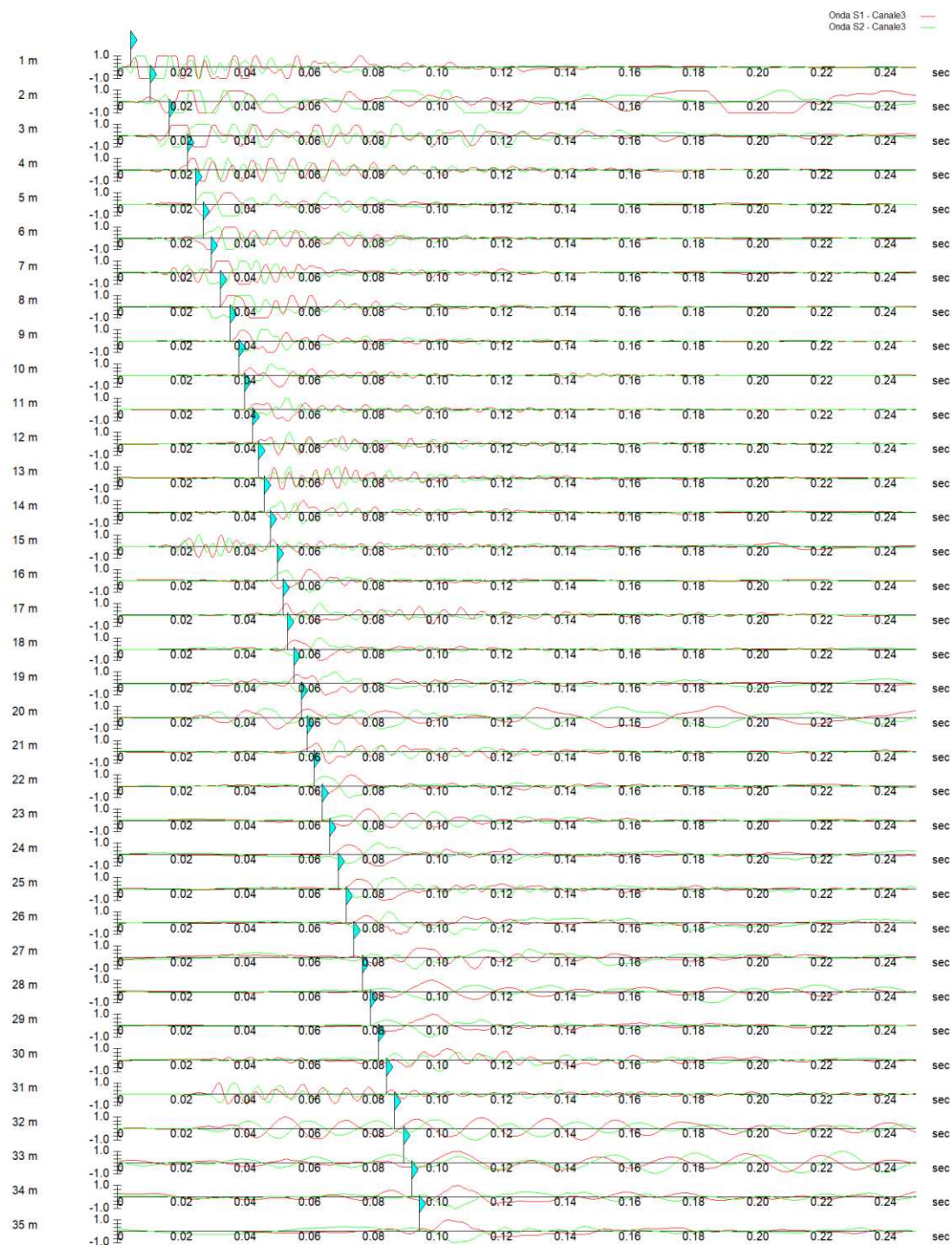
SR [m]	Tpcorr [msec]	Tscorr [msec]
1.8028	0.7766	2.2188
2.5000	2.2400	8.1600
3.3541	3.5777	14.4003
4.2720	4.6816	20.4120
5.2202	6.1301	23.2752
6.1847	6.9850	25.9028
7.1589	8.6047	28.5518
8.1394	9.8287	31.5502
9.1241	11.2449	34.7211
10.1119	13.0540	37.4807
11.1018	14.0698	39.2369
12.0934	15.0826	41.8741
13.0863	15.6959	43.7100
14.0801	16.4061	45.5394
15.0748	17.2141	47.4633
16.0702	17.9214	49.5826
17.0661	18.7272	51.4003
18.0624	19.3330	52.9166
19.0591	19.9380	54.9291
20.0562	20.5722	57.2392
21.0535	21.3456	59.0496
22.0511	21.9490	61.1580
23.0489	22.5521	63.6648
24.0468	23.2546	66.0711
25.0450	23.8571	68.6765
26.0432	24.3595	71.2815
27.0416	25.2611	73.6864
28.0402	25.9628	76.2906
29.0388	26.5645	78.7947
30.0375	27.2659	81.3983
31.0363	27.9673	83.9018
32.0351	28.6685	86.4051
33.0341	29.2698	89.2079
34.0331	29.8709	91.8107
35.0321	30.5719	94.1136

Vp [m/s]	Vs [m/s]	g [kN/mc]	ni	G [MPa]	Ed [MPa]	E [MPa]	Ev [MPa]
1287.66	450.69	23.48	0.4302	486.33	3969.90	1391.10	3321.46
683.34	168.32	19.08	0.4677	55.12	908.51	161.80	835.02
747.55	160.25	18.25	0.4759	47.79	1039.97	141.07	976.25
905.88	166.34	18.03	0.4826	50.87	1508.75	150.84	1440.92
690.37	349.26	20.61	0.328	256.36	1001.66	680.89	659.84
1169.73	380.58	20.74	0.4408	306.32	2893.74	882.69	2485.31
617.40	377.50	20.58	0.2015	299.06	799.94	718.64	401.19
816.99	333.51	20.01	0.40	226.96	1361.95	635.49	1059.34
706.12	315.37	19.70	0.3754	199.80	1001.62	549.61	735.22
552.76	362.37	20.13	0.1232	269.54	627.19	605.49	267.80
984.45	569.41	21.59	0.2486	713.81	2133.63	1782.53	1181.89
987.36	379.19	20.15	0.4135	295.44	2003.11	835.21	1609.19
1630.52	544.69	21.34	0.4372	645.61	5785.30	1855.74	4924.48
1408.06	546.63	21.30	0.4113	649.00	4306.27	1831.87	3440.93
1237.62	519.78	21.09	0.3929	581.03	3294.05	1618.63	2519.35
1413.83	471.85	20.72	0.4373	470.41	4223.41	1352.24	3596.20
1241.00	550.15	21.20	0.3777	654.30	3329.35	1802.86	2456.94
1650.71	659.50	21.74	0.405	964.20	6040.60	2709.40	4755.00
1652.89	496.89	20.79	0.4503	523.42	5791.91	1518.23	5094.01
1576.79	432.88	20.27	0.4592	387.32	5139.03	1130.36	4622.60
1292.99	552.36	21.08	0.3884	655.83	3593.69	1821.11	2719.24
1657.28	474.29	20.53	0.4554	470.93	5749.90	1370.78	5121.99
1658.10	398.92	19.87	0.4693	322.44	5570.56	947.52	5140.64
1423.49	415.58	20.00	0.4534	352.22	4132.55	1023.83	3662.92
1659.75	383.82	19.67	0.4718	295.49	5525.47	869.80	5131.49
1990.44	383.88	19.65	0.4807	295.28	7938.53	874.44	7544.82
1109.14	415.82	19.92	0.4182	351.22	2498.86	996.20	2030.56
1425.11	383.99	19.60	0.4609	294.70	4059.12	861.05	3666.19
1661.95	399.35	19.72	0.4694	320.70	5554.21	942.47	5126.61
1425.72	384.08	19.55	0.4609	294.08	4052.23	859.24	3660.12
1425.72	399.44	19.68	0.4574	320.19	4079.18	933.29	3652.26
1426.13	399.47	19.66	0.4574	319.91	4077.38	932.47	3650.83
1663.07	356.79	19.21	0.4759	249.36	5417.86	736.06	5085.38
1663.62	384.20	19.48	0.4718	293.21	5497.64	863.09	5106.69
1426.53	434.23	19.92	0.4489	383.01	4133.62	1109.89	3622.94





*Sismogramma relativo alle onde P.*



*Sismogramma relativo alle onde S1\_destre e S2\_sinistre.*

## Metodo diretto

Profondità di riferimento: 35 m  
VS,30: 368.68m/s

In tal senso, come da NTC2018, è opportuno specificare che non si è individuato un substrato rigido con Vs maggiore di 800 m/s e pertanto la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è stata definita come VS,30, ponendo H=30 m come da normativa.

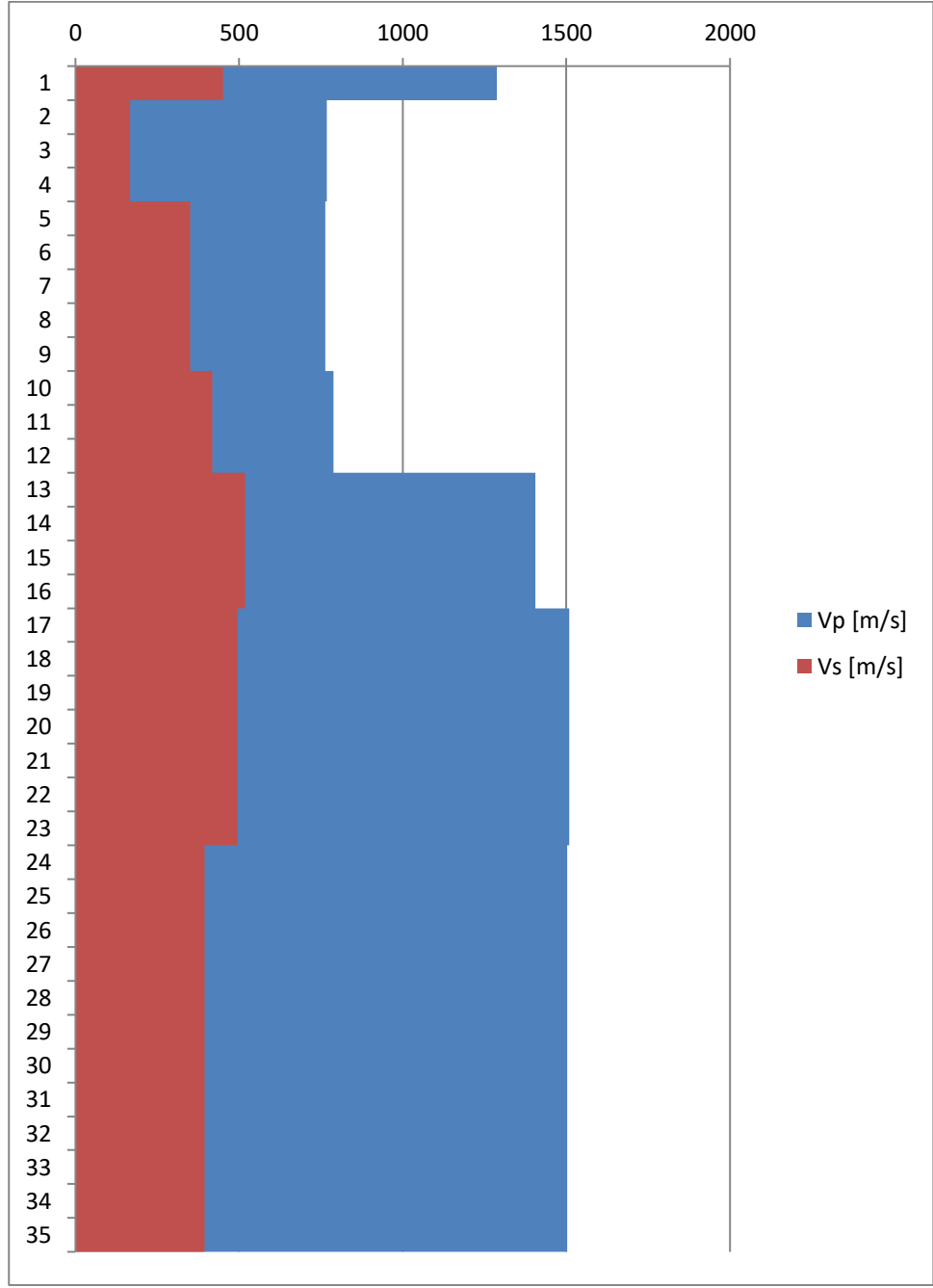
## Sismostrati con metodo diretto

Descrizione [-]	Profondità [m]
1	1.02
2	4.09
3	8.94
4	12.06
5	16.01
6	23.18
7	35.03

## Valori medi

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]
1259.26	435.9	22.67	0.43	439.16	3665.07	1257.69	3079.53
767.5	167.48	18.2	0.47	52.06	1093.17	153.57	1023.76
763.78	349.93	20.55	0.37	256.61	1222.5	701.65	880.36
787.88	418.79	21.53	0.3	384.99	1362.62	1003.37	849.3
1405.69	518.37	21.98	0.42	602.28	4428.91	1712.05	3625.87
1509.47	494.48	21.4	0.44	533.69	4973.23	1536.92	4261.64
1501.9	394.87	20.28	0.46	322.43	4664.63	943.36	4234.72







## Metodo intervallo

Profondità di riferimento: 35 m  
 $V_{S,30}$  371.98m/s

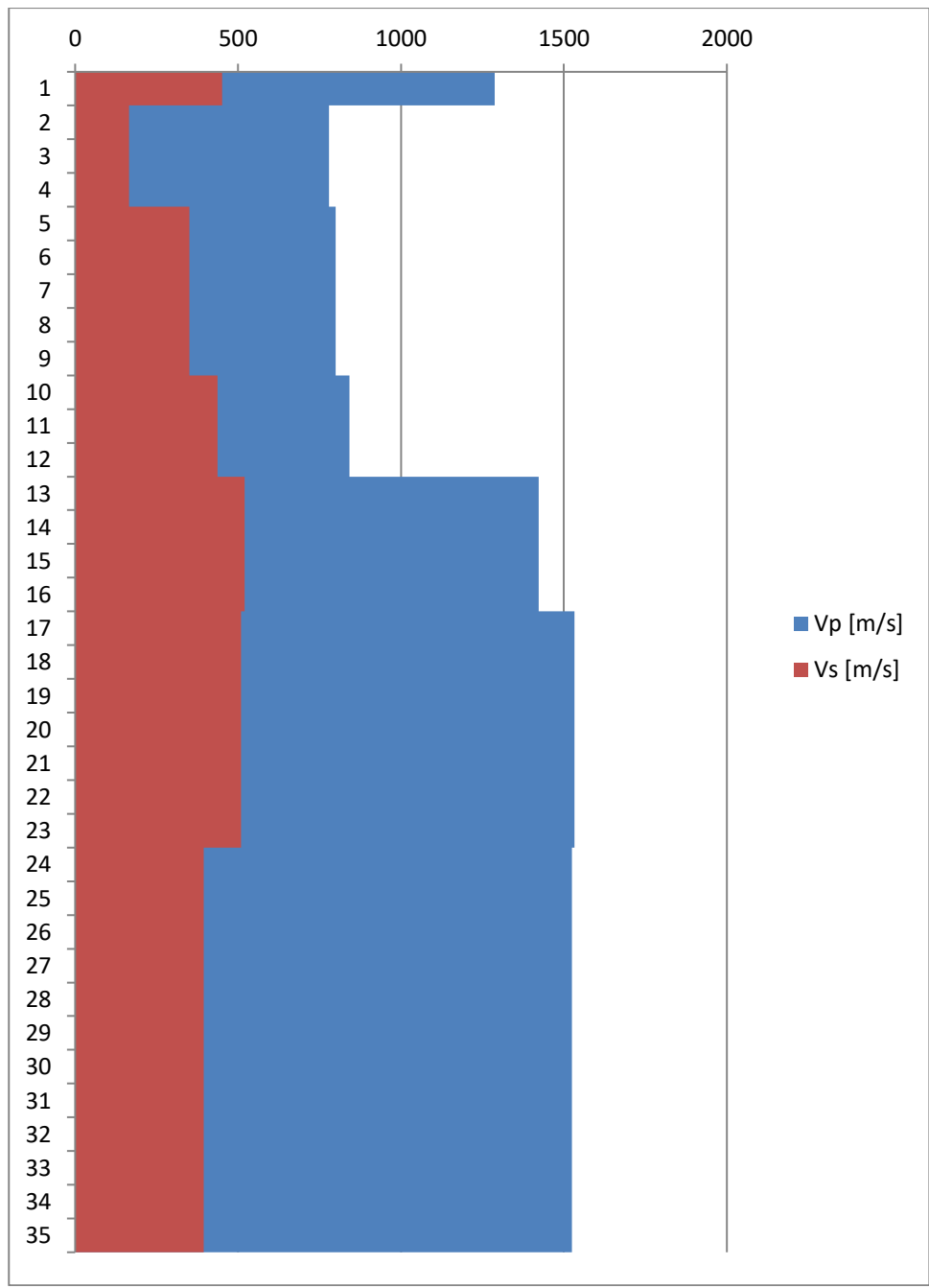
In tal senso, come da NTC2018, è opportuno specificare che non si è individuato un substrato rigido con Vs maggiore di 800 m/s e pertanto la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è stata definita come  $V_{S,30}$ , ponendo  $H=30$  m come da normativa.

## Sismostrati con metodo Intervallo

Descrizione [-]	Profondità [m]
1	1
2	4
3	9
4	12
5	16
6	23
7	35.03

## Valori medi

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]
1287.66	450.69	23.48	0.43	486.33	3969.90	1391.10	3321.46
778.92	164.97	18.45	0.48	51.26	1152.41	151.24	1084.06
800.12	351.24	20.33	0.35	257.70	1411.78	693.46	1068.18
841.52	436.99	20.62	0.26	426.26	1587.98	1074.41	1019.63
1422.51	520.74	21.11	0.42	586.51	4402.26	1664.62	3620.24
1532.82	509.28	20.78	0.43	568.35	5030.72	1614.32	4272.92
1525.06	395.05	19.67	0.46	314.11	4747.22	916.82	4328.40



## 5.0 CONCLUSIONI

Nel presente rapporto si espongono i risultati di una prova sismica in foro tipo Down - Hole eseguita nel Comune di Colleferro (RM) - Roma Città metropolitana, in conformità alle norme tecniche NTC2018 ed alle disposizioni di cui alla O.P.C.M. 3274/2003 e successive modificazioni.

Ai fini della caratterizzazione sismica del suolo, è stata eseguita n. 1 prova sismica in foro di tipo down hole, in onde P ed SH.

La strumentazione usata consiste in uno strumento Down Hole della ditta Sara Electronic Instruments (Perugia), mentre per la parte software ci si è avvalsi del programma Down Hole della ditta Geostru Softwares con il quale è stato possibile eseguire il processo di elaborazione dei dati acquisiti.

In funzione dell'analisi e l'elaborazione dei dati di campagna sono state valutate le velocità sismiche di sottosuolo.

I risultati forniti dalla prova Down Hole hanno evidenziato:

Metodo diretto

$$V_{s,30} \text{ [m/sec] (H=30.00 m)} \quad | \quad 368.68 \text{ m/s}$$

Metodo pseudointervallo

$$V_{s,30} \text{ [m/sec] (H=30.00 m)} \quad | \quad 371.98 \text{ m/s}$$

In tal senso, come da NTC2018, è opportuno specificare che non si è individuato un substrato rigido con  $V_s$  maggiore di 800 m/s e pertanto la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è stata definita come  $V_{s,30}$ , ponendo  $H=30$  m come da normativa.

Si resta a disposizione per eventuali chiarimenti.

Pescara, Agosto 2022

TERRA DRILLING TECHNOLOGY

**TERRA DRILLING TECHNOLOGY SRL**  
Via Genova, 45 - 65122 PESCARA  
P.IVA 01643890682

## Sommario

1.0	PREMESSA .....	1
2.0	METODOLOGIA SISMICA IN FORO TIPO DOWN – HOLE .....	3
3.0	CAMPAGNA DI ACQUISIZIONE DEL SEGNALE SISMICO .....	7
4.0	ELABORAZIONE DI DATI .....	8
5.0	CONCLUSIONI.....	19

## Allegati:

1. Caratteristiche tecniche del sistema di acquisizione
2. Caratteristiche tecniche dei sensori geofonici
3. Allegato Fotografico

## 1. Caratteristiche dello strumento usato per l'acquisizione del segnale

### Acquisitore DOREMI Sara electronics

#### Caratteristiche tecniche

##### *Architettura*

Classe strumentale:	sisimografo multicanale per geofisica
Topologia:	rete differenziale RS485 half-duplex multipoint
Lunghezza massima della rete:	1200 metri senza ripetitori (virtualmente illimitata con ripetitori)
Numero massimo di canali per tratta:	255
Dimensioni dell'elemento (escluso il cavo):	80x55x18 mm
Peso:	250 g (un elemento con lunghezza cavo 5 metri)
Cavo:	4 conduttori, 2 coppie ritorte, robotico resistente a torsioni, flessione-torsioni, abrasioni ed agenti chimici

##### *Campionamento*

Memoria:	64 kByte (>30000 campioni)
Frequenze in Hz:	200,300,400,500,800,1000,2000,3000,4000, 8000,10000,20000
pari ad intervalli in ms di:	5, 3.33, 2.5, 2, 1.25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05
Esempi di utilizzo della memoria:	ReMi: 500Hz, t-max 60 secondi MASW: 4000Hz, t-max 7.5 secondi Riflessione: 20000Hz, t-max 1.5 secondi

##### *Dinamica del sistema*

Risoluzione con guadagno 10x:	7.600 $\mu$ V
Risoluzione con guadagno 1000x:	0.076 $\mu$ V
Dinamica di base:	96dB (16 bit)
Dinamica massima del preamplificatore:	80dB
Signal to Noise Ratio RMS fra 0.5 e 30Hz:	>90dB
Full range a 10x:	0.5V p-p
Risoluzione RMS a 1000x e 4000SPS:	0.0000002V p-p
Dinamica totale teorica:	155dB
Dinamica totale senza postprocessing:	> 127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento)
Dinamica totale in postprocessing:	>140dB

##### *Alimentazione*

Tensione di alimentazione:	10-15Vdc
Consumo:	
Unità di testa:	20mA
Per Canale:	40mA
Consumo totale 12 canali:	510mA

##### *Convertitore A/D*

Tipologia:	SAR
Risoluzione:	16 bit
Dinamica:	96 dB

##### *Preamplificatore*

Tipologia:	ultra-low noise con ingresso differenziale
Filtri:	3Hz passa alto 1 polo, 200Hz passa basso 4 poli
Guadagni:	da 10x a 8000x
Rilezione di modo comune:	>80dB
Diافonia (crosstalk):	non applicabile (elementi singoli a trasmissione digitale)
Impedenza d'ingresso:	>100k $\Omega$

## 2. Caratteristiche tecniche dei sensori geofonici

<b>Caratteristiche tecniche</b>	
Numero canali:	5 (standard) opzionali 3 o altro (a richiesta)
Configurazione:	Z verticale, orizzontali a 0°, 45°, 90°, 135°
Non ortogonalità:	< 0.01%
Livellamento:	non previsto
Frequenza naturale:	10Hz (+/-5%) (4.5Hz o 8 Hz a richiesta)
Banda utilizzabile*:	0.5-1000Hz
Damping:	0.707
Massa inerziale:	24 g
Sensibilità nominale:	27 V/m/s - (per il 4.5Hz disponibile a 80V/m/s)
Tilt massimo:	Verticale: 10° Orizzontale 8Hz: 5°
Movimento massa:	0.2mm
Dimensioni:	1080x50mm
Peso sensore:	4500g
Peso complessivo:	20000g
Lunghezza cavo:	standard 50 metri
Connettore:	Cannon JC series 10 poli
Integrazione possibile con:	DoReMi, SR04, SL06, SL07
Sistema di bloccaggio:	elettrico
Alimentazione:	12V batteria
Certificazioni:	CE (EN55022, EN55011)



Piastra in duralluminium



Geofono da foro a 5 canali



### 3. Allegato Fotografico





**PROSPEZIONE SISMICA TIPO MASW – MASW01**  
**ROMA CITTÀ METROPOLITANA – COLLEFERRO (RM)**

Pescara Luglio 2022

TERRA DRILLING TECHNOLOGY

**TERRA DRILLING TECHNOLOGY SRL**

Via Genova, 45 - 66122 PESCARA

P.IVA 01643890682

## 1.0 PREMESSA

---

Nel presente rapporto si espongono i risultati di una prova sismica tipo MASW eseguita, nel territorio comunale di Colleferro (RM) in conformità alle norme tecniche NTC2018 ed alle disposizioni di cui alla O.P.C.M. 3274/2003 e successive modificazioni.

La prova è stata effettuata ai fini della ricerca del parametro  $V_{seq}$  ed alla successiva definizione della Categoria Sismica del suolo. Allo scopo è stata eseguita una prospezione consistita in n. 1 linea sismica di tipo MASW.

Le norme tecniche per le costruzioni (NTC) definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, riguardo le loro prestazioni richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio e durabilità. Trattano pertanto gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere. Con il Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 17 gennaio 2018 è stato approvato testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni (NTC2018), di cui alla legge 5 novembre 1971, n. 1086, alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, ed al decreto legge 28 maggio 2004, n. 136, convertito, con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n. 186. Le NTC2018 sostituiscono quelle approvate con il decreto ministeriale 14 gennaio 2008. Le diversificate e complesse attività, già avviate con l'Ordinanza 3274/2003 e con l'NTC2008, hanno come fine ultimo il miglioramento della qualità dell'intero sistema costruito e quindi, in definitiva, un aumento della sicurezza di tutti i cittadini esposti al rischio sismico. Tale necessità è particolarmente evidente soprattutto nelle aree le quali, con l'applicazione dei nuovi criteri di classificazione, sono classificate con livelli di pericolosità medi ed alti e che vedono contestualmente la presenza di un patrimonio edilizio non recente o, di centri storici caratterizzati da un'elevata vulnerabilità in ragione delle loro tipologie costruttive ed urbanistiche. Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II dell'NTC2018, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al §

6.2.2 dell'NTC2018. I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

Dove

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano d'imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite come:

**Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (come da NTC2018 Tab. 3.2.II)**

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

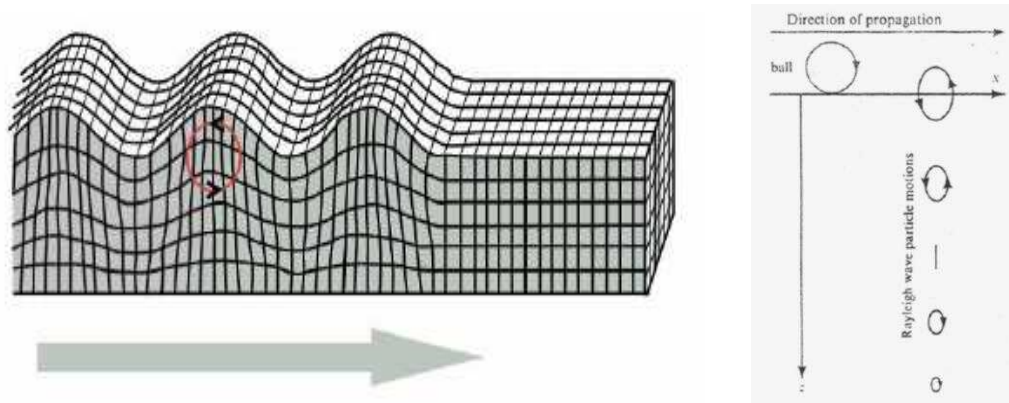
Le azioni sismiche, per queste cinque categorie di sottosuolo, sono definibili come descritto al § 3.2.3 dell' NTC2018.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

## 2.0 IL METODO MASW - MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, usata per stimare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980 ) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.



*Fig. 2 Schematizzazione della propagazione di un'onda di Rayleigh. Traiettoria orizzontale (a sinistra) e profondità di azione (a destra) (Aki e Richards 1980).*

Il metodo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo.

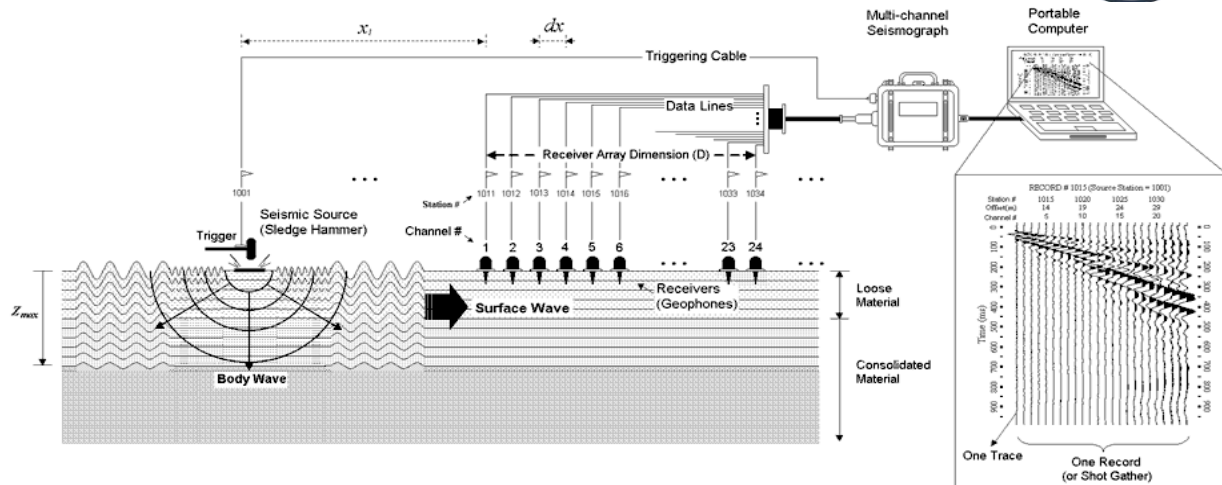


Fig. 3 Tipologia di acquisizione della prova MASW (Park, C.B., Miller, R.D., and Xia, J., 1999).

### 3.0 CAMPAGNA DI ACQUISIZIONE DEL SEGNALE SISMICO

L'acquisizione del segnale sismico consiste in uno stendimento di una bobina di cavo lungo il quale sono collegati una serie di sensori geofonici (o geofoni).

La sorgente sismica è costituita da un impatto transiente verticale (maglio dal peso di 5kg) che batte su una piastra in duralluminio posta in prossimità del primo geofono dello stendimento alla distanza da 4 a 6 m.

La sorgente sismica viene energizzata per un numero non inferiore a 6 volte (3 per lato) o più a seconda delle necessità.

Il segnale sismico viene poi trasferito dai geofoni ad un computer attraverso il sismografo DOREMI a 24 canali della ditta SARA Instruments. Quest'ultimo strumento è stato progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica.

La gestione dell'apparecchiatura è integrata dal computer, che gestisce tutte le operazioni di registrazione dei dati ed archivio.

Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 21 geofoni verticali da 4.5Hz, posizionati lungo il profilo di indagine con distanza intergeofonica (offset) di 2,5 m.

Le acquisizioni dei segnali sono state effettuate per una lunghezza di tempo di 2 secondi usando una frequenza di 1000 Hz con periodo di 1 ms.

In seguito alla campagna di acquisizione che si effettua sul sito in esame il lavoro prosegue in studio con la elaborazione dei segnali sismici registrati nella memoria del computer, come illustrato nel prossimo capitolo.

#### **4.0 ELABORAZIONE DI DATI**

---

L'analisi dei dati acquisiti nel sito in esame è stata eseguita in studio con il programma EasyMasw della ditta Geostru softwares, con il quale è stato possibile svolgere l'intero processo di elaborazione.

Una prima fase di elaborazione consiste nell'analisi spettrale del sismogramma in modo da determinare la distribuzione del segnale in funzione delle frequenze. Successivamente viene estrapolata la curva di dispersione del segnale che permette di ottenere una discriminazione sismostratigrafica in funzione dell'attenuazione del segnale in termini di velocità.

I risultati di tale analisi vengono rappresentati graficamente con il profilo di velocità.

In relazione al numero delle energizzazioni effettuate, viene operata una scelta di quella più rilevante mediante il confronto della elaborazione e l'inversione delle curve di dispersione della velocità di fase, eseguite per ognuna di loro. Il confronto tra le varie inversioni, permette di definire quale sia la curva utile. Tramite questo processo è stato possibile ottenere il risultato finale per stabilire la categoria di suolo.

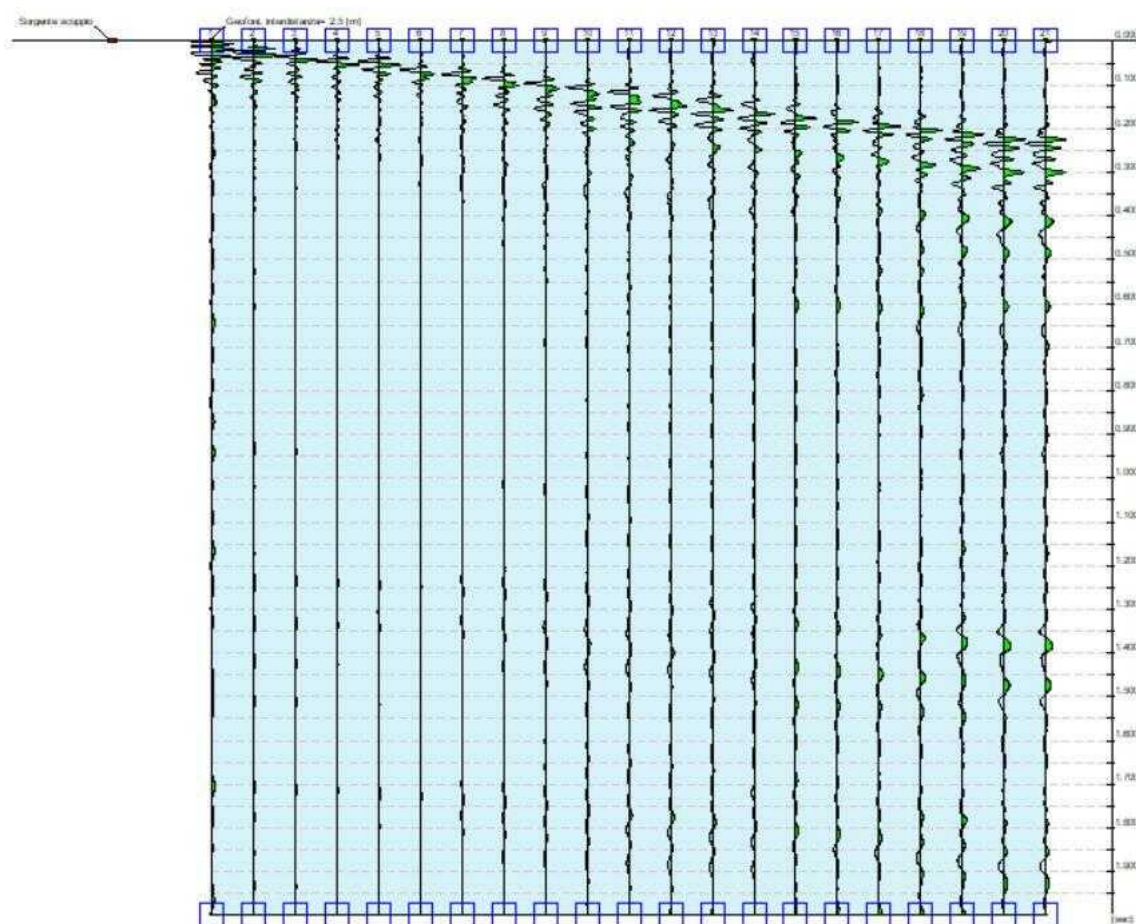


## Dati generali

<b>Committente</b>	ROMA CITTA' METROPOLITANA
<b>Cantiere</b>	Colleferro (RM)
<b>Data</b>	24/05/2022
<b>Latitudine</b>	
<b>Longitudine</b>	

## Tracce

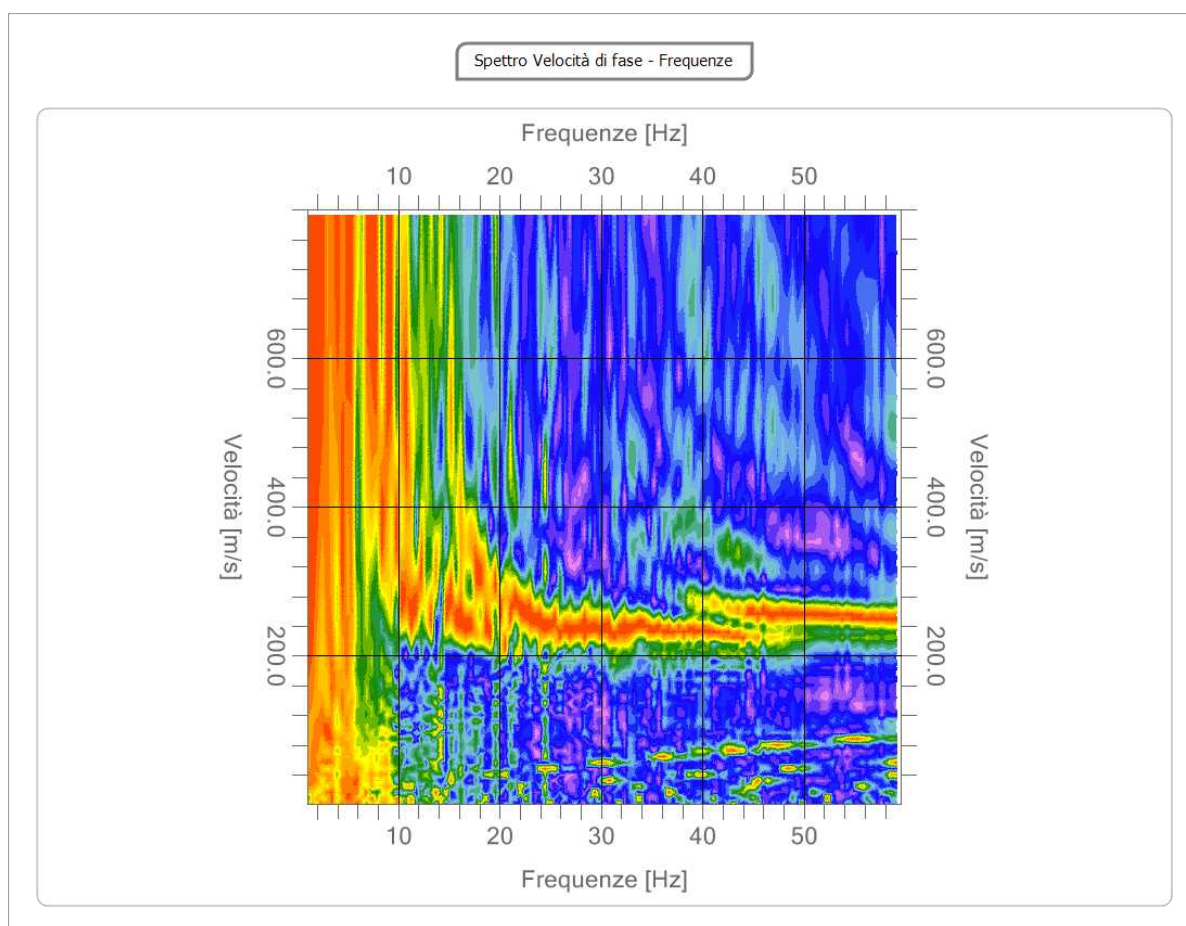
<b>N. tracce</b>	21
<b>Durata acquisizione [msec]</b>	2000
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	2.5
<b>Periodo di campionamento [msec]</b>	1.00



*Schema relativo alla geometria dello stendimento con sismogrammi.*

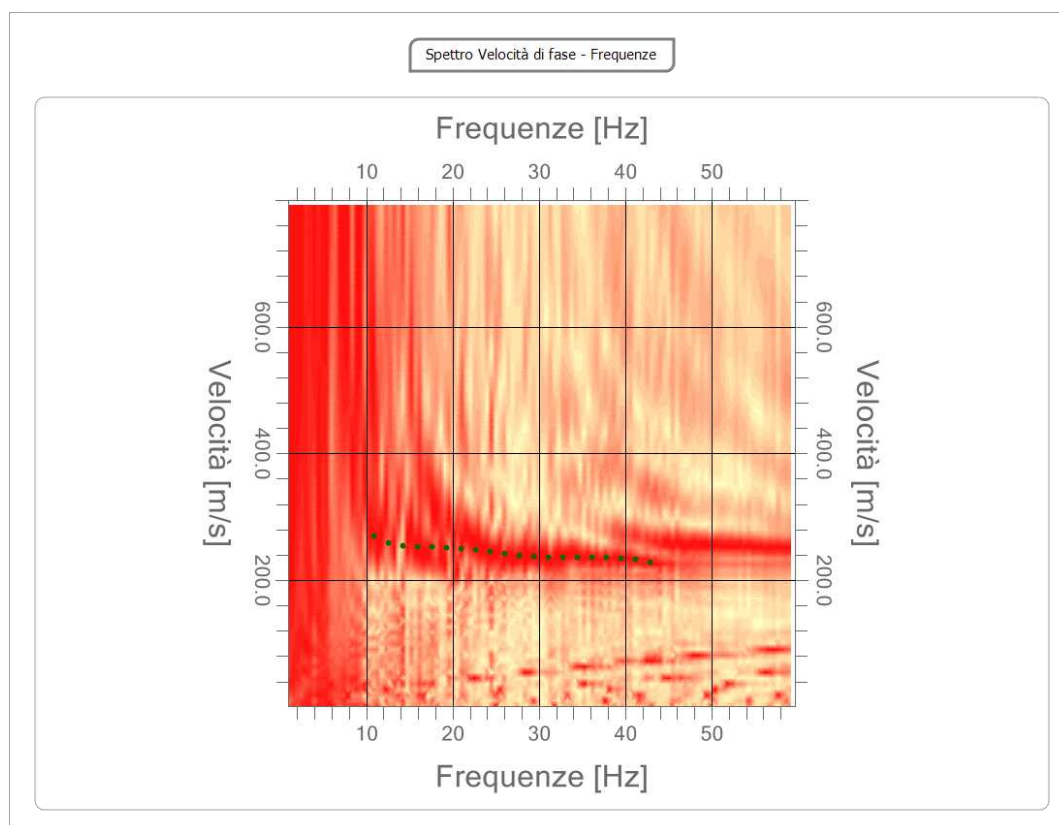
## Analisi spettrale

**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]
1	10.8	269.0
2	12.5	259.0
3	14.2	254.8
4	15.9	253.4
5	17.6	252.7
6	19.3	251.8
7	20.9	250.1
8	22.6	247.7
9	24.3	244.9
10	26.0	242.1
11	27.7	239.5
12	29.4	237.6
13	31.1	236.4
14	32.7	236.0
15	34.4	236.0
16	36.1	236.0
17	37.8	235.8
18	39.5	234.6
19	41.2	232.2
20	42.8	228.3

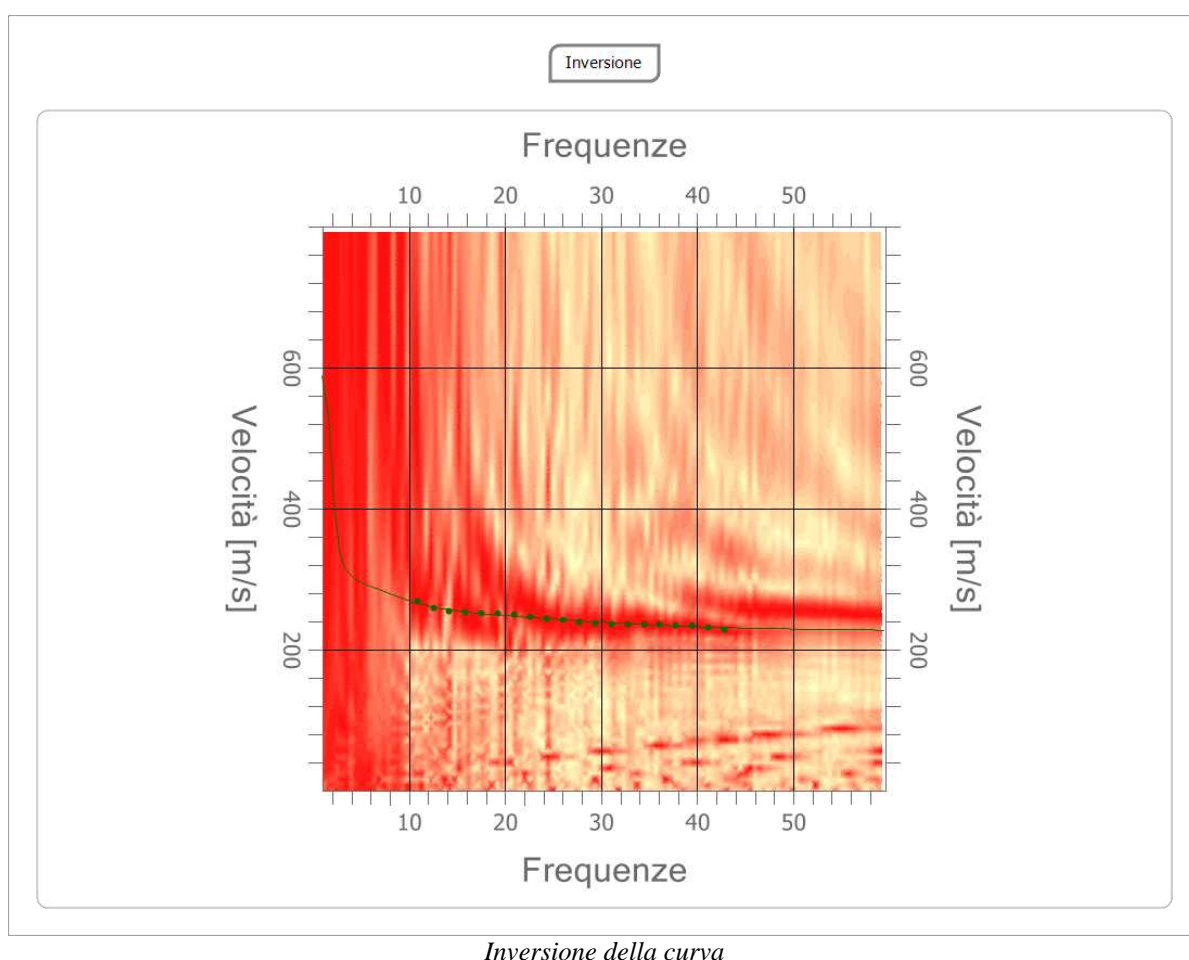


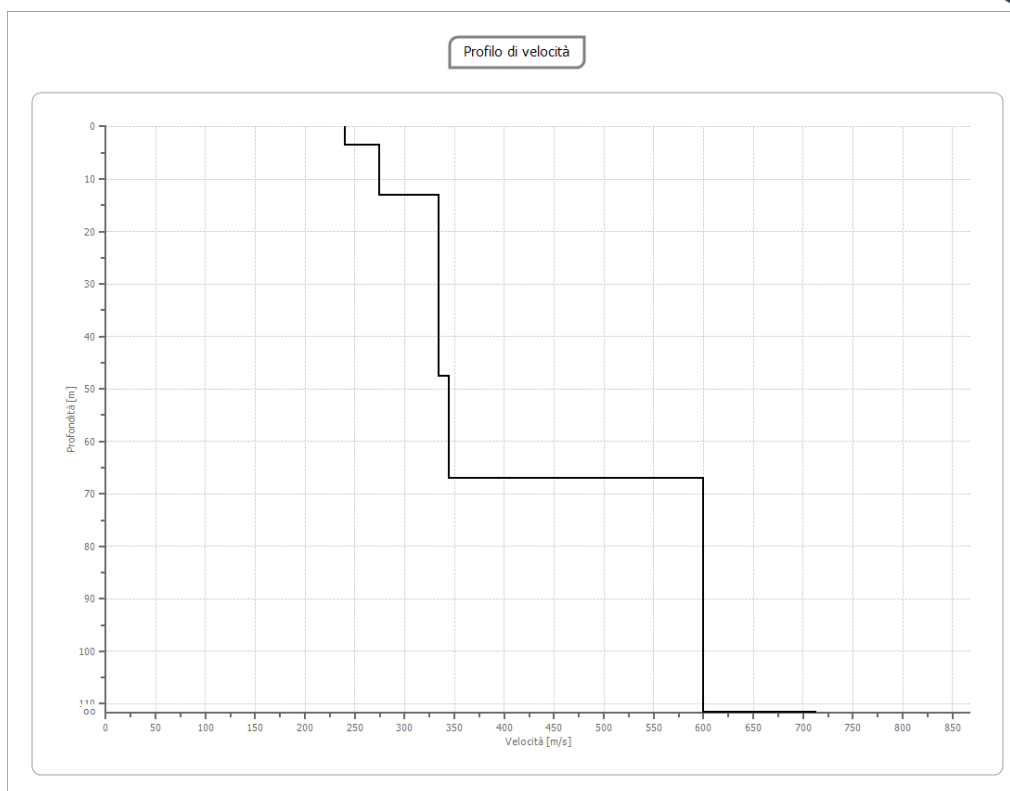
## Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	3.55	3.55	1650.0	0.4	588.7	240.3
2	13.15	9.59	1750.0	0.3	513.0	274.2
3	47.60	34.45	1850.0	0.3	624.6	333.9
4	66.96	19.36	2100.0	0.3	644.5	344.5
5	111.62	44.65	2200.0	0.3	1120.9	599.1
6	oo	oo	2400.0	0.3	1334.7	713.4

Percentuale di errore 0.005 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.007





*Stima profilo verticale 1D rilevato con minimo fattore di adattamento.*

## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	299.25
<b>Categoria del suolo</b>	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

In tal senso, come da NTC2018, è opportuno specificare che non si è individuato un substrato rigido con  $V_s$  maggiore di 800 m/s, nei primi 30m, e pertanto la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è stata definita come  $V_{s,30}$ , ponendo  $H=30$  m come da normativa.

## 5.0 CONCLUSIONI

Nel presente rapporto si espongono i risultati di una prova sismica tipo MASW eseguita, nel territorio comunale di Colleferro (RM), in conformità alle norme tecniche NTC2018 ed alle disposizioni di cui alla O.P.C.M. 3274/2003 e successive modificazioni. La prova è stata effettuata ai fini della ricerca del parametro  $V_{seq}$  ed alla successiva definizione della Categoria Sismica del suolo.

Allo scopo è stata eseguita una prospezione consistita in n. 1 linea sismica di tipo MASW. Il lavoro è stato svolto seguendo un iter che parte dall'acquisizione del segnale sismico, tramite strumento sismometro DOREMI della ditta SARA electronics (PG) nel sito in esame e dalla successiva elaborazione del segnale acquisito, per mezzo del programma EasyMASW Geostru Softwares) così da ricavare il parametro VS finale utile alla successiva definizione della Categoria Sismica del suolo.

I risultati forniti dalla prova sono i seguenti:

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b><math>V_{s,eq}</math> [m/sec] (H=30.00 m)</b>	299.25
<b>Categoria del suolo</b>	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

In tal senso, come da NTC2018, è opportuno specificare che non si è individuato un substrato rigido con  $V_s$  maggiore di 800 m/s, nei primi 30m, e pertanto la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è stata definita come  $V_{s,30}$ , ponendo H=30 m come da normativa.

Pescara, Luglio 2022

TERRA DRILLING TECHNOLOGY

**TERRA DRILLING TECHNOLOGY SRL**  
Via Genova, 45 - 65122 PESCARA  
P.IVA 01643890682



## Sommario

1.0	PREMESSA .....	1
2.0	IL METODO MASW – MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES .....	3
3.0	CAMPAGNA DI ACQUISIZIONE DEL SEGNALE SISMICO .....	5
4.0	ELABORAZIONE DI DATI .....	6
5.0	CONCLUSIONI .....	12

## Allegati:

1. Caratteristiche tecniche del sistema di acquisizione
2. Caratteristiche tecniche dei sensori geofonici
3. Allegato fotografico



## 1. Caratteristiche dello strumento usato per l'acquisizione del segnale

Acquisitore DOREMI Sara electronics

### Caratteristiche tecniche

#### Architettura

Classe strumentale:	sisinografo multicanale per geofisica
Topologia:	rete differenziale RS485 half-duplex multipoint
Lunghezza massima della rete:	1200 metri senza ripetitori (virtualmente illimitata con ripetitori)
Numero massimo di canali per tratta:	255
Dimensioni dell'elemento (escluso il cavo):	80x55x18 mm
Peso:	250 g (un elemento con lunghezza cavo 5 metri)
Cavo:	4 conduttori, 2 coppie ritorte, robotico resistente a torsioni, flessione-torsioni, abrasioni ed agenti chimici

#### Campionamento

Memoria:	64 kByte (>30000 campioni)
Frequenze in Hz:	200,300,400,500,800,1000,2000,3000,4000, 8000,10000,20000
pari ad intervalli in ms di:	5, 3.33, 2.5, 2, 1.25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05
Esempi di utilizzo della memoria:	ReMi: 500Hz, t-max 60 secondi MASW: 4000Hz, t-max 7.5 secondi Riflessione: 20000Hz, t-max 1.5 secondi

#### Dinamica del sistema

Risoluzione con guadagno 10x:	7.600 $\mu$ V
Risoluzione con guadagno 1000x:	0.076 $\mu$ V
Dinamica di base:	96dB (16 bit)
Dinamica massima del preamplificatore:	80dB
Signal to Noise Ratio RMS fra 0.5 e 30Hz:	>90dB
Full range a 10x:	0.5V p-p
Risoluzione RMS a 1000x e 4000SPS:	0.0000002V p-p
Dinamica totale teorica:	155dB
Dinamica totale senza postprocessing:	> 127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento)
Dinamica totale in postprocessing:	>140dB

#### Alimentazione

Tensione di alimentazione:	10-15VdC
Consumo:	
Unità di testa:	20mA
Per Canale:	40mA
Consumo totale 12 canali:	510mA

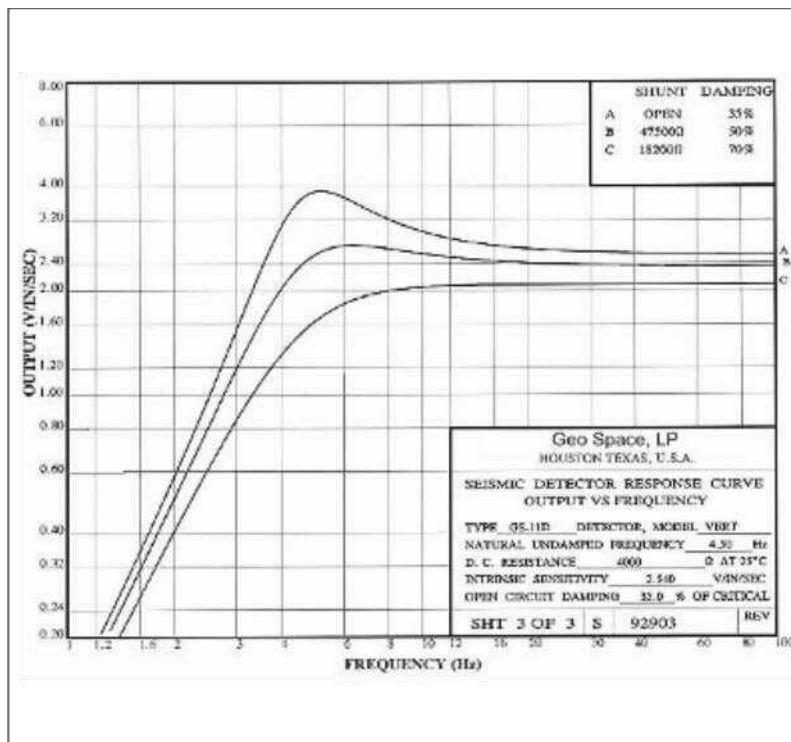
#### Convertitore A/D

Tipologia:	SAR
Risoluzione:	16 bit
Dinamica:	96 dB

#### Preamplificatore

Tipologia:	ultra-low noise con ingresso differenziale
Filtri:	3Hz passa alto 1 polo, 200Hz passa basso 4 poli
Guadagni:	da 10x a 8000x
Ricezione di modo comune:	>80dB
Diafonia (crosstalk):	non applicabile (elementi singoli a trasmissione digitale)
Impedenza d'ingresso:	>100k $\Omega$

## 2. Caratteristiche tecniche dei sensori geofonici



sensore 4.5Hz



Piastra Duralluminium



### 3. Allegato fotografico



**PROSPEZIONE SISMICA TIPO MASW – MASW02**  
**ROMA CITTÀ METROPOLITANA – COLLEFERRO (RM)**

Pescara Luglio 2022

TERRA DRILLING TECHNOLOGY  
**TERRA DRILLING TECHNOLOGY SRL**  
Via Genova, 45 - 65122 PESCARA  
P.IVA 01643890682

## 1.0 PREMESSA

---

Nel presente rapporto si espongono i risultati di una prova sismica tipo MASW eseguita, nel territorio comunale di Colleferro (RM) in conformità alle norme tecniche NTC2018 ed alle disposizioni di cui alla O.P.C.M. 3274/2003 e successive modificazioni.

La prova è stata effettuata ai fini della ricerca del parametro  $V_{seq}$  ed alla successiva definizione della Categoria Sismica del suolo. Allo scopo è stata eseguita una prospezione consistita in n. 1 linea sismica di tipo MASW.

Le norme tecniche per le costruzioni (NTC) definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, riguardo le loro prestazioni richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio e durabilità. Trattano pertanto gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere. Con il Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 17 gennaio 2018 è stato approvato testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni (NTC2018), di cui alla legge 5 novembre 1971, n. 1086, alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, ed al decreto legge 28 maggio 2004, n. 136, convertito, con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n. 186. Le NTC2018 sostituiscono quelle approvate con il decreto ministeriale 14 gennaio 2008. Le diversificate e complesse attività, già avviate con l'Ordinanza 3274/2003 e con l'NTC2008, hanno come fine ultimo il miglioramento della qualità dell'intero sistema costruito e quindi, in definitiva, un aumento della sicurezza di tutti i cittadini esposti al rischio sismico. Tale necessità è particolarmente evidente soprattutto nelle aree le quali, con l'applicazione dei nuovi criteri di classificazione, sono classificate con livelli di pericolosità medi ed alti e che vedono contestualmente la presenza di un patrimonio edilizio non recente o, di centri storici caratterizzati da un'elevata vulnerabilità in ragione delle loro tipologie costruttive ed urbanistiche. Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II dell'NTC2018, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al §



6.2.2 dell'NTC2018. I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

Dove

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano d'imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite come:

**Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (come da NTC2018 Tab. 3.2.II)**

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

Le azioni sismiche, per queste cinque categorie di sottosuolo, sono definibili come descritto al § 3.2.3 dell' NTC2018.

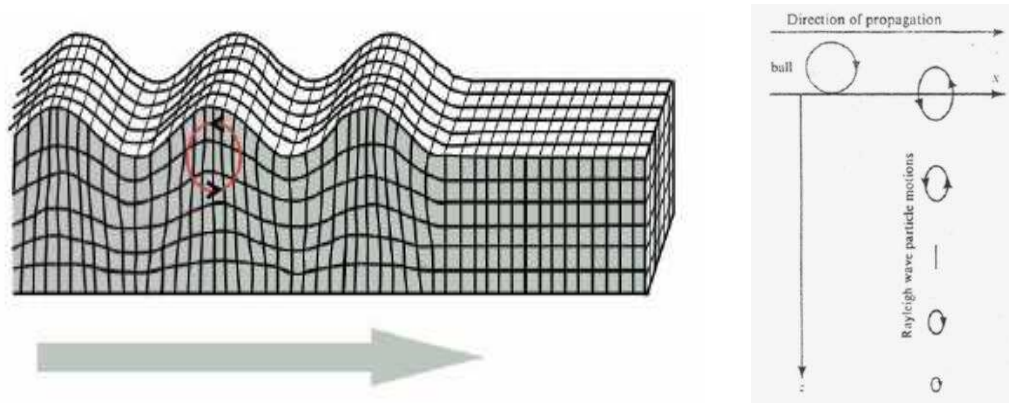
Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

## 2.0 IL METODO MASW - MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, usata per stimare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.



Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980 ) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.



*Fig. 2 Schematizzazione della propagazione di un'onda di Rayleigh. Traiettoria orizzontale (a sinistra) e profondità di azione (a destra) (Aki e Richards 1980).*

Il metodo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo.

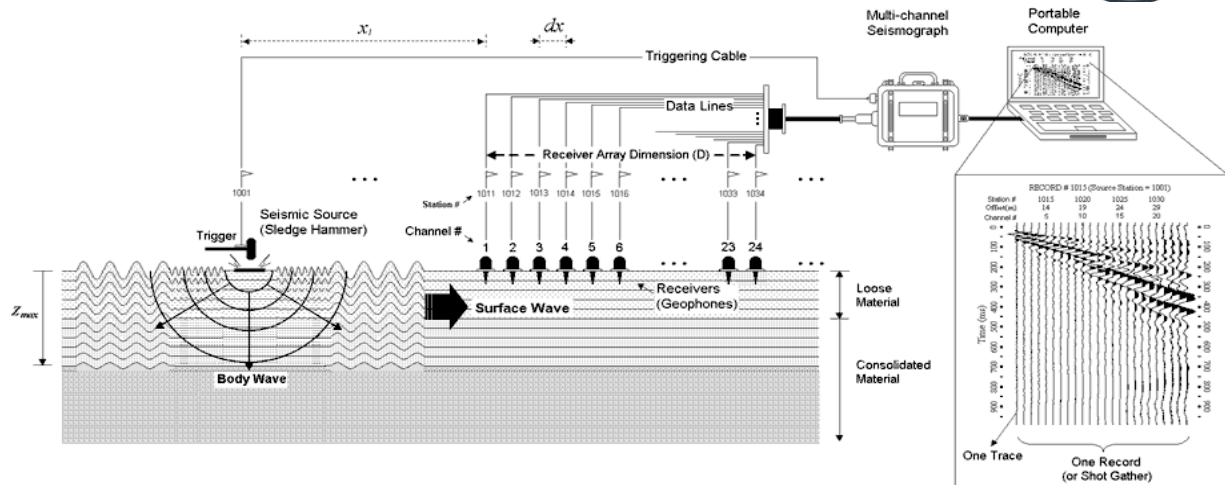


Fig. 3 Tipologia di acquisizione della prova MASW (Park, C.B., Miller, R.D., and Xia, J., 1999).

### 3.0 CAMPAGNA DI ACQUISIZIONE DEL SEGNALE SISMICO

L'acquisizione del segnale sismico consiste in uno stendimento di una bobina di cavo lungo il quale sono collegati una serie di sensori geofonici (o geofoni).

La sorgente sismica è costituita da un impatto transiente verticale (maglio dal peso di 5kg) che batte su una piastra in duralluminio posta in prossimità del primo geofono dello stendimento alla distanza da 4 a 6 m.

La sorgente sismica viene energizzata per un numero non inferiore a 6 volte (3 per lato) o più a seconda delle necessità.

Il segnale sismico viene poi trasferito dai geofoni ad un computer attraverso il sismografo DOREMI a 24 canali della ditta SARA Instruments. Quest'ultimo strumento è stato progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica.

La gestione dell'apparecchiatura è integrata dal computer, che gestisce tutte le operazioni di registrazione dei dati ed archivio.

Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 21 geofoni verticali da 4.5Hz, posizionati lungo il profilo di indagine con distanza intergeofonica (offset) di 2,5 m.

Le acquisizioni dei segnali sono state effettuate per una lunghezza di tempo di 2 secondi usando una frequenza di 1000 Hz con periodo di 1 ms.

In seguito alla campagna di acquisizione che si effettua sul sito in esame il lavoro prosegue in studio con la elaborazione dei segnali sismici registrati nella memoria del computer, come illustrato nel prossimo capitolo.

#### **4.0 ELABORAZIONE DI DATI**

---

L'analisi dei dati acquisiti nel sito in esame è stata eseguita in studio con il programma EasyMasw della ditta Geostru softwares, con il quale è stato possibile svolgere l'intero processo di elaborazione.

Una prima fase di elaborazione consiste nell'analisi spettrale del sismogramma in modo da determinare la distribuzione del segnale in funzione delle frequenze. Successivamente viene estrapolata la curva di dispersione del segnale che permette di ottenere una discriminazione sismostratigrafica in funzione dell'attenuazione del segnale in termini di velocità.

I risultati di tale analisi vengono rappresentati graficamente con il profilo di velocità.

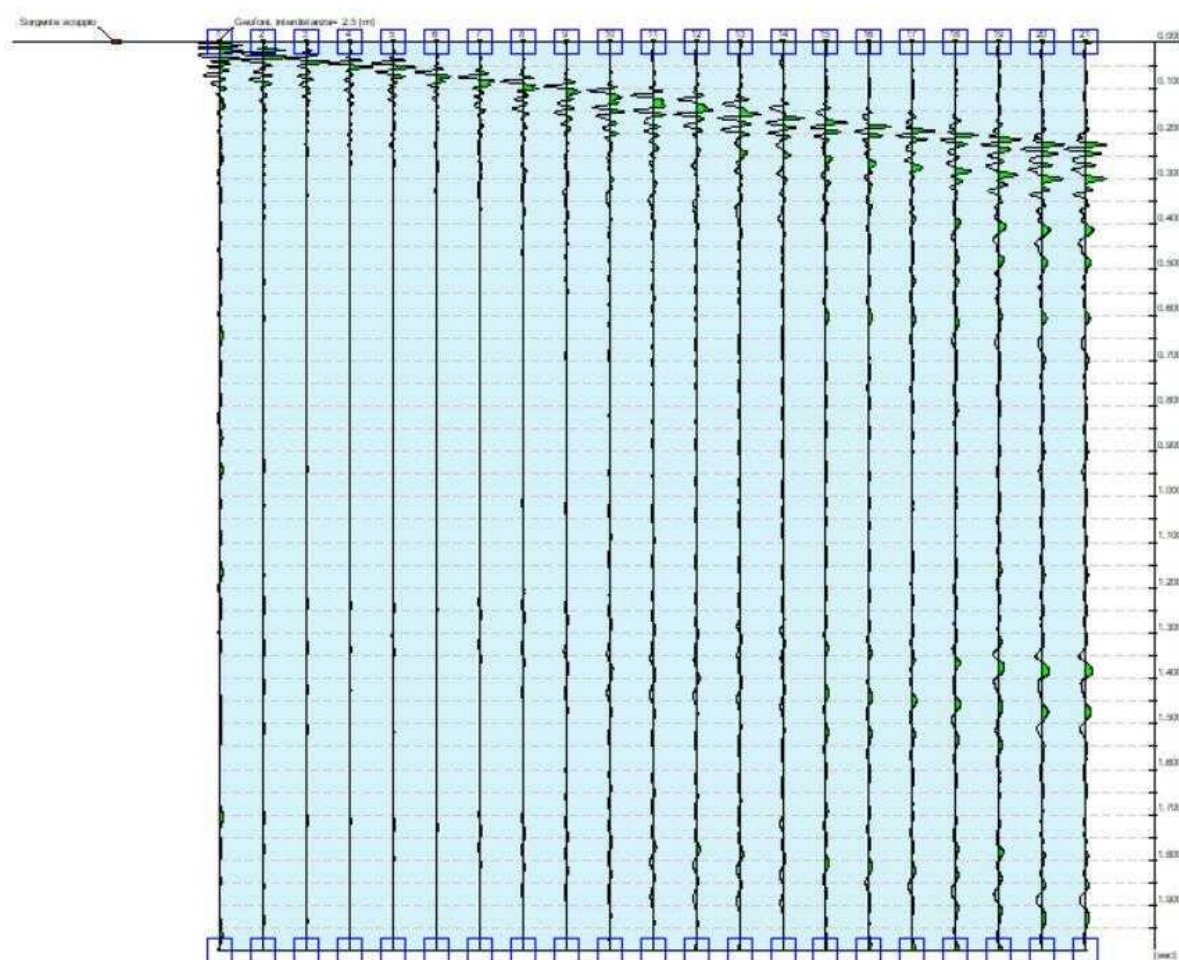
In relazione al numero delle energizzazioni effettuate, viene operata una scelta di quella più rilevante mediante il confronto della elaborazione e l'inversione delle curve di dispersione della velocità di fase, eseguite per ognuna di loro. Il confronto tra le varie inversioni, permette di definire quale sia la curva utile. Tramite questo processo è stato possibile ottenere il risultato finale per stabilire la categoria di suolo.

## Dati generali

<b>Committente</b>	ROMA CITTA' METROPOLITANA
<b>Cantiere</b>	Colleferro (RM)
<b>Data</b>	24/05/2022
<b>Latitudine</b>	
<b>Longitudine</b>	

## Tracce

<b>N. tracce</b>	21
<b>Durata acquisizione [msec]</b>	2000
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	2.5
<b>Periodo di campionamento [msec]</b>	1.00

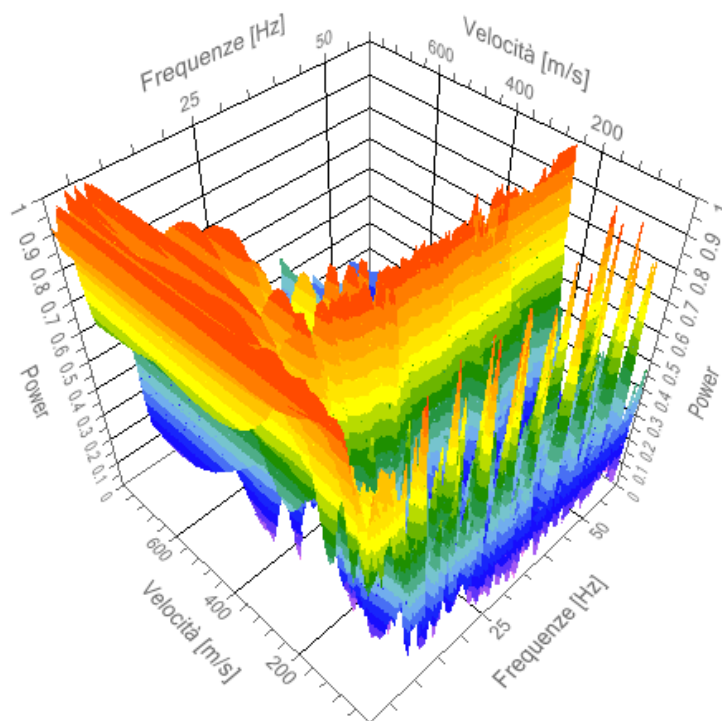


*Schema relativo alla geometria dello stendimento con sismogrammi.*

## Analisi spettrale

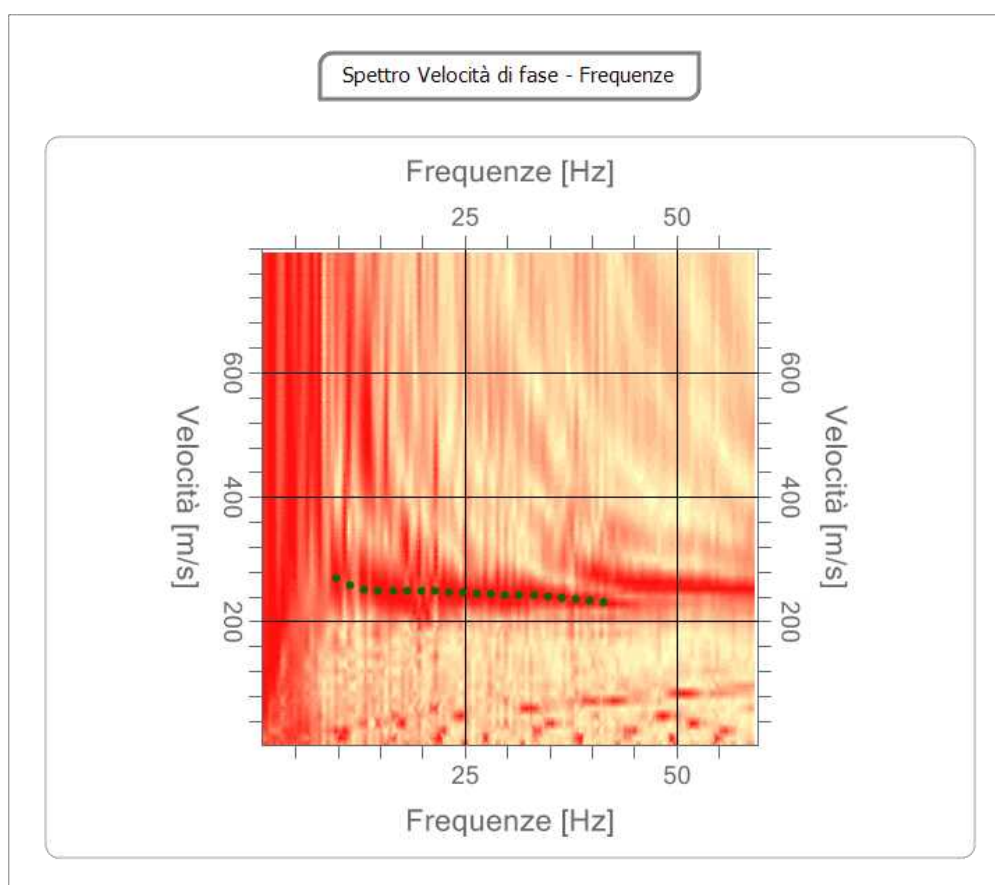
Frequenza minima di elaborazione [Hz] 1  
 Frequenza massima di elaborazione [Hz] 60  
 Velocità minima di elaborazione [m/sec] 1  
 Velocità massima di elaborazione [m/sec] 800  
 Intervallo velocità [m/sec] 1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



## Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]
1	9.9	270.4
2	11.5	258.1
3	13.2	252.0
4	14.8	249.6
5	16.5	248.9
6	18.2	248.9
7	19.8	248.9
8	21.5	248.5
9	23.1	247.9
10	24.8	246.9
11	26.5	245.8
12	28.1	244.6
13	29.8	243.5
14	31.4	242.5
15	33.1	241.3
16	34.8	240.1
17	36.4	238.4
18	38.1	236.4
19	39.7	233.8
20	41.4	231.1





## Inversione

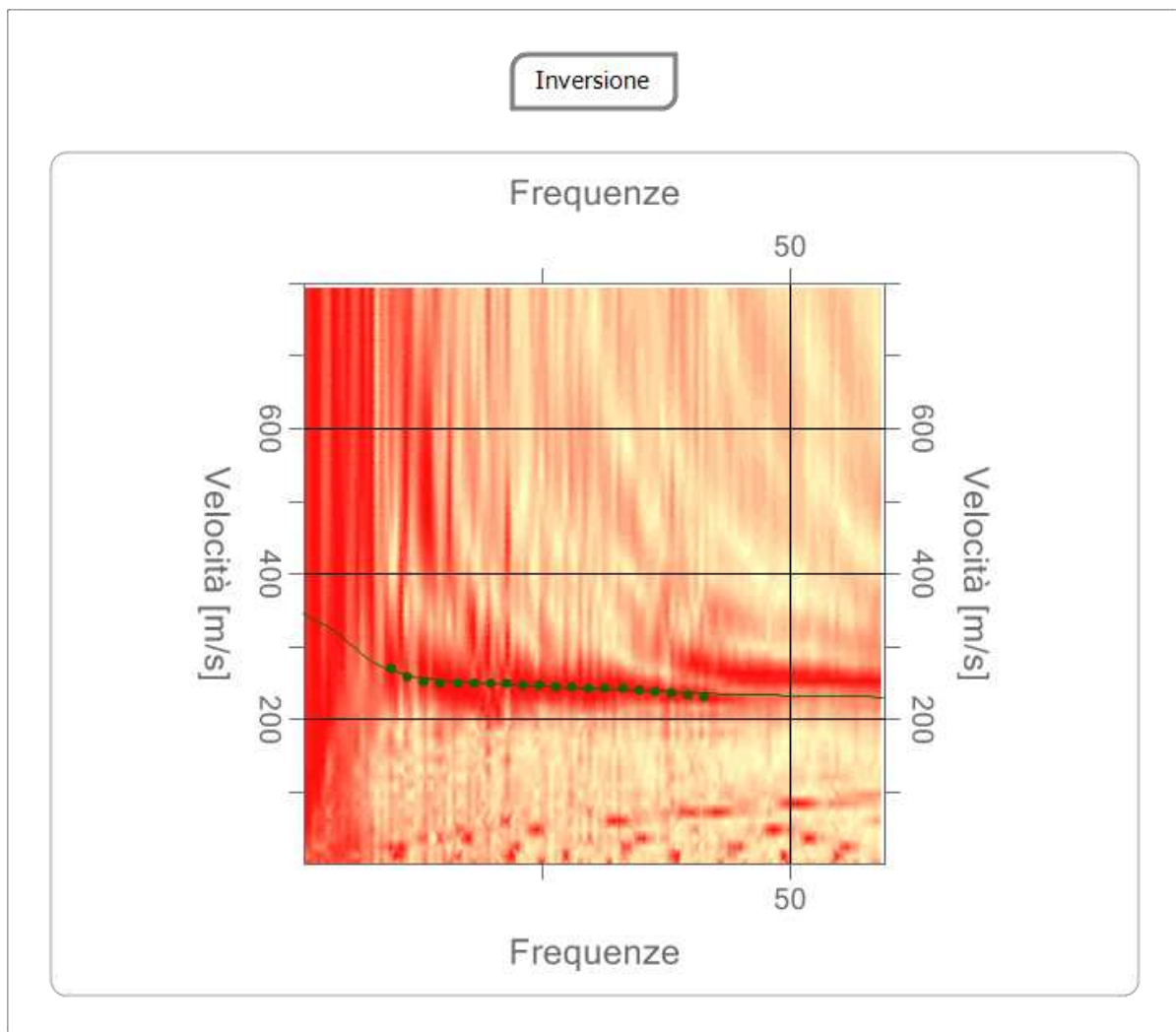
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	3.44	3.44	1770.0	0.4	697.0	244.3
2	9.26	5.82	1870.0	0.4	628.0	266.7
3	14.47	5.21	1970.0	0.4	557.5	267.8
4	22.30	7.83	2020.0	0.3	631.5	324.9
5	29.35	7.05	2070.0	0.3	800.8	428.0
6	oo	oo	1800.0	0.3	861.8	460.7

Percentuale di errore

0.009 %

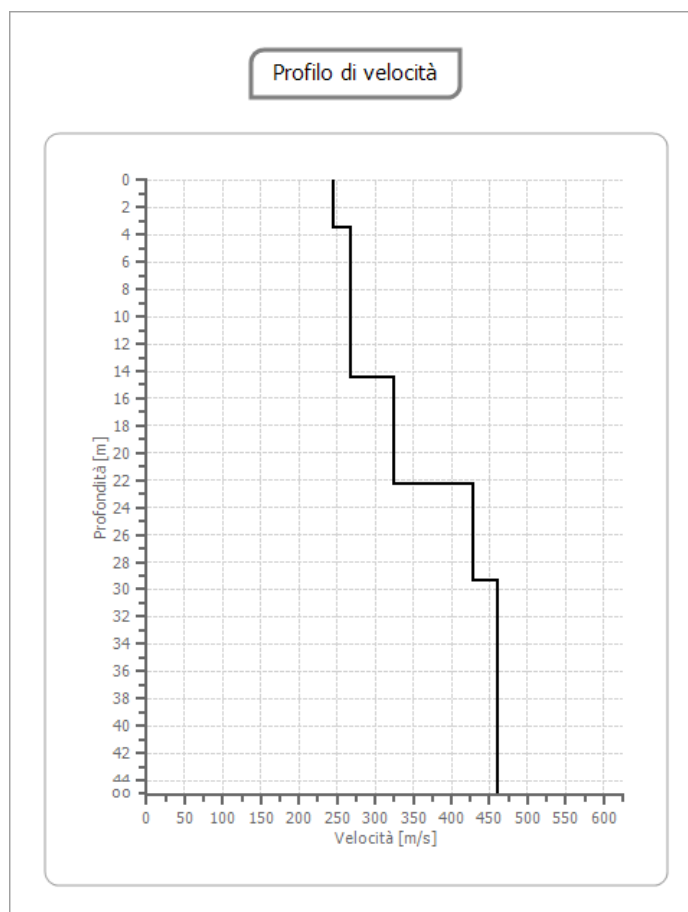
Fattore di disadattamento della soluzione

0.009



*Inversione della curva*





*Stima profilo verticale ID rilevato con minimo fattore di adattamento.*

## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	299.22
<b>Categoria del suolo</b>	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

In tal senso, come da NTC2018, è opportuno specificare che non si è individuato un substrato rigido con Vs maggiore di 800 m/s, nei primi 30m, e pertanto la velocità

equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è stata definita come  $V_{S,30}$ , ponendo  $H=30$  m come da normativa.

## 5.0 CONCLUSIONI

Nel presente rapporto si espongono i risultati di una prova sismica tipo MASW eseguita, nel territorio comunale di Colleferro (RM), in conformità alle norme tecniche NTC2018 ed alle disposizioni di cui alla O.P.C.M. 3274/2003 e successive modificazioni. La prova è stata effettuata ai fini della ricerca del parametro  $V_{Seq}$  ed alla successiva definizione della Categoria Sismica del suolo.

Allo scopo è stata eseguita una prospezione consistita in n. 1 linea sismica di tipo MASW. Il lavoro è stato svolto seguendo un iter che parte dall'acquisizione del segnale sismico, tramite strumento sismometro DOREMI della ditta SARA electronics (PG) nel sito in esame e dalla successiva elaborazione del segnale acquisito, per mezzo del programma EasyMASW Geostru Softwares) così da ricavare il parametro VS finale utile alla successiva definizione della Categoria Sismica del suolo.

I risultati forniti dalla prova sono i seguenti:

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b><math>V_{s,eq}</math> [m/sec] (H=30.00 m)</b>	299.22
<b>Categoria del suolo</b>	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

In tal senso, come da NTC2018, è opportuno specificare che non si è individuato un substrato rigido con  $V_s$  maggiore di 800 m/s, nei primi 30m, e pertanto la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è stata definita come  $V_{S,30}$ , ponendo  $H=30$  m come da normativa.

Pescara, Luglio 2022

TERRA DRILLING TECHNOLOGY

**TERRA DRILLING TECHNOLOGY SRL**  
Via Genova 45 - 65122 PESCARA  
P.IVA 01643890682

## Sommario

1.0	PREMESSA .....	1
2.0	IL METODO MASW – MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES .....	3
3.0	CAMPAGNA DI ACQUISIZIONE DEL SEGNALE SISMICO .....	5
4.0	ELABORAZIONE DI DATI .....	6
5.0	CONCLUSIONI .....	12

## Allegati:

1. Caratteristiche tecniche del sistema di acquisizione
2. Caratteristiche tecniche dei sensori geofonici
3. Allegato fotografico

## 1. Caratteristiche dello strumento usato per l'acquisizione del segnale

Acquisitore DOREMI Sara electronics

### Caratteristiche tecniche

#### Architettura

Classe strumentale:	sisinografo multicanale per geofisica
Topologia:	rete differenziale RS485 half-duplex multipoint
Lunghezza massima della rete:	1200 metri senza ripetitori (virtualmente illimitata con ripetitori)
Numero massimo di canali per tratta:	255
Dimensioni dell'elemento (escluso il cavo):	80x55x18 mm
Peso:	250 g (un elemento con lunghezza cavo 5 metri)
Cavo:	4 conduttori, 2 coppie ritorte, robotico resistente a torsioni, flessione-torsioni, abrasioni ed agenti chimici

#### Campionamento

Memoria:	64 kByte (>30000 campioni)
Frequenze in Hz:	200,300,400,500,800,1000,2000,3000,4000, 8000,10000,20000
pari ad intervalli in ms di:	5, 3.33, 2.5, 2, 1.25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05
Esempi di utilizzo della memoria:	ReMi: 500Hz, t-max 60 secondi MASW: 4000Hz, t-max 7.5 secondi Riflessione: 20000Hz, t-max 1.5 secondi

#### Dinamica del sistema

Risoluzione con guadagno 10x:	7.600 $\mu$ V
Risoluzione con guadagno 1000x:	0.076 $\mu$ V
Dinamica di base:	96dB (16 bit)
Dinamica massima del preamplificatore:	80dB
Signal to Noise Ratio RMS fra 0.5 e 30Hz:	>90dB
Full range a 10x:	0.5V p-p
Risoluzione RMS a 1000x e 4000SPS:	0.0000002V p-p
Dinamica totale teorica:	155dB
Dinamica totale senza postprocessing:	> 127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento)
Dinamica totale in postprocessing:	>140dB

#### Alimentazione

Tensione di alimentazione:	10-15VdC
Consumo:	
Unità di testa:	20mA
Per Canale:	40mA
Consumo totale 12 canali:	510mA

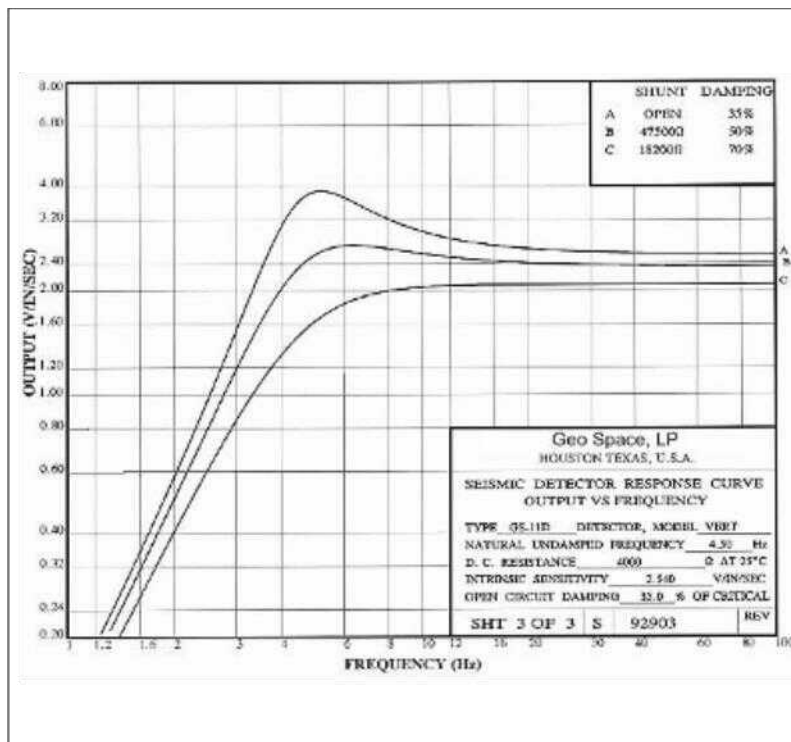
#### Convertitore A/D

Tipologia:	SAR
Risoluzione:	16 bit
Dinamica:	96 dB

#### Preamplificatore

Tipologia:	ultra-low noise con ingresso differenziale
Filtri:	3Hz passa alto 1 polo, 200Hz passa basso 4 poli
Guadagni:	da 10x a 8000x
Ricezione di modo comune:	>80dB
Diafonia (crosstalk):	non applicabile (elementi singoli a trasmissione digitale)
Impedenza d'ingresso:	>100k $\Omega$

## 2. Caratteristiche tecniche dei sensori geofonici



sensore 4.5Hz



Piastra Duralluminium



### 3. Allegato fotografico



**ANALISI MICROTREMORI A STAZIONE SINGOLA HVSR  
ROMA CITTÀ METROPOLITANA – COLLEFERRO (RM)**

Pescara Luglio 2022	<p>TERRA DRILLING TECHNOLOGY</p> <p><b>TERRA DRILLING TECHNOLOGY SRL</b> Via Genova, 45 - 65122 PESCARA * P.IVA 01643890682</p>
---------------------	---



## RAPPORTO MICROTREMORI HVSR

Le vibrazioni sismiche ambientali (rumore sismico) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di  $10^{-4}$  -  $10^{-2}$  mm (Okada, 2003). Le misure puntuali di rumore sismico possono essere utilizzate per la stima degli effetti di sito (funzione di amplificazione),

Tra i diversi metodi per l'analisi delle misure di rumore sismico quello che sembra fornire i risultati migliori è quello dei Rapporti spettrali H/V noto anche come metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o metodo di Nakamura.

La tecnica H/V consiste nel calcolo del rapporto degli spettri di Fourier del rumore nel piano orizzontale H (generalmente lo spettro H viene calcolato come media degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW ) e della componente verticale V. Si calcola in questo modo la frequenza di risonanza del sito. La risonanza è dovuta all'intrappolamento delle onde tra due superfici in cui si verifica una variazione di impedenza acustica ( $\rho V$ ) (Castellaro 2008).



*Fig. 1 – ubicazione prova*

### Strumentazione:

Le misure di microtremore ambientale sono state effettuate per mezzo di un tromografo digitale portatile progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (Sara electronics SR04S3, 10 x 7 x 14 cm per 1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticale.



*Fig.2 – Strumento*

Caratteristiche tecniche dello strumento:

Alimentazione	10 - 16 Vdc o dabatteria interna < 1W
Numero canali	3 da 24 bit
Range dinamico	124 dB (144 dB, 24 bit effettivi tra 0,1 e 10 Hz)
Campionamento	Simultaneo sui 3 canali
Sampling rates	10 - 600 Hz
Interfaccia dati sismici	RS232, cavo USB in dotazione
Formato dati	Protocollo binario SADC20HS
Velocità	115200 baud
Temperatura operativa	Da - 30 a + 60 °C
Dimensioni	155 x 140 x 110 mm
Peso	3.1 Kg
Sensori	4.5 Hz
Conformità	CE (EN55022, EN55011)

## Acquisizione dati

### Dati Rilevati:

Le registrazioni del rumore sismico ambientale sono state registrate nel territorio Comunale di Colleferro (RM), il giorno 24/05/2022. Sono stati registrati n. 1 set di dati da 30 minuti.

In fase di acquisizione dati sono state prese in considerazioni le raccomandazioni delle linee guida SESAME (Site EffectS assessment using AMbient Excitations) European research project, del 2005.

Type of parameter	Main recommendations	
Recording duration	Minimum expected $f_0$ [Hz]	Recommended minimum recording duration [min]
	0.2	30'
	0.5	20'
	1	10'
	2	5'
	5	3'
	10	2'
Measurement spacing	→ <b>Microzonation</b> : start with a large spacing (for example a 500 m grid) and, in case of lateral variation of the results, densify the grid point spacing, down to 250 m, for example. → <b>Single site response</b> : never use a single measurement point to derive an $f_0$ value, make at least three measurement points.	
Recording parameters	→ level the sensor as recommended by the manufacturer. → fix the gain level at the maximum possible without signal saturation.	
In situ soil-sensor coupling	→ set the sensor down directly on the ground, whenever possible. → avoid setting the sensor on "soft grounds" (mud, ploughed soil, tall grass, etc.), or soil saturated after rain.	
Artificial soil-sensor coupling	→ avoid plates from "soft" materials such as foam rubber, cardboard, etc. → on steep slopes that do not allow correct sensor levelling, install the sensor in a sand pile or in a container filled with sand. → on snow or ice, install a metallic or wooden plate or a container filled with sand to avoid sensor tilting due to local melting.	
Nearby structures	→ Avoid recording near structures such as buildings, trees, etc. in case of wind blowing (faster than approx. 5 m/s). It may strongly influence H/V results by introducing some low frequencies in the curves → Avoid measuring above underground structures such as car parks, pipes, sewer lids, etc.	
Weather conditions	→ <b>Wind</b> : Protect the sensor from the wind (faster than approx. 5 m/s). This only helps if there are no nearby structures. → <b>Rain</b> : avoid measurements under heavy rain. Slight rain has no noticeable influence. → <b>Temperature</b> : check sensor and recorder manufacturer's instructions. → <b>Meteorological perturbations</b> : indicate on the field sheet whether the measurements are performed during a low-pressure meteorological event.	
Disturbances	→ <b>Monochromatic sources</b> : avoid measurements near construction machines, industrial machines, pumps, generators, etc. → <b>Transients</b> : In case of transients (steps, cars,...), increase the recording duration to allow for enough windows for the analysis, after transient removal.	

SESAME H/V User Guidelines (2005) - (1.EXPERIMENTAL CONDITIONS + MEASUREMENT FIELD SHEET\_pag.8)



## Criteri SESAME

I rapporti HV sono stati ricavati secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005). L'elaborazione dei dati di campagna è stata effettuata con software Geopsy versione 2.9. Tutte le registrazioni sono state elaborate e confrontate tra loro sia nei rapporti H/V che nei rapporti spettrali. Dalle comparazioni non sono state rilevate differenze sostanziali nei risultati. Il processing dei dati è stato il medesimo per tutte le registrazioni, tenendo conto delle raccomandazioni delle linee guida SESAME (Site EffectS assessment using AMbient Excitations) European research project, del 2005. Di seguito si riportano i <<Criteria for a reliable HVSR curve >> ossia i criteri da tener conto al fine di ottenere una curva affidabile.

<b>Criteria for a reliable H/V curve</b> i) $f_0 > 10 / l_w$ and ii) $n_c(f_0) > 200$ and iii) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ or $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>l_w</math> = window length</li> <li><math>n_w</math> = number of windows selected for the average H/V curve</li> <li><math>n_c = l_w \cdot n_w</math>. <math>f_0</math> = number of significant cycles</li> <li><math>f</math> = current frequency</li> <li><math>f_{\text{sensor}}</math> = sensor cut-off frequency</li> <li><math>f_0</math> = H/V peak frequency</li> <li><math>\sigma_f</math> = standard deviation of H/V peak frequency (<math>f_0 \pm \sigma_f</math>)</li> <li><math>\varepsilon(f_0)</math> = threshold value for the stability condition <math>\sigma_f &lt; \varepsilon(f_0)</math></li> <li><math>A_0</math> = H/V peak amplitude at frequency <math>f_0</math></li> <li><math>A_{H/V}(f)</math> = H/V curve amplitude at frequency <math>f</math></li> <li><math>f^*</math> = frequency between <math>f_0/4</math> and <math>f_0</math> for which <math>A_{H/V}(f^*) &lt; A_0/2</math></li> <li><math>f^*</math> = frequency between <math>f_0</math> and <math>4f_0</math> for which <math>A_{H/V}(f^*) &lt; A_0/2</math></li> <li><math>\sigma_A(f)</math> = "standard deviation" of <math>A_{H/V}(f)</math>, <math>\sigma_A(f)</math> is the factor by which the mean <math>A_{H/V}(f)</math> curve should be multiplied or divided</li> <li><math>\sigma_{\log H/V}(f)</math> = standard deviation of the <math>\log A_{H/V}(f)</math> curve, <math>\sigma_{\log H/V}(f)</math> is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean <math>\log A_{H/V}(f)</math> curve</li> <li><math>\theta(f_0)</math> = threshold value for the stability condition <math>\sigma_A(f) &lt; \theta(f_0)</math></li> <li><math>V_{s,av}</math> = average S-wave velocity of the total deposits</li> <li><math>V_{s,surf}</math> = S-wave velocity of the surface layer</li> <li><math>h</math> = depth to bedrock</li> <li><math>h_{min}</math> = lower-bound estimate of <math>h</math></li> </ul>
<b>Criteria for a clear H/V peak</b> (at least 5 out of 6 criteria fulfilled) i) $\exists f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$ ii) $\exists f^* \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$ iii) $A_0 > 2$ iv) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ v) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	

Threshold Values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Frequency range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.20 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

SESAME H/V User Guidelines (2005) - (2. DIAGRAMS FOR INTERPRETATION OF H/V RESULTS -2.1 Criteria for reliability of results\_pag.10)

Affinché sia possibile ottenere una curva affidabile è necessario tener conto del valore minimo della lunghezza delle finestre che si vanno a considerare nel processing ( $l_w$ ) e del numero minimo di finestre, in modo tale da non ottenere una curva che sia al di sotto della minima durata del segnale utile, cosicché da non processare un segnale in aliasing temporale.

$f_0$ [Hz]	Minimum value for $l_w$ [s]	Minimum number of significant cycles ( $n_c$ )	Minimum number of windows	Minimum useful signal duration [s]	Recommended minimum record duration [min]
0.2	50	200	10	1000	30'
0.5	20	200	10	400	20'
1	10	200	10	200	10'
2	5	200	10	100	5'
5	5	200	10	40	3'
10	5	200	10	20	2'

*SESAME H/V User Guidelines (2005) - (1.2 Experimental conditions\_pag.18)*

Di seguito si riportano i termini considerati nella scelta dell'elaborazioni al fine di ottenere uno spettro H/V affidabile:

Codice della stazione microtremore a stazione singola	Valore della larghezza delle finestre $l_w$ [s]	Numero di finestre selezionate $n_w$	Lunghezza temporale della durata del segnale utile [s] (depauperato del 5%)
T1	20"	39	780 > 741

Codice della stazione microtremore a stazione singola	$f_0$ [Hz]	I Condizione $f_0 > 10/l_w$	II Condizione $N_c$ (numero significativo di cicli) $N_c(f_0) > 200$ con $N_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0$
T1	1.87	$F_0 > 0.5$	$N_c > 200$

Sono state effettuate le seguenti scelte in fase di processing, per avere uno spettro H/V poco scatterato, per tutte le elaborazioni delle registrazioni:

- Tipologia di smoothing function dello spettro di Fourier

Konno – Ohmachi (raccomandata dalle linee guida SESAME)

$$\left( \frac{\sin(b \log_{10}(\frac{f}{f_c}))}{b \log_{10}(\frac{f}{f_c})} \right)^4$$

dove :

$f$  è la frequenza,

$f_c$  è la frequenza centrata,

$b = 40$  ed è il coefficiente di bandwidth  
(scelta dell'operatore)

- Utilizzando un “cosine taper” sullo spettro di Fourier pari al 15%

Frequenza di campionamento pari a 300 Hz per ogni curva generata in una scala logaritmica tra 0,8 Hz e 20 Hz.

## Elaborazione

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	Roma Città Cap.01_240522	Undefined	2022-05-24 16:49:03,000000	2022-05-24 17:19:03,000000	300	0,003333333333	540000	30m0,000000s	0	0
2	Roma Città Cap.01_240522	North	2022-05-24 16:49:03,000000	2022-05-24 17:19:03,000000	300	0,003333333333	540000	30m0,000000s	0	0
3	Roma Città Cap.01_240522	East	2022-05-24 16:49:03,000000	2022-05-24 17:19:03,000000	300	0,003333333333	540000	30m0,000000s	0	0

Tab. 1 - durata registrazione 30 minuti

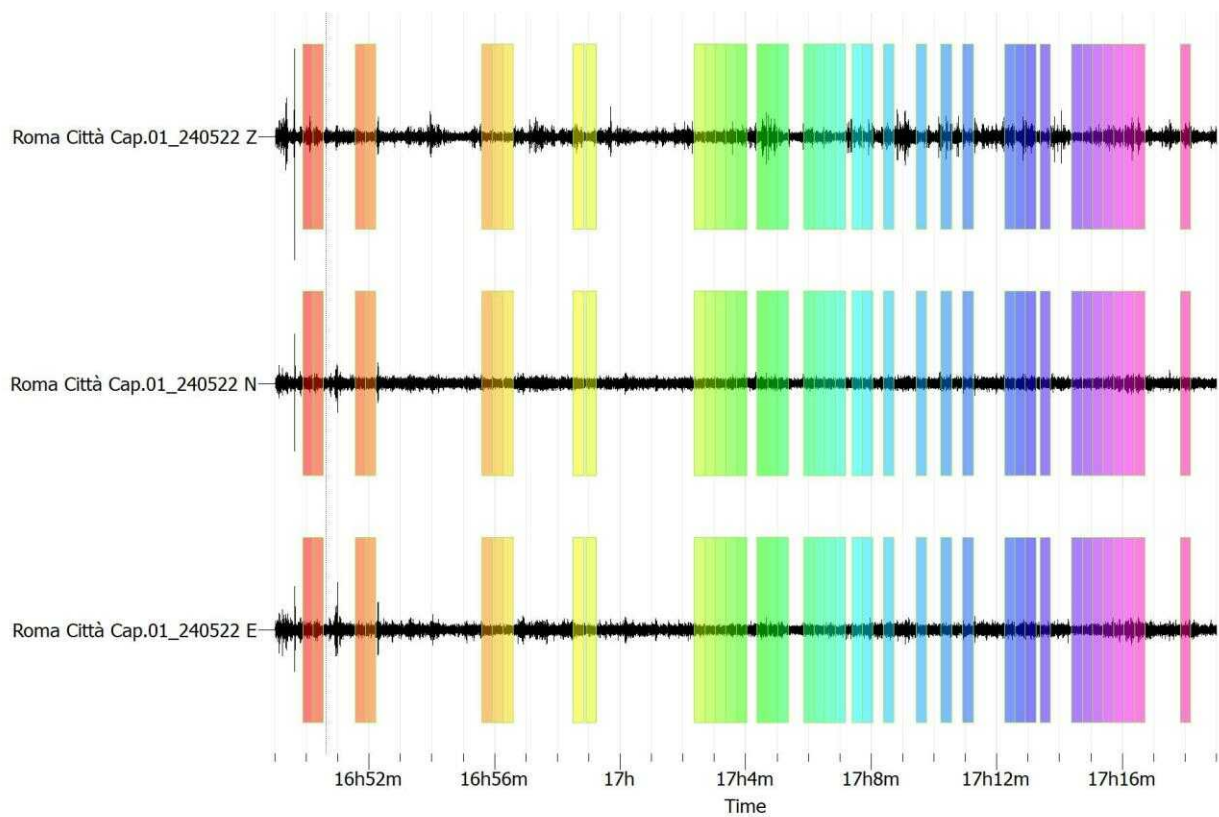


Figura 3 - segnale acquisito e relativa selezione delle finestre.

## GRAFICO RAPPORTO HVSR

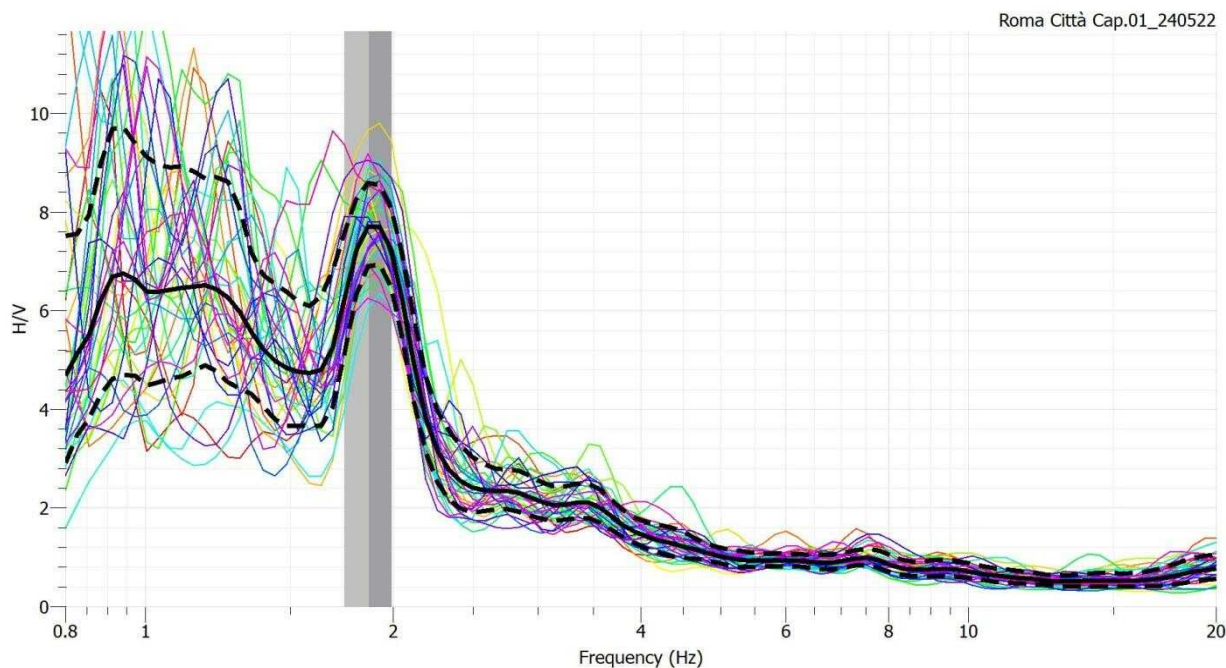


Figura 4 – Rapporto H/V

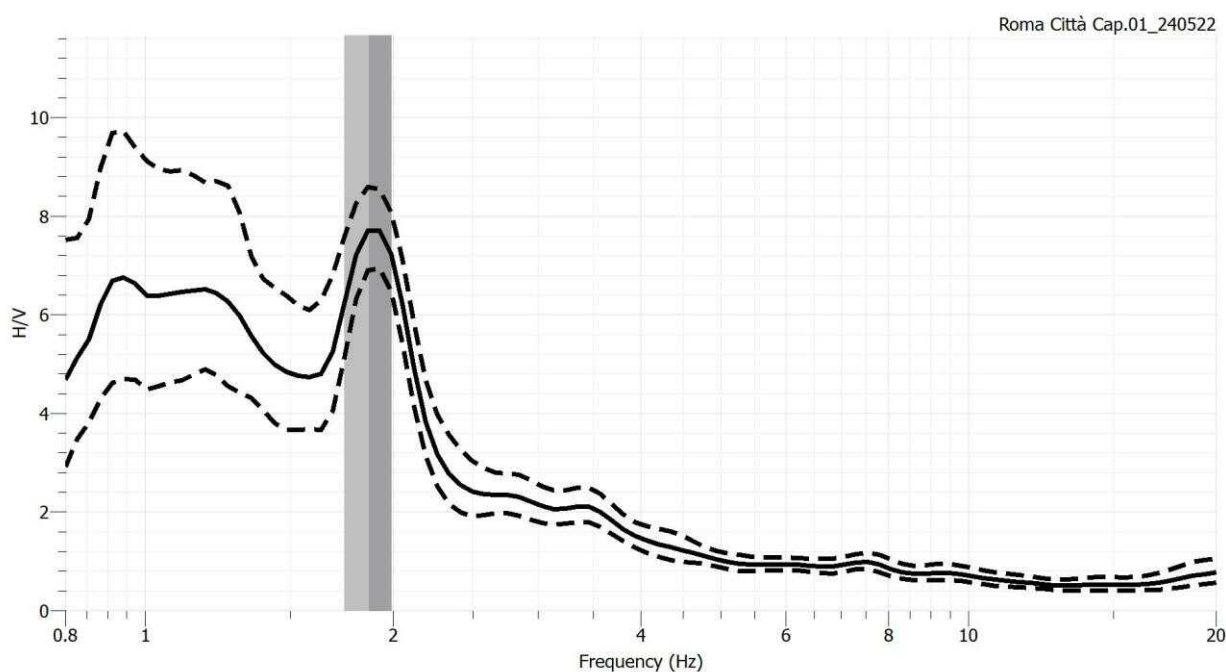


Figura 5 - Deviazione standard (linea tratteggiata), media (linea continua).

In relazione all'intervallo di frequenze considerato (0.8-20Hz), si è evidenziato un picco di frequenza di risonanza caratteristica a  $f_0 = 1.87 \text{ Hz}$  e  $A_0 = 7.70(H/V)$ .



## Valutazione della stazionarietà e della direzionalità del rapporto H/V.

La valutazione della stazionarietà e della direzionalità del rapporto H/V permette di capire se la curva H/V calcolata è generata da un segnale che proviene in modo uniforme da tutte le direzioni e se si mantiene stabile nel corso di tutta la durata dell'indagine. Nella verificare la stabilità del rapporto H/V lungo tutta la durata dell'indagine, i singoli rapporti H/V correlati ciascuno ad una finestra temporale dovrebbero essere più simili possibile, specie per quanto riguarda la frequenza a cui si manifesta il picco, o i picchi, di ampiezza del rapporto. La direzionalità del rapporto H/V è invece l'informazione riguardante la direzione di provenienza del segnale sul semipiano orizzontale, che può aiutare a rilevare l'eventuale situazione non desiderabile in cui si ha la polarizzazione del segnale lungo una certa direttrice. Il risultato finale è un grafico (fig.6), ottenuto dalla produzione di un rapporto H/V per ogni 10° di rotazione, che riporta sulle ascisse la frequenza, sulle ordinate la rotazione e in cui il colore rappresenta l'ampiezza del rapporto.

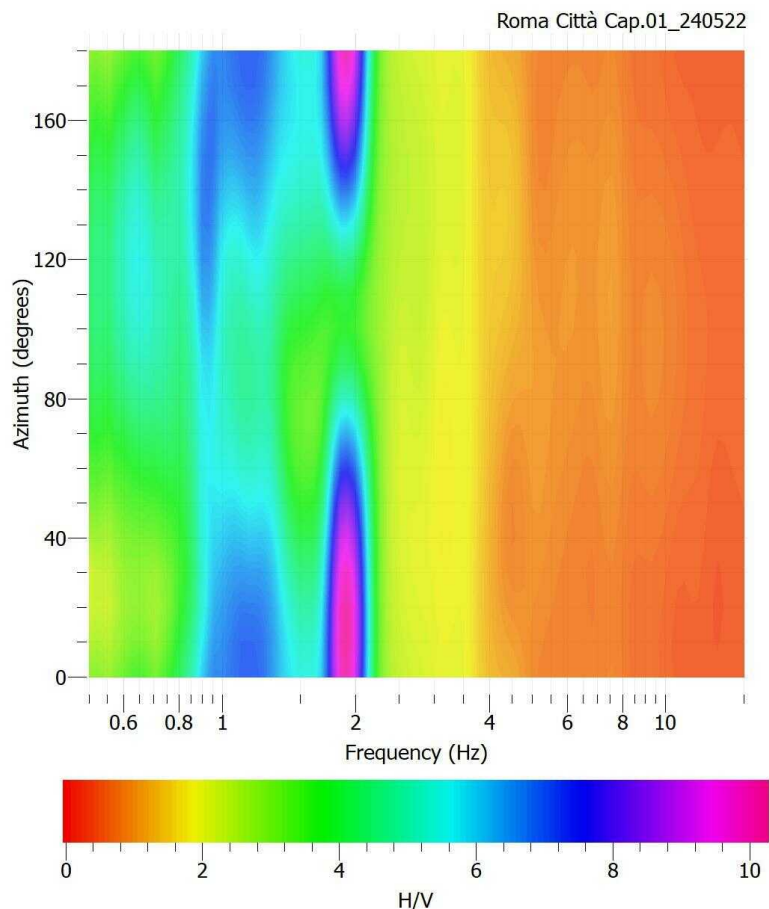


Fig. 6– Rotazione del rapporto H/V.

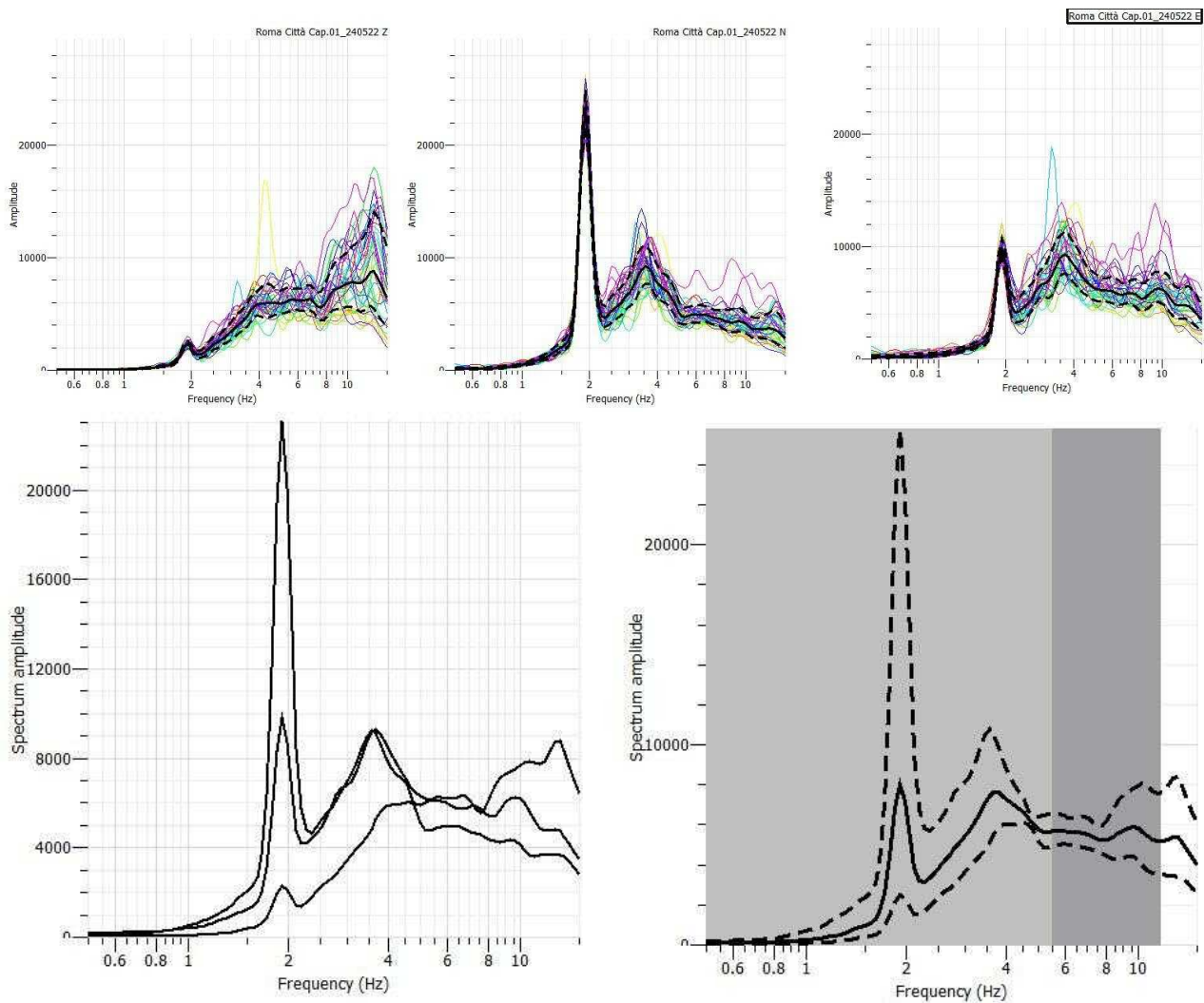


Fig. 7– Spettri di frequenza delle singole componenti e Spectrum summary che raggruppa gli spettri medi delle singole componenti

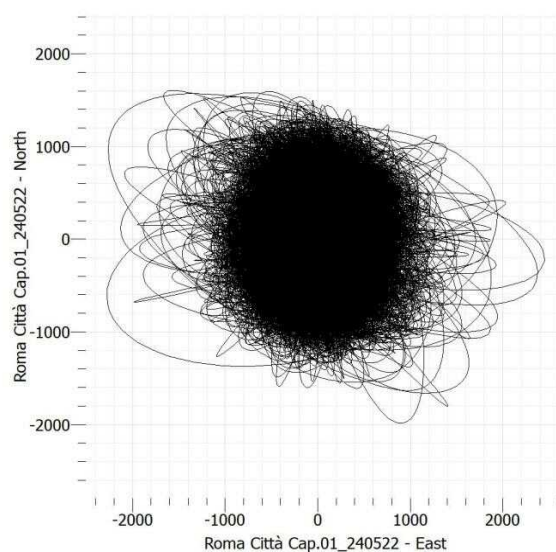
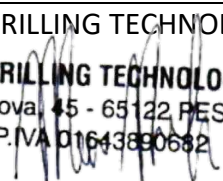


Figura 8 – Rappresentazione, su di un piano, della risultante delle 3 componenti del segnale registrato tramite Particle Motion di Geopsy.

**ANALISI MICROTREMORI A STAZIONE SINGOLA HVSR  
ROMA CITTÀ METROPOLITANA – COLLEFERRO (RM)**

Pescara Luglio 2022	<p>TERRA DRILLING TECHNOLOGY</p> <p><b>TERRA DRILLING TECHNOLOGY SRL</b> Via Genova, 45 - 65122 PESCARA P.IVA 01643890682</p> 
---------------------	--



## RAPPORTO MICROTREMORI HVSR

Le vibrazioni sismiche ambientali (rumore sismico) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di  $10^{-4}$  -  $10^{-2}$  mm (Okada, 2003). Le misure puntuali di rumore sismico possono essere utilizzate per la stima degli effetti di sito (funzione di amplificazione),

Tra i diversi metodi per l'analisi delle misure di rumore sismico quello che sembra fornire i risultati migliori è quello dei Rapporti spettrali H/V noto anche come metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o metodo di Nakamura.

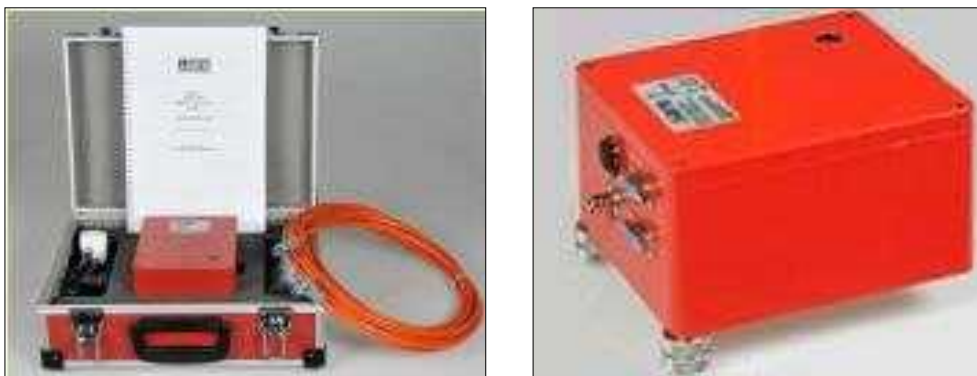
La tecnica H/V consiste nel calcolo del rapporto degli spettri di Fourier del rumore nel piano orizzontale H (generalmente lo spettro H viene calcolato come media degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW ) e della componente verticale V. Si calcola in questo modo la frequenza di risonanza del sito. La risonanza è dovuta all'intrappolamento delle onde tra due superfici in cui si verifica una variazione di impedenza acustica ( $\rho V$ ) (Castellaro 2008).



*Fig. 1 – ubicazione prova*

## Strumentazione:

Le misure di microtremore ambientale sono state effettuate per mezzo di un tromografo digitale portatile progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (Sara electronics SR04S3, 10 x 7 x 14 cm per 1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticale.



*Fig.2 – Strumento*

Caratteristiche tecniche dello strumento:

Alimentazione	10 - 16 Vdc o dabatteria interna < 1W
Numero canali	3 da 24 bit
Range dinamico	124 dB (144 dB, 24 bit effettivi tra 0,1 e 10 Hz)
Campionamento	Simultaneo sui 3 canali
Sampling rates	10 - 600 Hz
Interfaccia dati sismici	RS232, cavo USB in dotazione
Formato dati	Protocollo binario SADC20HS
Velocità	115200 baud
Temperatura operativa	Da - 30 a + 60 °C
Dimensioni	155 x 140 x 110 mm
Peso	3.1 Kg
Sensori	4.5 Hz
Conformità	CE (EN55022, EN55011)

## Acquisizione dati

### Dati Rilevati:

Le registrazioni del rumore sismico ambientale sono state registrate nel territorio Comunale di Colleferro (RM), il giorno 24/05/2022. Sono stati registrati n. 1 set di dati da 24 minuti.

In fase di acquisizione dati sono state prese in considerazioni le raccomandazioni delle linee guida SESAME (Site EffectS assessment using AMbient Excitations) European research project, del 2005.

Type of parameter	Main recommendations	
Recording duration	Minimum expected $f_0$ [Hz]	Recommended minimum recording duration [min]
	0.2	30'
	0.5	20'
	1	10'
	2	5'
	5	3'
	10	2'
Measurement spacing	→ <b>Microzonation</b> : start with a large spacing (for example a 500 m grid) and, in case of lateral variation of the results, densify the grid point spacing, down to 250 m, for example. → <b>Single site response</b> : never use a single measurement point to derive an $f_0$ value, make at least three measurement points.	
Recording parameters	→ level the sensor as recommended by the manufacturer. → fix the gain level at the maximum possible without signal saturation.	
In situ soil-sensor coupling	→ set the sensor down directly on the ground, whenever possible. → avoid setting the sensor on "soft grounds" (mud, ploughed soil, tall grass, etc.), or soil saturated after rain.	
Artificial soil-sensor coupling	→ avoid plates from "soft" materials such as foam rubber, cardboard, etc. → on steep slopes that do not allow correct sensor levelling, install the sensor in a sand pile or in a container filled with sand. → on snow or ice, install a metallic or wooden plate or a container filled with sand to avoid sensor tilting due to local melting.	
Nearby structures	→ Avoid recording near structures such as buildings, trees, etc. in case of wind blowing (faster than approx. 5 m/s). It may strongly influence H/V results by introducing some low frequencies in the curves → Avoid measuring above underground structures such as car parks, pipes, sewer lids, etc.	
Weather conditions	→ <b>Wind</b> : Protect the sensor from the wind (faster than approx. 5 m/s). This only helps if there are no nearby structures. → <b>Rain</b> : avoid measurements under heavy rain. Slight rain has no noticeable influence. → <b>Temperature</b> : check sensor and recorder manufacturer's instructions. → <b>Meteorological perturbations</b> : indicate on the field sheet whether the measurements are performed during a low-pressure meteorological event.	
Disturbances	→ <b>Monochromatic sources</b> : avoid measurements near construction machines, industrial machines, pumps, generators, etc. → <b>Transients</b> : In case of transients (steps, cars,...), increase the recording duration to allow for enough windows for the analysis, after transient removal.	

SESAME H/V User Guidelines (2005) - (1.EXPERIMENTAL CONDITIONS + MEASUREMENT FIELD SHEET\_pag.8)



## Criteri SESAME

I rapporti HV sono stati ricavati secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005). L'elaborazione dei dati di campagna è stata effettuata con software Geopsy versione 2.9 . Tutte le registrazioni sono state elaborate e confrontate tra loro sia nei rapporti H/V che nei rapporti spettrali. Dalle comparazioni non sono si rilevano differenze sostanziali nei risultati. Il processing dei dati è stato il medesimo per tutte le registrazioni, tenendo conto delle raccomandazioni delle linee guida SESAME (Site EffectS assessment using AMbient Excitations) European research project, del 2005. Di seguito si riportano i <<Criteria for a reliable HVSR curve >> ossia i criteri da tener conto al fine di ottenere una curva affidabile.

<b>Criteria for a reliable H/V curve</b> i) $f_0 > 10 / l_w$ and ii) $n_c(f_0) > 200$ and iii) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ or $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>l_w</math> = window length</li> <li><math>n_w</math> = number of windows selected for the average H/V curve</li> <li><math>n_c = l_w \cdot n_w</math>. <math>f_0</math> = number of significant cycles</li> <li><math>f</math> = current frequency</li> <li><math>f_{\text{sensor}}</math> = sensor cut-off frequency</li> <li><math>f_0</math> = H/V peak frequency</li> <li><math>\sigma_f</math> = standard deviation of H/V peak frequency (<math>f_0 \pm \sigma_f</math>)</li> <li><math>\varepsilon(f_0)</math> = threshold value for the stability condition <math>\sigma_f &lt; \varepsilon(f_0)</math></li> <li><math>A_0</math> = H/V peak amplitude at frequency <math>f_0</math></li> <li><math>A_{H/V}(f)</math> = H/V curve amplitude at frequency <math>f</math></li> <li><math>f^*</math> = frequency between <math>f_0/4</math> and <math>f_0</math> for which <math>A_{H/V}(f^*) &lt; A_0/2</math></li> <li><math>f^*</math> = frequency between <math>f_0</math> and <math>4f_0</math> for which <math>A_{H/V}(f^*) &lt; A_0/2</math></li> <li><math>\sigma_A(f)</math> = "standard deviation" of <math>A_{H/V}(f)</math>, <math>\sigma_A(f)</math> is the factor by which the mean <math>A_{H/V}(f)</math> curve should be multiplied or divided</li> <li><math>\sigma_{\log H/V}(f)</math> = standard deviation of the <math>\log A_{H/V}(f)</math> curve, <math>\sigma_{\log H/V}(f)</math> is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean <math>\log A_{H/V}(f)</math> curve</li> <li><math>\theta(f_0)</math> = threshold value for the stability condition <math>\sigma_A(f) &lt; \theta(f_0)</math></li> <li><math>V_{s,av}</math> = average S-wave velocity of the total deposits</li> <li><math>V_{s,surf}</math> = S-wave velocity of the surface layer</li> <li><math>h</math> = depth to bedrock</li> <li><math>h_{min}</math> = lower-bound estimate of <math>h</math></li> </ul>
<b>Criteria for a clear H/V peak</b> (at least 5 out of 6 criteria fulfilled) i) $\exists f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$ ii) $\exists f^* \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$ iii) $A_0 > 2$ iv) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ v) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	

Threshold Values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Frequency range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.20 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

SESAME H/V User Guidelines (2005) - (2. DIAGRAMS FOR INTERPRETATION OF H/V RESULTS -2.1 Criteria for reliability of results\_pag.10)

Affinché sia possibile ottenere una curva affidabile è necessario tener conto del valore minimo della lunghezza delle finestre che si vanno a considerare nel processing ( $l_w$ ) e del numero minimo di finestre, in modo tale da non ottenere una curva che sia al di sotto della minima durata del segnale utile, cosicché da non processare un segnale in aliasing temporale.

$f_0$ [Hz]	Minimum value for $l_w$ [s]	Minimum number of significant cycles ( $n_c$ )	Minimum number of windows	Minimum useful signal duration [s]	Recommended minimum record duration [min]
0.2	50	200	10	1000	30'
0.5	20	200	10	400	20'
1	10	200	10	200	10'
2	5	200	10	100	5'
5	5	200	10	40	3'
10	5	200	10	20	2'

SESAME H/V User Guidelines (2005) - (1.2 Experimental conditions\_pag.18)

Di seguito si riportano i termini considerati nella scelta dell'elaborazioni al fine di ottenere uno spettro H/V affidabile:

Codice della stazione microtremore a stazione singola	Valore della larghezza delle finestre $l_w$ [s]	Numero di finestre selezionate $n_w$	Lunghezza temporale della durata del segnale utile [s] (depauperato del 5%)
T1	20"	25	500 > 475

Codice della stazione microtremore a stazione singola	$f_0$ [Hz]	I Condizione $f_0 > 10/l_w$	II Condizione $N_c$ (numero significativo di cicli) $N_c(f_0) > 200$ con $N_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0$
T1	1.81	$F_0 > 0.5$	$N_c > 200$

Sono state effettuate le seguenti scelte in fase di processing, per avere uno spettro H/V poco scatterato, per tutte le elaborazioni delle registrazioni:

- Tipologia di smoothing function dello spettro di Fourier

Konno – Ohmachi (raccomandata dalle linee guida SESAME)

$$\left( \frac{\sin(b \log_{10}(\frac{f}{f_c}))}{b \log_{10}(\frac{f}{f_c})} \right)^4$$

dove :

$f$  è la frequenza,

$f_c$  è la frequenza centrata,

$b = 40$  ed è il coefficiente di bandwidth  
(scelta dell'operatore)

- Utilizzando un “cosine taper” sullo spettro di Fourier pari al 15%

Frequenza di campionamento pari a 300 Hz per ogni curva generata in una scala logaritmica tra 0,8 Hz e 20 Hz.

## Elaborazione

ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	dt	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Rec z	Type
4	Roma Città Cap.02_240522	Vertical	24/05/2022 00:00:00	12h50m	13h14m24.000000s	300	0,003333333333	439200	24m24.000000s	0	0	0	Waveform
5	Roma Città Cap.02_240522	North	24/05/2022 00:00:00	12h50m	13h14m24.000000s	300	0,003333333333	439200	24m24.000000s	0	0	0	Waveform
6	Roma Città Cap.02_240522	East	24/05/2022 00:00:00	12h50m	13h14m24.000000s	300	0,003333333333	439200	24m24.000000s	0	0	0	Waveform

Tab. 1 - durata registrazione 24 minuti

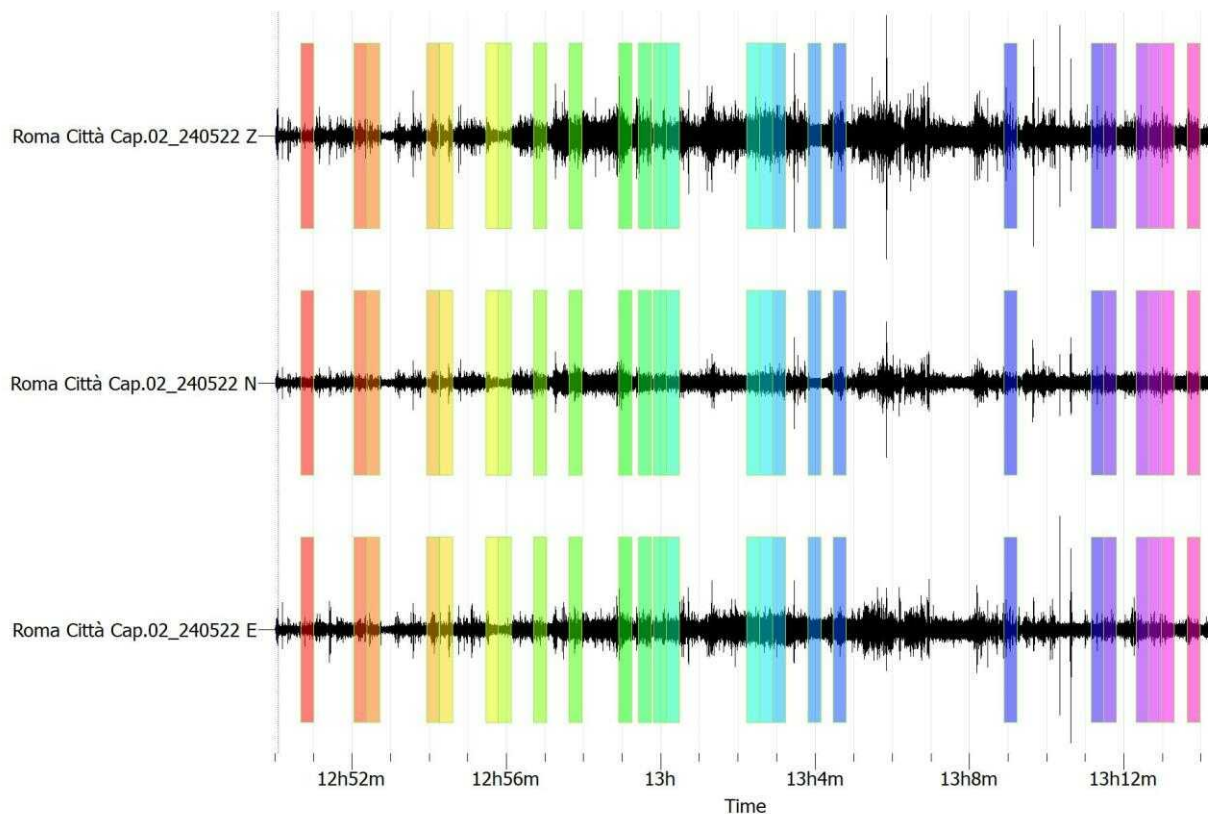


Figura 3 - segnale acquisito e relativa selezione delle finestre.

## GRAFICO RAPPORTO HVSR

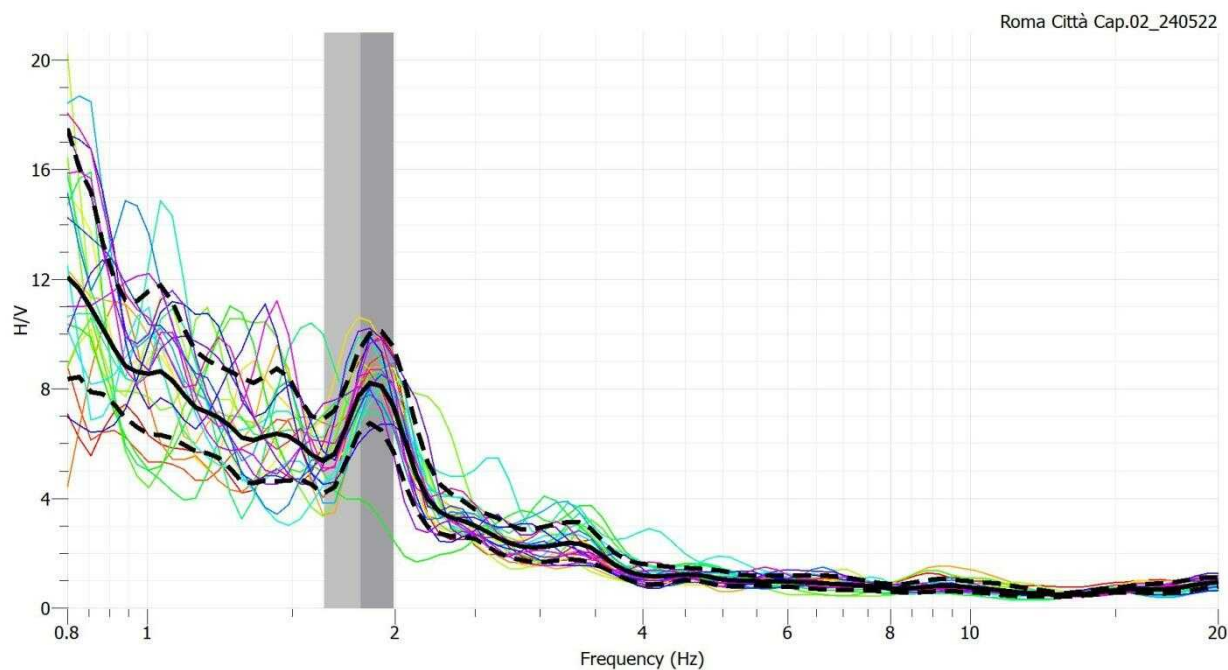


Figura 4 – Rapporto H/V

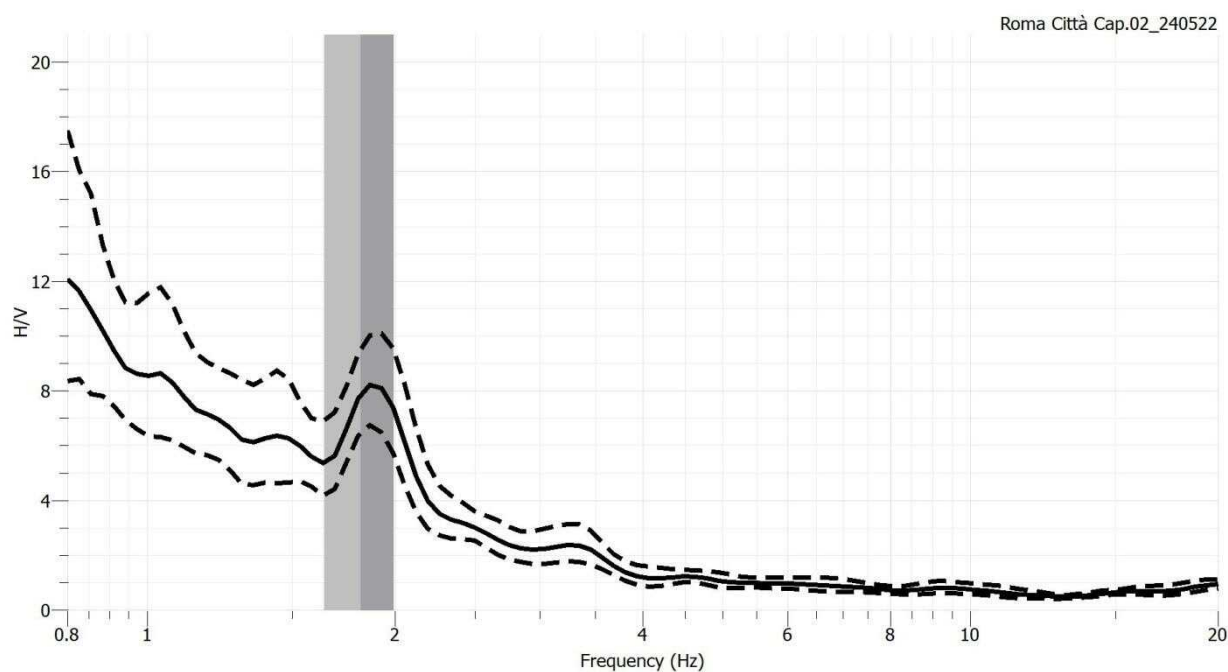


Figura 5 - Deviazione standard (linea tratteggiata), media (linea continua).

In relazione all'intervallo di frequenze considerato (0.8-20Hz), si è evidenziato un picco di frequenza di risonanza caratteristica a  $f_0=1.81 \text{ Hz}$  e  $A_0=7.83(H/V)$ .

## Valutazione della stazionarietà e della direzionalità del rapporto H/V.

La valutazione della stazionarietà e della direzionalità del rapporto H/V permette di capire se la curva H/V calcolata è generata da un segnale che proviene in modo uniforme da tutte le direzioni e se si mantiene stabile nel corso di tutta la durata dell'indagine. Nella verificare la stabilità del rapporto H/V lungo tutta la durata dell'indagine, i singoli rapporti H/V correlati ciascuno ad una finestra temporale dovrebbero essere più simili possibile, specie per quanto riguarda la frequenza a cui si manifesta il picco, o i picchi, di ampiezza del rapporto. La direzionalità del rapporto H/V è invece l'informazione riguardante la direzione di provenienza del segnale sul semipiano orizzontale, che può aiutare a rilevare l'eventuale situazione non desiderabile in cui si ha la polarizzazione del segnale lungo una certa direttrice. Il risultato finale è un grafico (fig.6), ottenuto dalla produzione di un rapporto H/V per ogni 10° di rotazione, che riporta sulle ascisse la frequenza, sulle ordinate la rotazione e in cui il colore rappresenta l'ampiezza del rapporto.

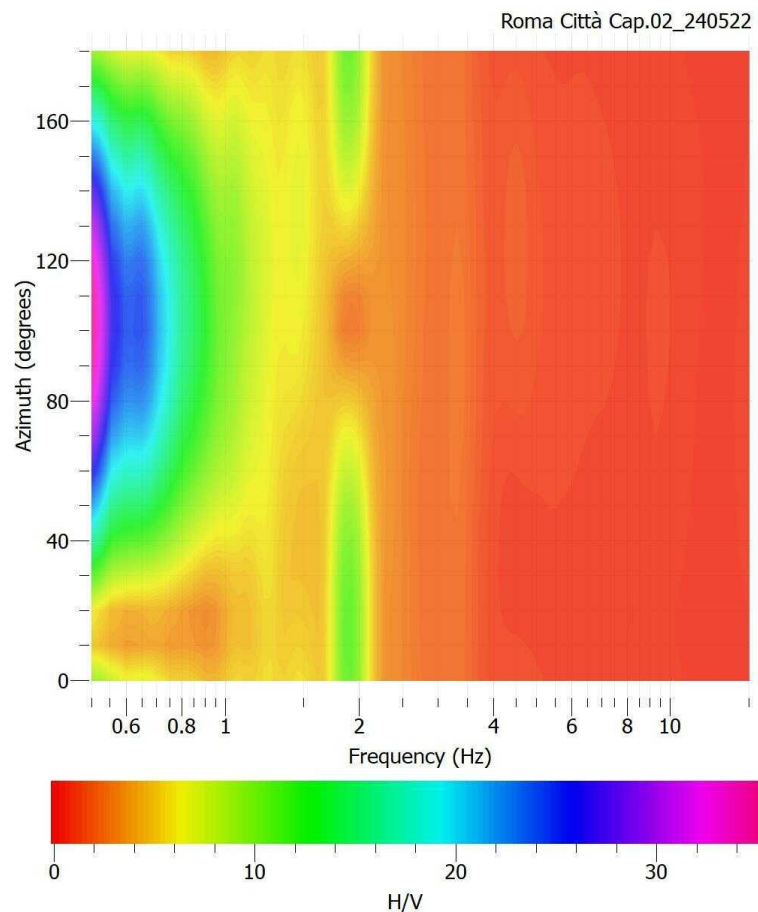


Fig. 6– Rotazione del rapporto H/V.



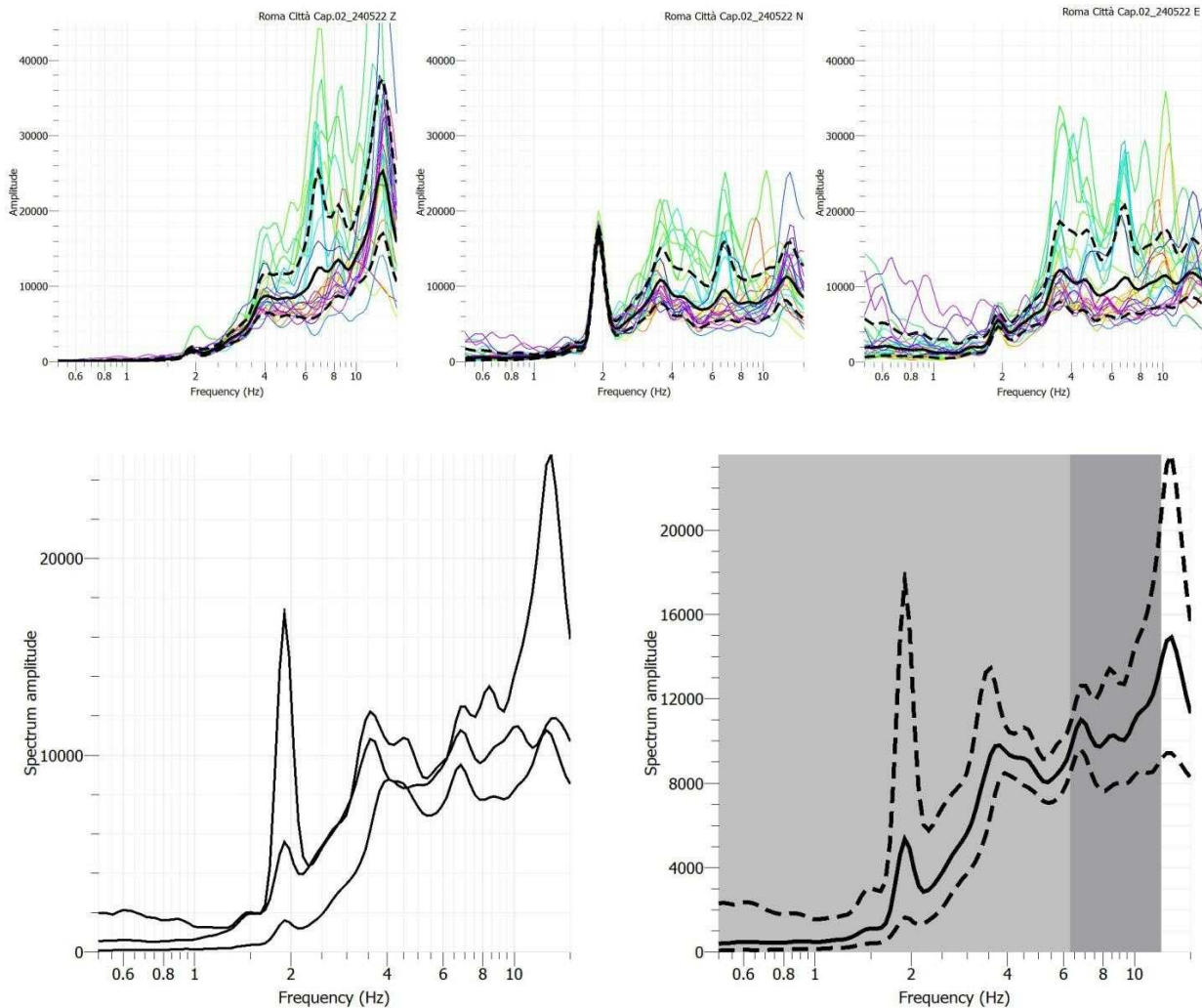


Fig. 7– Spettri di frequenza delle singole componenti e Spectrum summary che raggruppa gli spettri medi delle singole componenti

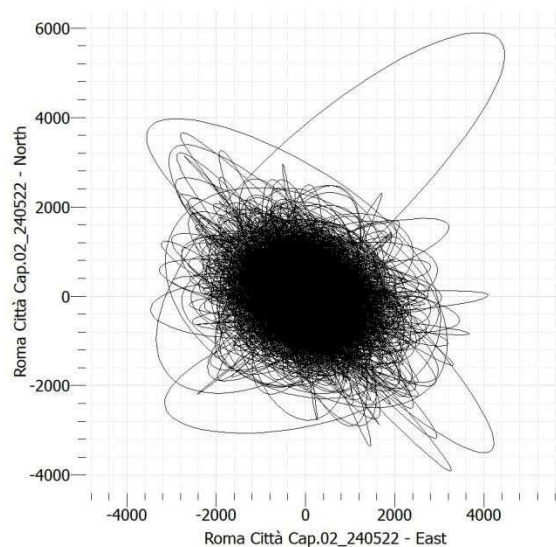


Figura 8 – Rappresentazione, su di un piano, della risultante delle 3 componenti del segnale registrato tramite Particle Motion di Geopsy.

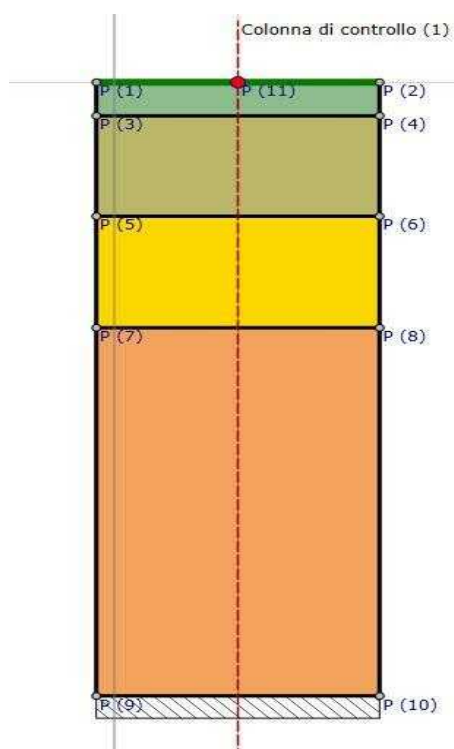


**Ubicazione sito:** Via del Pantanaccio 43, 00034 Colleferro Rome, Italy  
**Coordinate (datum WGS84):** lon. 13.0149° lat. 41.7266°

Archivio: Prog\_RSL\_Colleferro.lsr - Data : 07/07/2023

## RELAZIONE DI CALCOLO

# ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE




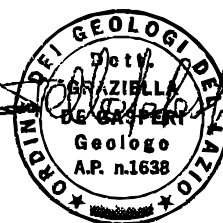
**Oggetto:** Realizzazione della nuova sede dell'Istituto P.I.A. "Parodi-Delfino" - Colleferro (RM)

## RELATORI

Dott. Geol. Francesco Aucone


Dott. Geol. Graziella De Gasperi

## Sommario

Premessa .....	3
1 - Introduzione .....	5
1.1 - Impostazione del Problema di Calcolo dell'Amplificazione Locale .....	8
1.2 - Normativa di Riferimento.....	8
2 - Risposta Sismica Locale .....	9
3 - Metodo di calcolo adottato e descrizione del codice di calcolo LSR 2D .....	10
3.1 - Metodo lineare equivalente.....	10
3.2 - Procedimento iterativo .....	12
3.3 - Interpretazione dei risultati .....	12
4 - Input .....	13
4.1 - Curve di Decadimento dei Materiali .....	13
4.2 - Stratigrafia e Caratteristiche meccaniche dei singoli strati e del bedrock sismico .....	15
4.3 - Accelerogrammi e Spettri di Input .....	17
5 - Output .....	51
5.1 - Spettri Output .....	51
5.2 - Interpretazione dei risultati .....	55
5.3 - Parametrizzazione dello spettro di risposta derivante dalla RSL .....	57
5.4 - Confronto tra gli spettri.....	62

## Premessa

La presente relazione contiene lo studio di Risposta Simica Locale relativo al progetto "CITTA' DI COLLEFERRO – Realizzazione della nuova sede dell'Istituto P.I.A. "Parodi-Delfino" CUP: F51B20000730001" (Cfr: 15.CL-D-st).

Il modello sismostratigrafico utilizzato nello studio di RSL, su indicazione del RUP Ing. Paolo Quattrucci, si basa sui risultati delle indagini contenute nel documento "02\_Report\_indagini\_Colleferro", inviatoci dallo studio dei progettisti, ed è stato dedotto da una sintesi delle varie indagini geotecniche e geofisiche contenute nel documento stesso.

In particolare per la definizione della parte più superficiale del modello sono state considerate le risultanze dell'indagine di Down Hole, condotta fino alla profondità di 35 m dal p.c., sintetizzate nella seguente tabella.

Terra Drilling Technology  
Via Genova n. 45- 65122 Pescara  
Cell. 335.725.8128 – tel. 085.240.1187 – email: terra.drilling@gmail.com



Vp [m/s]	Vs [m/s]	g [kN/mc]	ni	G [MPa]	Ed [MPa]	E [MPa]	Ev [MPa]
1287.66	450.69	23.48	0.4302	486.33	3969.90	1391.10	3321.46
683.34	168.32	19.08	0.4677	55.12	908.51	161.80	835.02
747.55	160.25	18.25	0.4759	47.79	1039.97	141.07	976.25
905.88	166.34	18.03	0.4826	50.87	1508.75	150.84	1440.92
690.37	349.26	20.61	0.328	256.36	1001.66	680.89	659.84
1169.73	380.58	20.74	0.4408	306.32	2893.74	882.69	2485.31
617.40	377.50	20.58	0.2015	299.06	799.94	718.64	401.19
816.99	333.51	20.01	0.40	226.96	1361.95	635.49	1059.34
706.12	315.37	19.70	0.3754	199.80	1001.62	549.61	735.22
552.76	362.37	20.13	0.1232	269.54	627.19	605.49	267.80
984.45	569.41	21.59	0.2486	713.81	2133.63	1782.53	1181.89
987.36	379.19	20.15	0.4135	295.44	2003.11	835.21	1609.19
1630.52	544.69	21.34	0.4372	645.61	5785.30	1855.74	4924.48
1408.06	546.63	21.30	0.4113	649.00	4306.27	1831.87	3440.93
1237.62	519.78	21.09	0.3929	581.03	3294.05	1618.63	2519.35
1413.83	471.85	20.72	0.4373	470.41	4223.41	1352.24	3596.20
1241.00	550.15	21.20	0.3777	654.30	3329.35	1802.86	2456.94
1650.71	659.50	21.74	0.405	964.20	6040.60	2709.40	4755.00
1652.89	496.89	20.79	0.4503	523.42	5791.91	1518.23	5094.01
1576.79	432.88	20.27	0.4592	387.32	5139.03	1130.36	4622.60
1292.99	552.36	21.08	0.3884	655.83	3593.69	1821.11	2719.24
1657.28	474.29	20.53	0.4554	470.93	5749.90	1370.78	5121.99
1658.10	398.92	19.87	0.4693	322.44	5570.56	947.52	5140.64
1423.49	415.58	20.00	0.4534	352.22	4132.55	1023.83	3662.92
1659.75	383.82	19.67	0.4718	295.49	5525.47	869.80	5131.49
1990.44	383.88	19.65	0.4807	295.28	7938.53	874.44	7544.82
1109.14	415.82	19.92	0.4182	351.22	2498.86	996.20	2030.56
1425.11	383.99	19.60	0.4609	294.70	4059.12	861.05	3666.19
1661.95	399.35	19.72	0.4694	320.70	5554.21	942.47	5126.61
1425.72	384.08	19.55	0.4609	294.08	4052.23	859.24	3660.12
1425.72	399.44	19.68	0.4574	320.19	4079.18	933.29	3652.26
1426.13	399.47	19.66	0.4574	319.91	4077.38	932.47	3650.83
1663.07	356.79	19.21	0.4759	249.36	5417.86	736.06	5085.38
1663.62	384.20	19.48	0.4718	293.21	5497.64	863.09	5106.69
1426.53	434.23	19.92	0.4489	383.01	4133.62	1109.89	3622.94

Per l'individuazione della profondità del bedrock sismico sono stati presi a riferimento i risultati delle due misure del rumore sismico ambientale, le cui curve HV riportavano, secondo gli esecutori, un importante massimo stratigrafico caratterizzato da una notevole ampiezza, corrispondente alla frequenza di 1.8-1.9 Hz. (Cfr. figure seguenti)

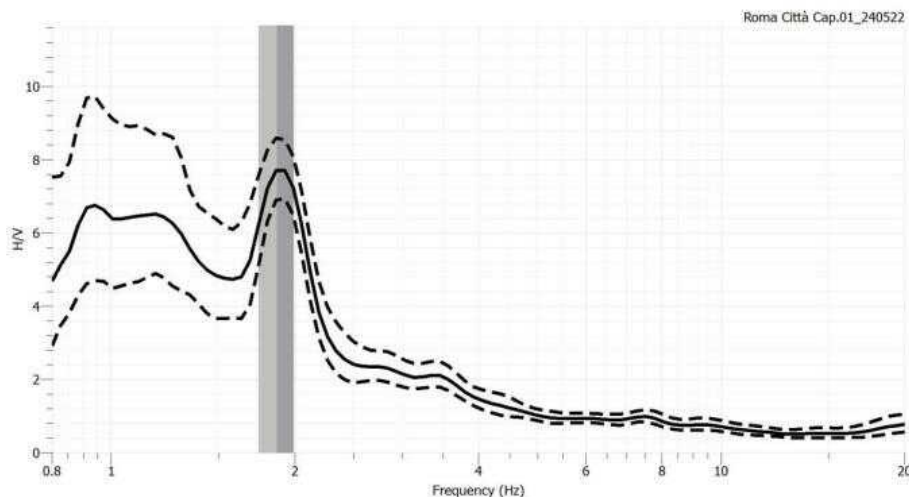


Figura 5 - Deviazione standard (linea tratteggiata), media (linea continua).

In relazione all'intervallo di frequenze considerato (0.8-20Hz), si è evidenziato un picco di frequenza di risonanza caratteristica a  $f_0=1.87$  Hz e  $A_0=7.70(H/V)$ .

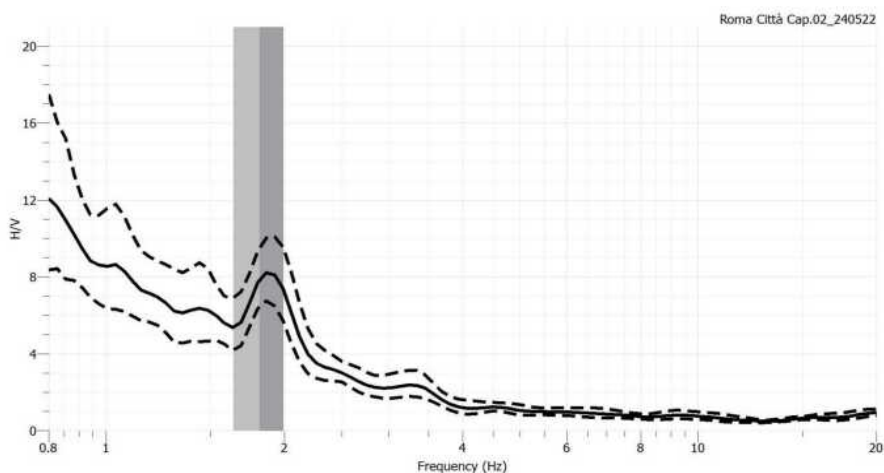


Figura 5 - Deviazione standard (linea tratteggiata), media (linea continua).

In relazione all'intervallo di frequenze considerato (0.8-20Hz), si è evidenziato un picco di frequenza di risonanza caratteristica a  $f_0=1.81$  Hz e  $A_0=7.83(H/V)$ .

Infine, lo studio di RSL è stato effettuato considerando tutti gli stati limite previsti dalle NTC 2018, e viste le condizioni locali morfo-stratigrafiche è stato utilizzato un approccio monodimensionale.

## 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.

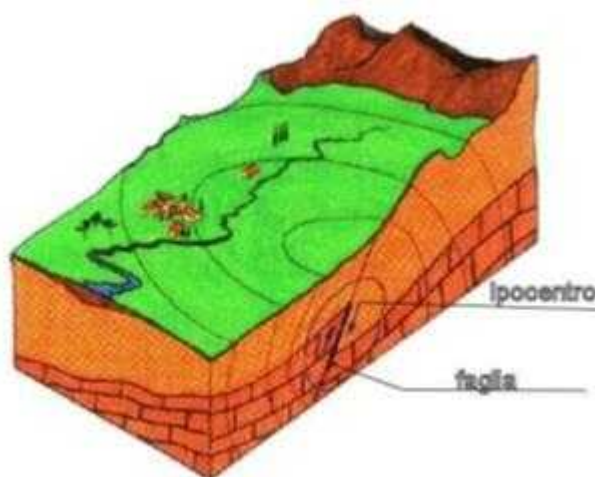
Oltre alle intrinseche differenze della vulnerabilità sismica delle costruzioni ed alle differenti caratteristiche dinamiche delle stesse, tali cause possono essere attribuite principalmente alle modificazioni delle caratteristiche del moto sismico indotte da condizioni geologiche e geomorfologiche locali.

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 1.** Schema della rottura del terreno 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 1 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 2. 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 2.** Tipico sismogramma 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:

- $\lambda$  = modulo di Lamé del terreno;
- $G$  = modulo elastico del taglio del terreno;
- $\rho$  = 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  $\pi$  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 3, 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).

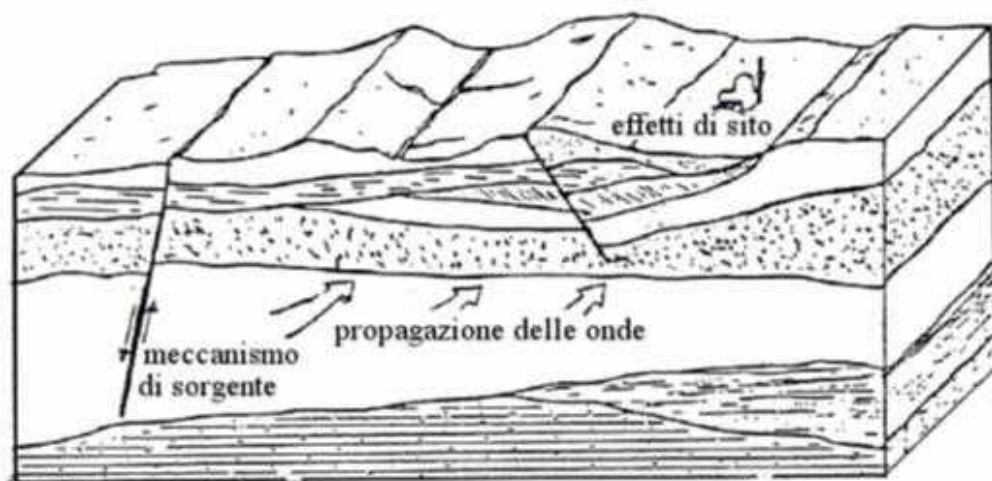
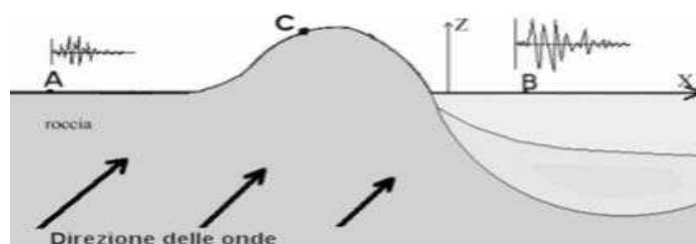


Figura 3. Schema di una situazione reale.

## 1.1 - 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 4, 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 deamp1ificazione 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 4.** 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.

## 1.2 - Normativa di Riferimento

La normativa di riferimento per lo studio del problema in esame è:

- NTC 2018 - Cap 7.11.3.1 (Risposta Sismica Locale).

## 2 - 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 degli accelerogrammi di input;
5. Analisi di Risposta Sismica Locale;
6. Inserimento sismostratigrafia di input;
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.

### 3 - Metodo di calcolo adottato e descrizione del codice di calcolo LSR 2D

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 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.

Qualora la stratigrafia in esame non presenti problematiche di carattere bidimensionale è comunque 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.

#### 3.1 - 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.

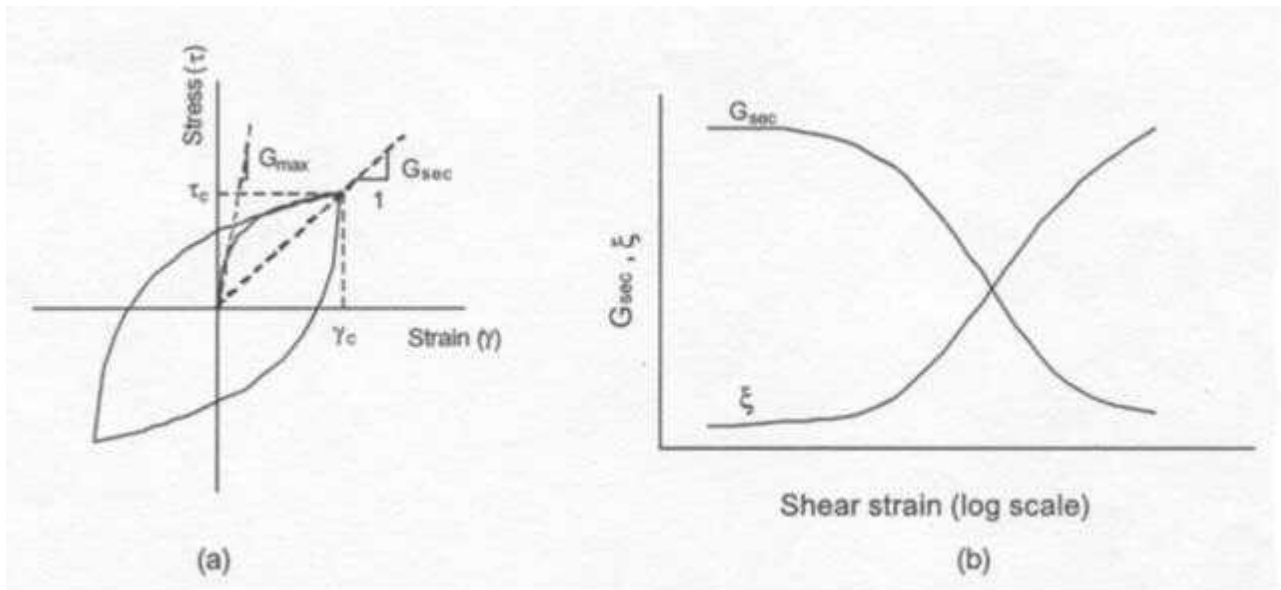
In particolare, per quanto riguarda la risposta sismica dei depositi, l'approccio visco-elastico lineare equivalente rappresenta un valido compromesso tra semplificazione delle analisi ed accuratezza dei risultati. La strategia consiste sostanzialmente nel fare riferimento alle soluzioni visco-elastiche 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 5. La tensione  $\tau$  dipende dalla deformazione  $\gamma$  e dalla sua derivata  $\dot{\gamma}$ , secondo la relazione:

$$\tau = G\gamma + \eta\dot{\gamma}$$

dove:

- $G$  = Modulo di taglio;
- $\eta$  = viscosità del mezzo;



**Figura 5.** 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 5. Il modulo di taglio equivalente  $G$  è scelto 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:

- $\Delta W^{dissp}$  = 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 5b).

### 3.2 - 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 alla Figura 5, lo 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, è il seguente:

- 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 ( $\gamma_1$ , Figura 5);
- aggiornamento dei valori  $G_1 = G(\gamma_1)$  e  $D_1 = D(\gamma_1)$ ;
- iterazione dei passi 3 e 4 fino a convergenza ( $\gamma_{i-1} \sim \gamma_i$ ).

### 3.3 - 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.



## 4 - Input

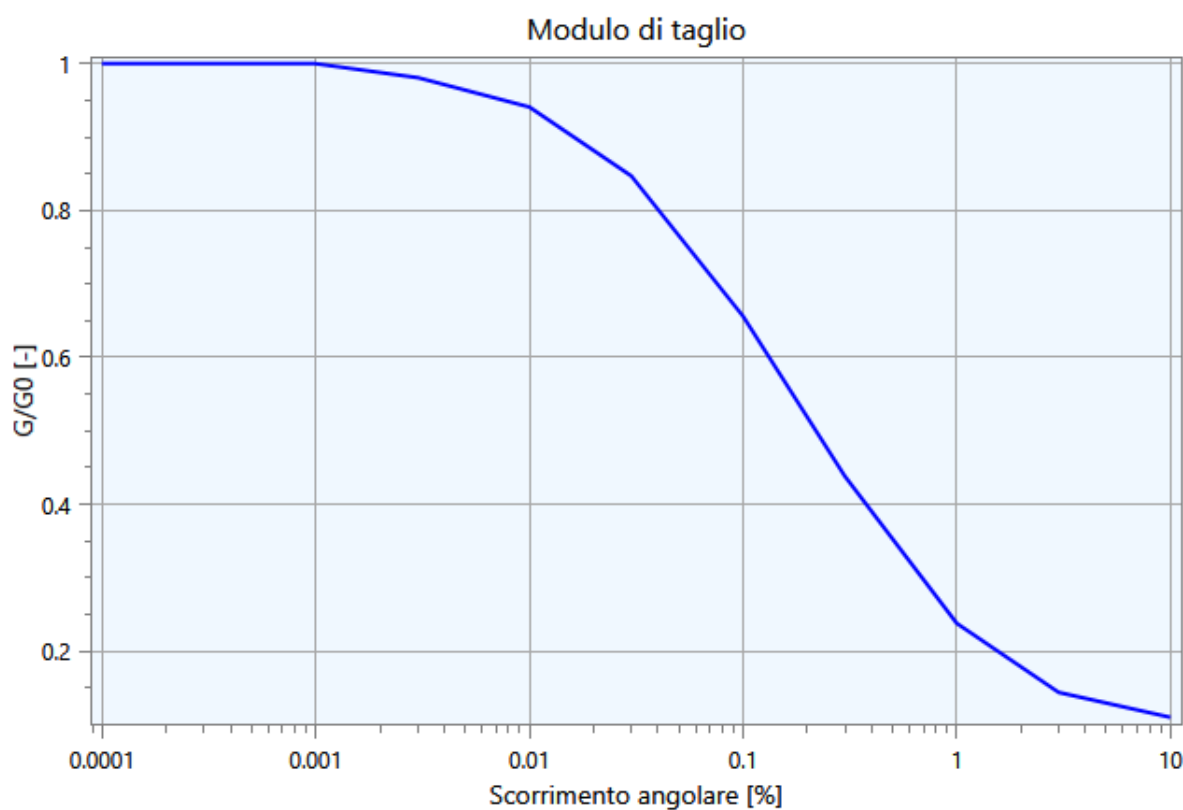
Nei paragrafi successivi vengono riportate le informazioni relative ai dati di input utilizzati per lo studio della risposta sismica locale del deposito.

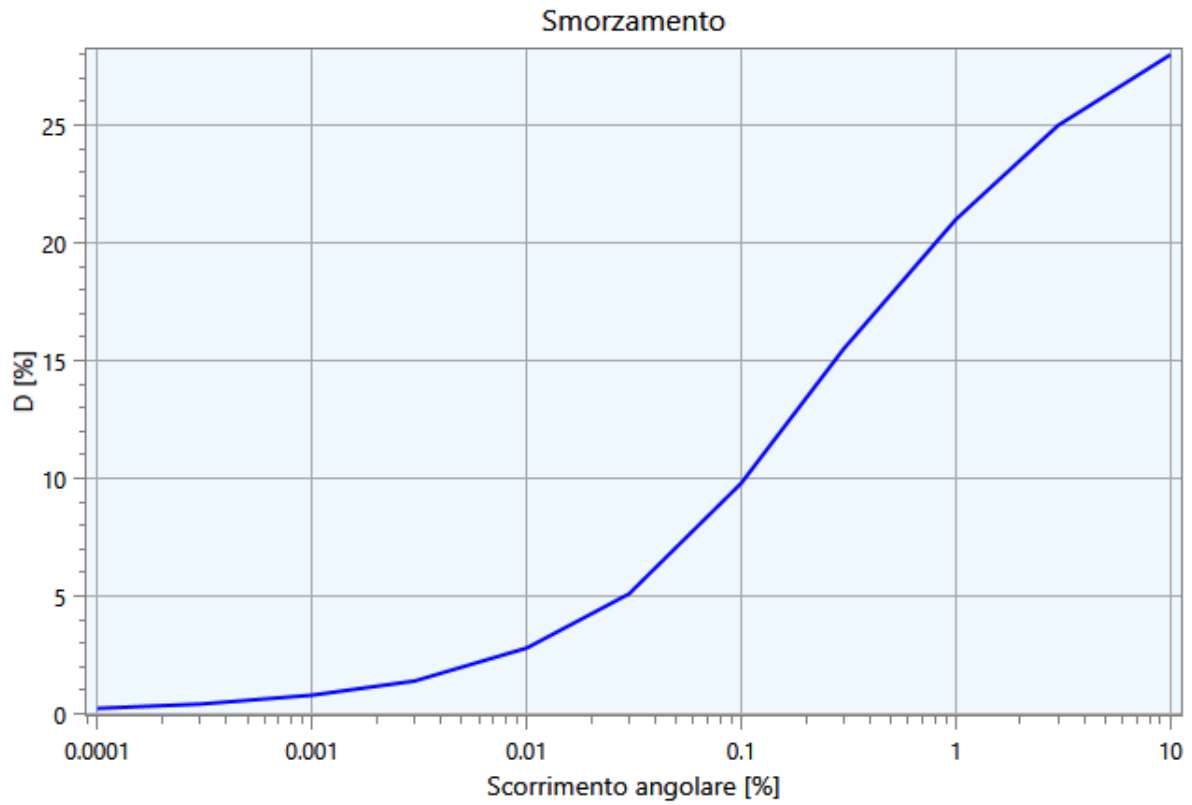
### 4.1 - Curve di Decadimento dei Materiali

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  $D$ .

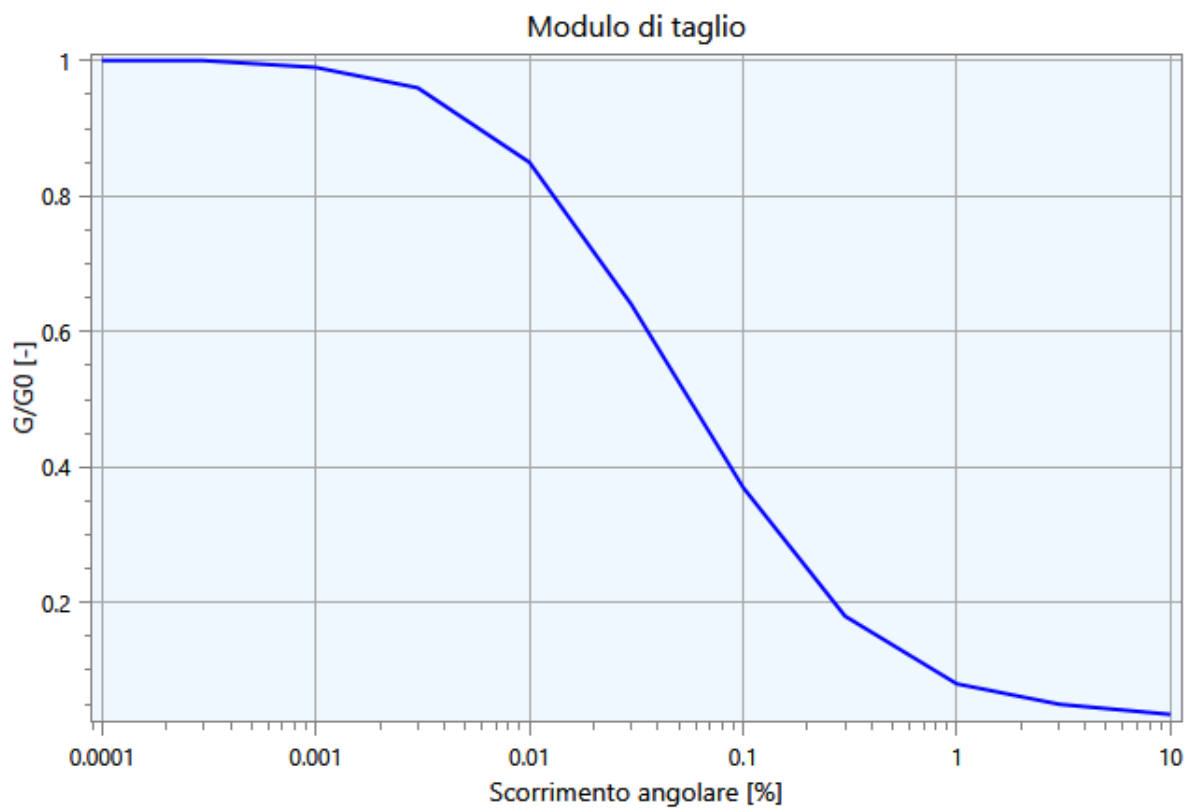
Di seguito si riportano le curve di riferimento utilizzate nell'analisi:

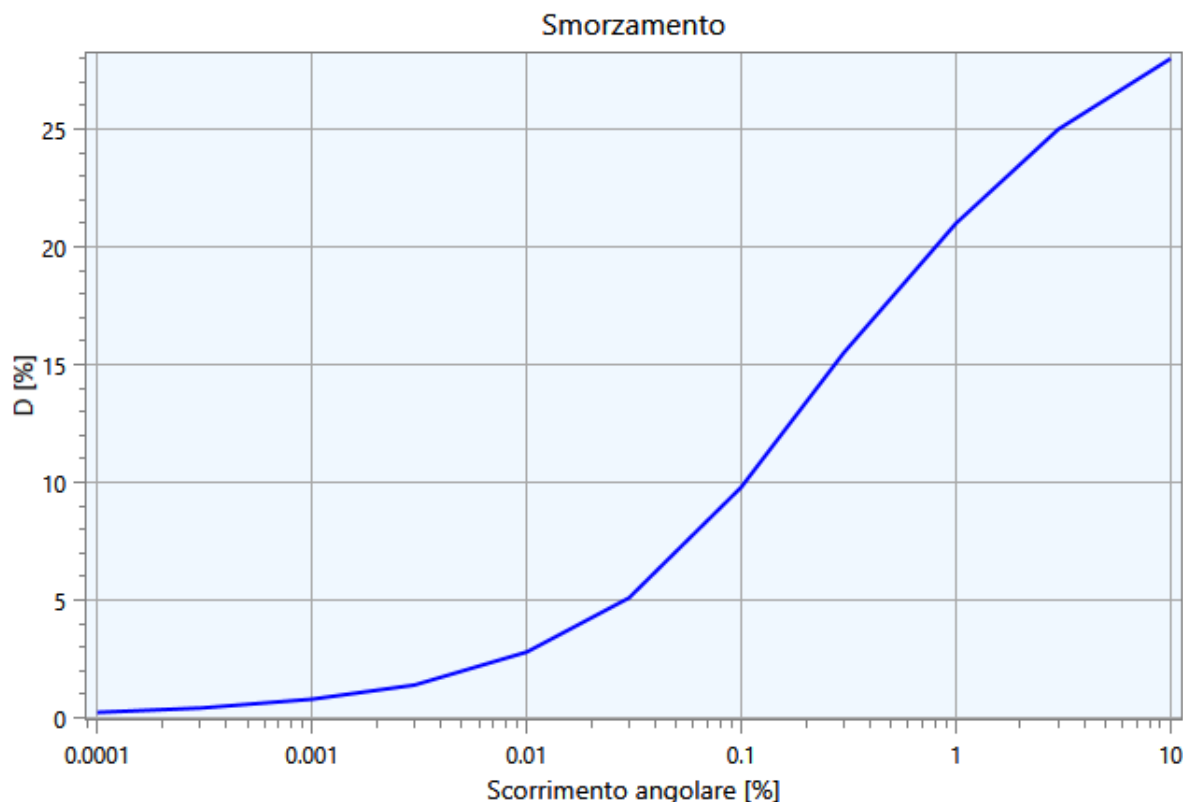
#### Curva n. 1: Clay Seed & Sun (1989)





**Curva n. 2: Sand Seed & Idriss (1970)**





#### 4.2 - Stratigrafia e Caratteristiche meccaniche dei singoli strati e del bedrock sismico

Sulla base del cosiddetto volume significativo di terreno interessato dal problema in esame, viene definita una stratigrafia di progetto che rappresenta l'andamento delle singole lenti di terreno in una sezione verticale.

Tale stratigrafia viene rappresentata nel piano verticale X-Z mediante una serie di spezzate ognuna delle quali identifica l'andamento del singolo strato. La prima di tali spezzate serve ad identificare l'orografia della porzione di sito oggetto di studio.

Di seguito si riporta una rappresentazione grafica della stratigrafia di progetto (Cfr Figura 6):

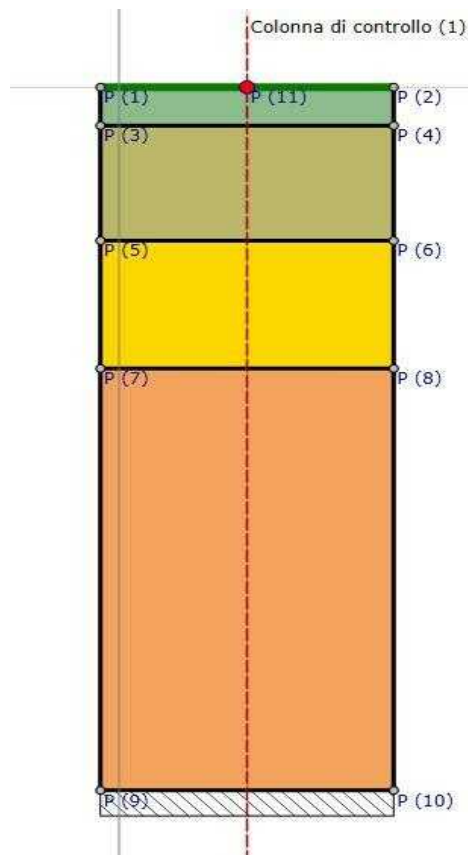


Figura 6. Stratigrafia di progetto.

Di seguito si riporta la tabella contenente le caratteristiche meccaniche dei singoli strati:

Strato	Descrizione	S [m]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	Vs [m/s]	$\gamma$	Curva decadimento
Limo argilloso 1	-	3.00	1850.00	165.00	0.47	Clay Seed & Sun (1989)
Limo argilloso 2	-	9.00	2050.00	350.00	0.38	Clay Seed & Sun (1989)
Sabbia limosa	-	10.00	2100.00	500.00	0.42	Sand Seed & Idriss (1970)
Limo sabbioso e sabbia limosa	-	33.00	1970.00	380.00	0.46	Sand Seed & Idriss (1970)

Tabella 1. Caratteristiche meccaniche strati.

dove:

- $S$  = spessore del singolo strato;
- $\rho$  = densità di massa del singolo strato;
- $V_s$  = velocità di propagazione delle onde di taglio del singolo strato;
- $\gamma$  = coefficiente di contrazione trasversale (di Poisson) del singolo strato;

Il bedrock sismico è stato considerato indeformabile e posizionato ad una profondità di 55 m dal p.c. ed è caratterizzato dai seguenti parametri:

Densità = 2200 Kg/m<sup>3</sup>

$V_s$  = 800 m/s

$V_p$  = 1500 m/s

### 4.3 - Accelerogrammi e Spettri di Input

Gli accelerogrammi di input relativi allo stato limite in esame possono essere ottenuti tramite l'utilizzo di REXELweb, una tool online per la ricerca e la selezione automatica di accelerogrammi spettro compatibili con la pericolosità sismica di base, uscita nel Luglio 2021 e sviluppata dal gruppo di lavoro ESM dell'INGV.

L'estrazione degli accelerogrammi di input avviene secondo tre step principali:

1. La definizione dello spettro target, in funzione del codice (di solito le NTC2018), delle coordinate geografiche (WGS84), del coefficiente d'uso e della classe d'uso;
2. L'impostazione dei parametri di ricerca, dove si imposta la categoria sismica dei terreni di ubicazione della stazione sismica, l'intervallo del periodo dove deve essere rispettata la spettro compatibilità, il tipo di meccanismo focale, i criteri di ricerca in funzione della magnitudo o della PGA ed in funzione della distanza epicentrale;
3. La tolleranza in ampiezza dell'input rispetto allo spettro target, il numero di combinazioni accelerometriche e il numero di accelerogrammi per ciascuna combinazione ed infine se si vogliono degli accelerogrammi scalati verticalmente o meno.

Per quanto concerne i criteri di ricerca, di solito si utilizzano la Magnitudo Mw (o MI) e la distanza epicentrale, parametri che vengono scelti operando una disaggregazione della pericolosità sismica, effettuabile sull'utility messa a disposizione dall'INGV sulla pagina web <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>.

Di seguito vengono riassunti i parametri ed i criteri di ricerca utilizzati in REXELweb per gli stati limite considerati.

=====

REXEL\_ELABORATION\_SUMMARY\_SLO

=====

07 Jul 2023 11:01:40 GMT

Target spectrum

=====

Reference spectrum: NTC18

Soil classification: A

Topographic category: T1

Return period: 45

Preliminary spectra selection

=====

Spectrum format ('PSA' use 30 (0-4s) periods, 'SD' use 37 (0-10s) periods): PSA

Number of components: 1

Filename of the ZIP from ESM REXEL-target-spectrum Web-Service:  
ws\_rexel\_spectra\_selection\_target\_43307.txt

Soil classification: A

Include inferred soil classes: Y

Include late-triggered waveforms: N

Focal mechanism: any

Instrument type: any

Lower period scoring [s]: 0.1

Upper period scoring [s]: 2  
Maximum number of selected spectra: 500  
Excluded waveforms: None  
Excluded locations: None  
Excluded events: None  
Types of magnitude considered (L=local, W=moment): WL  
Lower magnitude: 4.0  
Upper magnitude: 6.5  
Lower epicentral distance [km]: 0.0  
Upper epicentral distance [km]: 140.0

Spectrum matching parameters

=====

Component used in computation: horizontal(s)  
Target spectrum input file: TARGET\_SPECTRUM.TXT  
Spectral values input file: SPECTRAXY.TXT  
Lower period range [s]: 0.1  
Upper period range [s]: 2  
Tolerance below average [%]: 10.0  
Tolerance above average [%]: 30.0  
Tolerance in amplitude for the selected set [%]: 0  
Adimensional flag: 0  
Maximum scale factor: 5  
Peak-ground acceleration check: 1  
Number of spectra to be contained into each set: 7  
Three-components flag: 0  
Number of the compatible sets: 1

=====

REXEL\_ELABORATION\_SUMMARY\_SLD

=====

07 Jul 2023 11:05:06 GMT

Target spectrum

=====

Reference spectrum: NTC18  
Soil classification: A  
Topographic category: T1  
Return period: 75

Preliminary spectra selection

=====

Spectrum format ('PSA' use 30 (0-4s) periods, 'SD' use 37 (0-10s) periods): PSA

Number of components: 1

Filename of the ZIP from ESM REXEL-target-spectrum Web-Service:  
ws\_rexel\_spectra\_selection\_target\_74126.txt



Soil classification: A  
Include inferred soil classes: Y  
Include late-triggered waveforms: N  
Focal mechanism: any  
Instrument type: any  
Lower period scoring [s]: 0.1  
Upper period scoring [s]: 2  
Maximum number of selected spectra: 500  
Excluded waveforms: None  
Excluded locations: None  
Excluded events: None  
Types of magnitude considered (L=local, W=moment): WL  
Lower magnitude: 4.0  
Upper magnitude: 6.0  
Lower epicentral distance [km]: 0.0  
Upper epicentral distance [km]: 140.0

#### Spectrum matching parameters

=====  
Component used in computation: horizontal(s)  
Target spectrum input file: TARGET\_SPECTRUM.TXT  
Spectral values input file: SPECTRAXY.TXT  
Lower period range [s]: 0.1  
Upper period range [s]: 2  
Tolerance below average [%]: 10.0  
Tolerance above average [%]: 30.0  
Tolerance in amplitude for the selected set [%]: 0  
Adimensional flag: 0  
Maximum scale factor: 5  
Peak-ground acceleration check: 1  
Number of spectra to be contained into each set: 7  
Three-components flag: 0  
Number of the compatible sets: 1

=====  
REXEL\_ELABORATION\_SUMMARY\_SLV  
=====  
07 Jul 2023 11:07:07 GMT

#### Target spectrum

=====  
Reference spectrum: NTC18  
Soil classification: A  
Topographic category: T1  
Return period: 712

Preliminary spectra selection

=====

Spectrum format ('PSA' use 30 (0-4s) periods, 'SD' use 37 (0-10s) periods): PSA

Number of components: 1

Filename of the ZIP from ESM REXEL-target-spectrum Web-Service:  
ws\_rexel\_spectra\_selection\_target\_63152.txt

Soil classification: A

Include inferred soil classes: Y

Include late-triggered waveforms: N

Focal mechanism: any

Instrument type: any

Lower period scoring [s]: 0.1

Upper period scoring [s]: 2

Maximum number of selected spectra: 500

Excluded waveforms: None

Excluded locations: None

Excluded events: None

Types of magnitude considered (L=local, W=moment): WL

Lower magnitude: 5.0

Upper magnitude: 6.5

Lower epicentral distance [km]: 0.0

Upper epicentral distance [km]: 140.0

Spectrum matching parameters

=====

Component used in computation: horizontal(s)

Target spectrum input file: TARGET\_SPECTRUM.TXT

Spectral values input file: SPECTRAXY.TXT

Lower period range [s]: 0.1

Upper period range [s]: 2

Tolerance below average [%]: 10.0

Tolerance above average [%]: 30.0

Tolerance in amplitude for the selected set [%]: 0

Adimensional flag: 0

Maximum scale factor: 5

Peak-ground acceleration check: 1

Number of spectra to be contained into each set: 7

Three-components flag: 0

Number of the compatible sets: 1

=====

REXEL\_ELABORATION\_SUMMARY\_SLC

=====

07 Jul 2023 11:09:22 GMT

Target spectrum

=====

Reference spectrum: NTC18

Soil classification: A

Topographic category: T1

Return period: 1462

#### Preliminary spectra selection

=====

Spectrum format ('PSA' use 30 (0-4s) periods, 'SD' use 37 (0-10s) periods): PSA

Number of components: 1

Filename of the ZIP from ESM REXEL-target-spectrum Web-Service:  
ws\_rexel\_spectra\_selection\_target\_47494.txt

Soil classification: A

Include inferred soil classes: Y

Include late-triggered waveforms: N

Focal mechanism: any

Instrument type: any

Lower period scoring [s]: 0.1

Upper period scoring [s]: 2

Maximum number of selected spectra: 500

Excluded waveforms: None

Excluded locations: None

Excluded events: None

Types of magnitude considered (L=local, W=moment): WL

Lower magnitude: 5.5

Upper magnitude: 7.5

Lower epicentral distance [km]: 0.0

Upper epicentral distance [km]: 150.0

#### Spectrum matching parameters

=====

Component used in computation: horizontal(s)

Target spectrum input file: TARGET\_SPECTRUM.TXT

Spectral values input file: SPECTRAXY.TXT

Lower period range [s]: 0.1

Upper period range [s]: 2

Tolerance below average [%]: 10.0

Tolerance above average [%]: 30.0

Tolerance in amplitude for the selected set [%]: 0

Adimensional flag: 0

Maximum scale factor: 5

Peak-ground acceleration check: 1

Number of spectra to be contained into each set: 7

Three-components flag: 0

Number of the compatible sets: 1

## Credits and proper usage

=====

### Reference:

Sgobba, S., Puglia, R., Pacor F., Luzi, L., Russo, E., Felicetta, C., Lanzano, G., D Amico, M., Baraschino, R., Baltzopoulos, G., Iervolino, I.

REXELweb: a tool for selection of ground-motion records from the Engineering Strong Motion database (ESM)

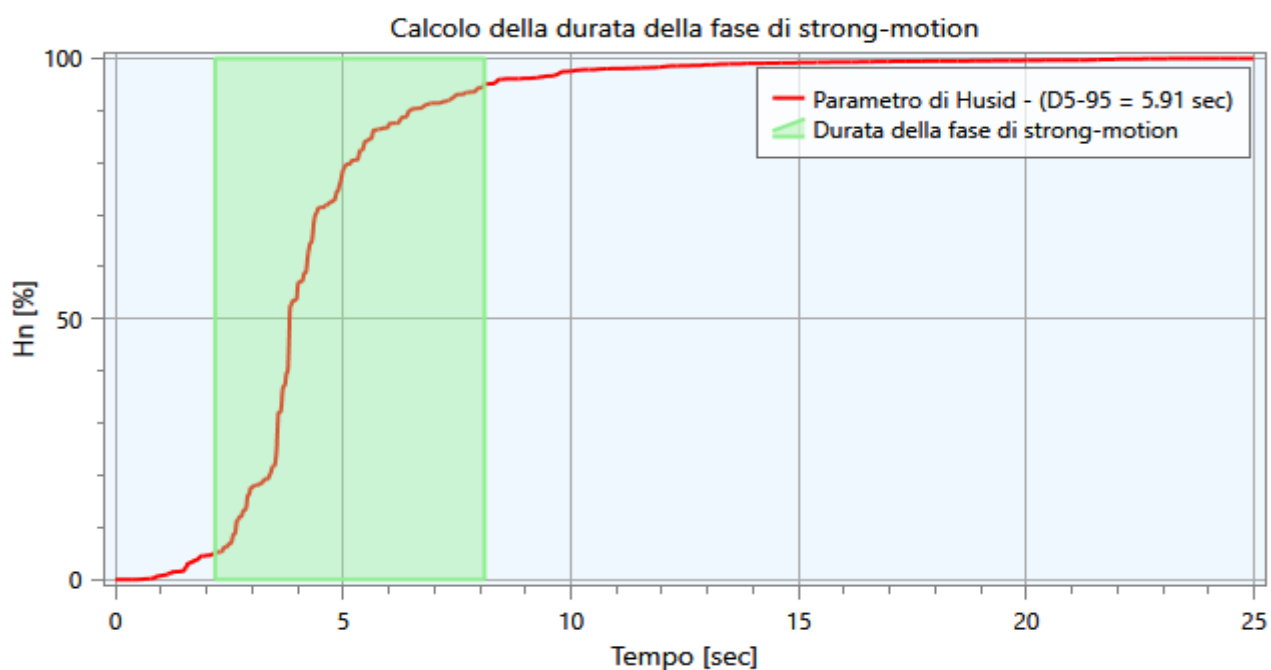
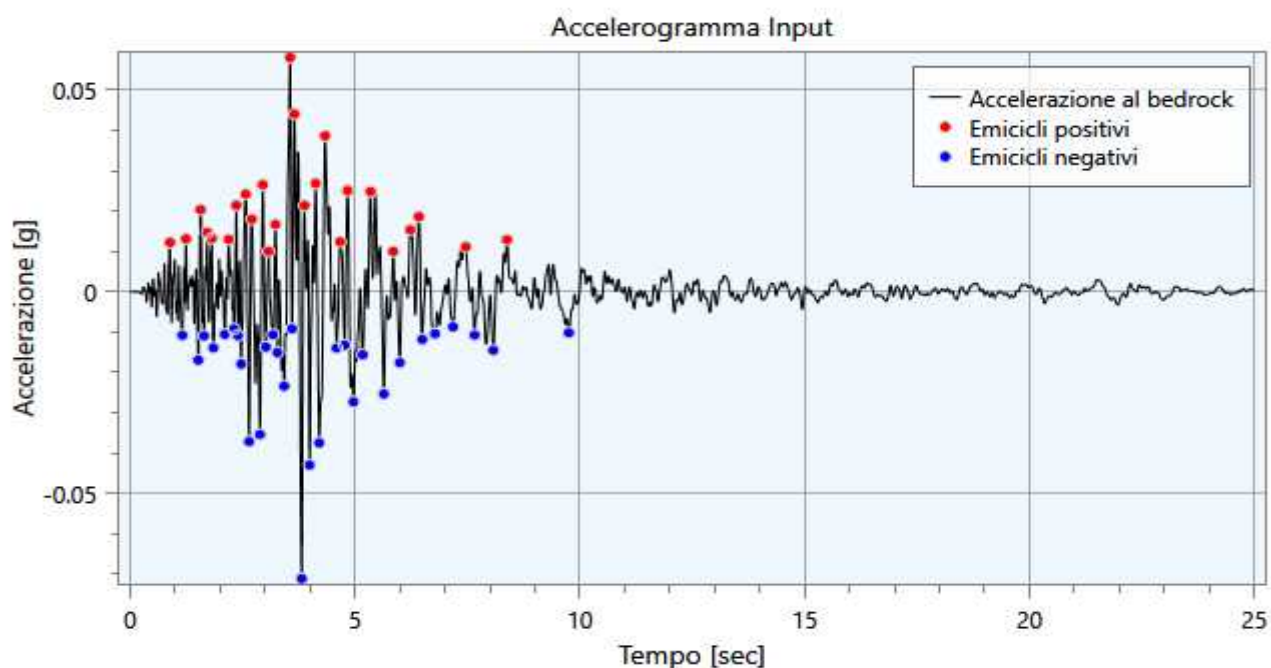
7th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering (ICEGE) 17 - 20 June 2019, Roma, Italy

Per ogni accelerogramma estratto viene ottenuto il numero di cicli equivalenti  $N_{eq}$  secondo la procedura proposta da Biondi et al. (2012) oltre ad una serie di informazioni di seguito descritte:

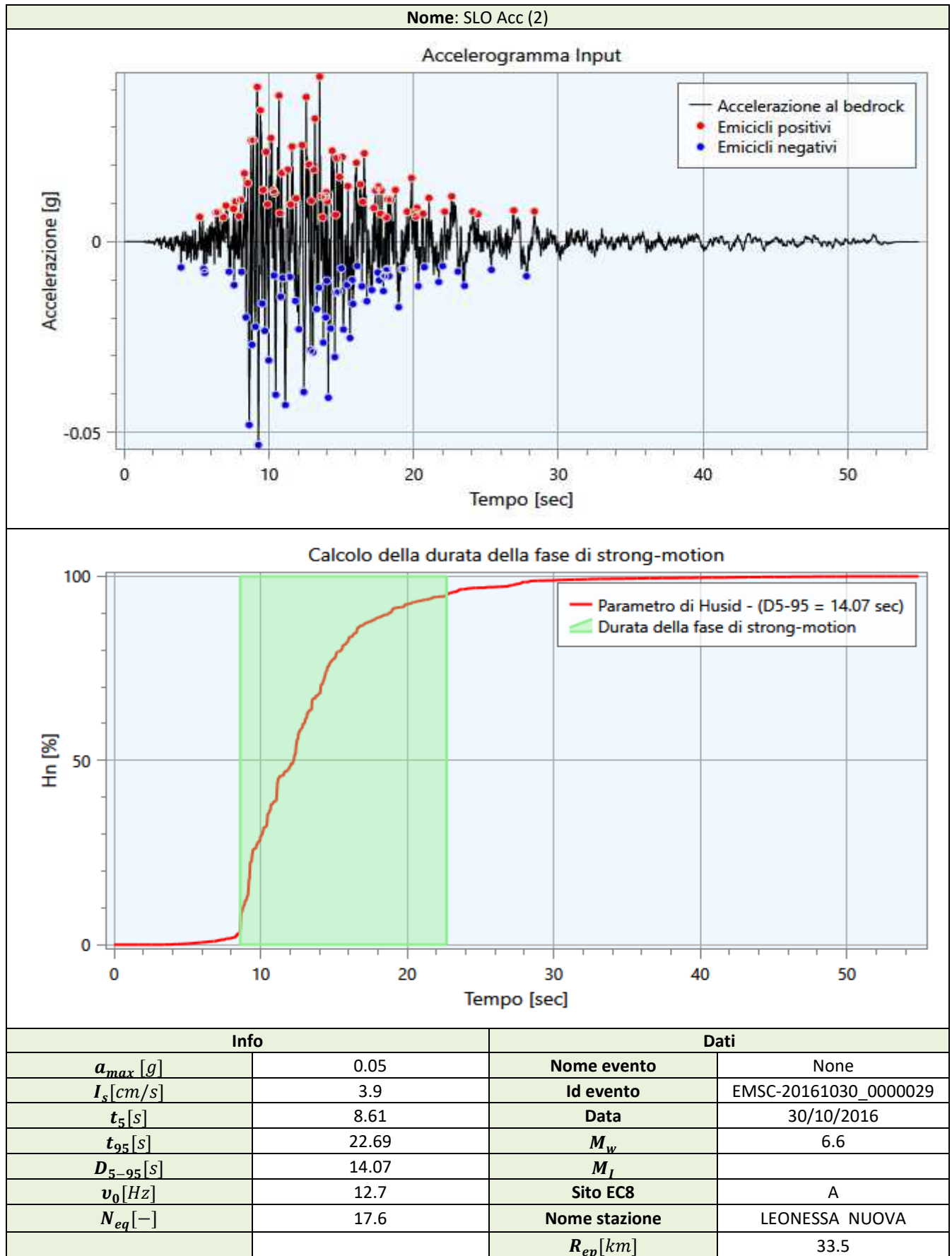
- $a_{max}$  : accelerazione massima;
- $I_S$  : intensità di Arias;
- $t_5$  : istante iniziale della fase di strong motion;
- $t_{95}$  : istante finale della fase di strong motion;
- $D_{5-95}$  : durata della fase di strong motion;
- $v_0$  : frequenza di passaggi per lo zero nella fase di strong motion;
- $N_{eq}$  : numero di cicli equivalenti;

Di seguito si riportano gli accelerogrammi di progetto riferiti ad una condizione detta di 'outcrop':

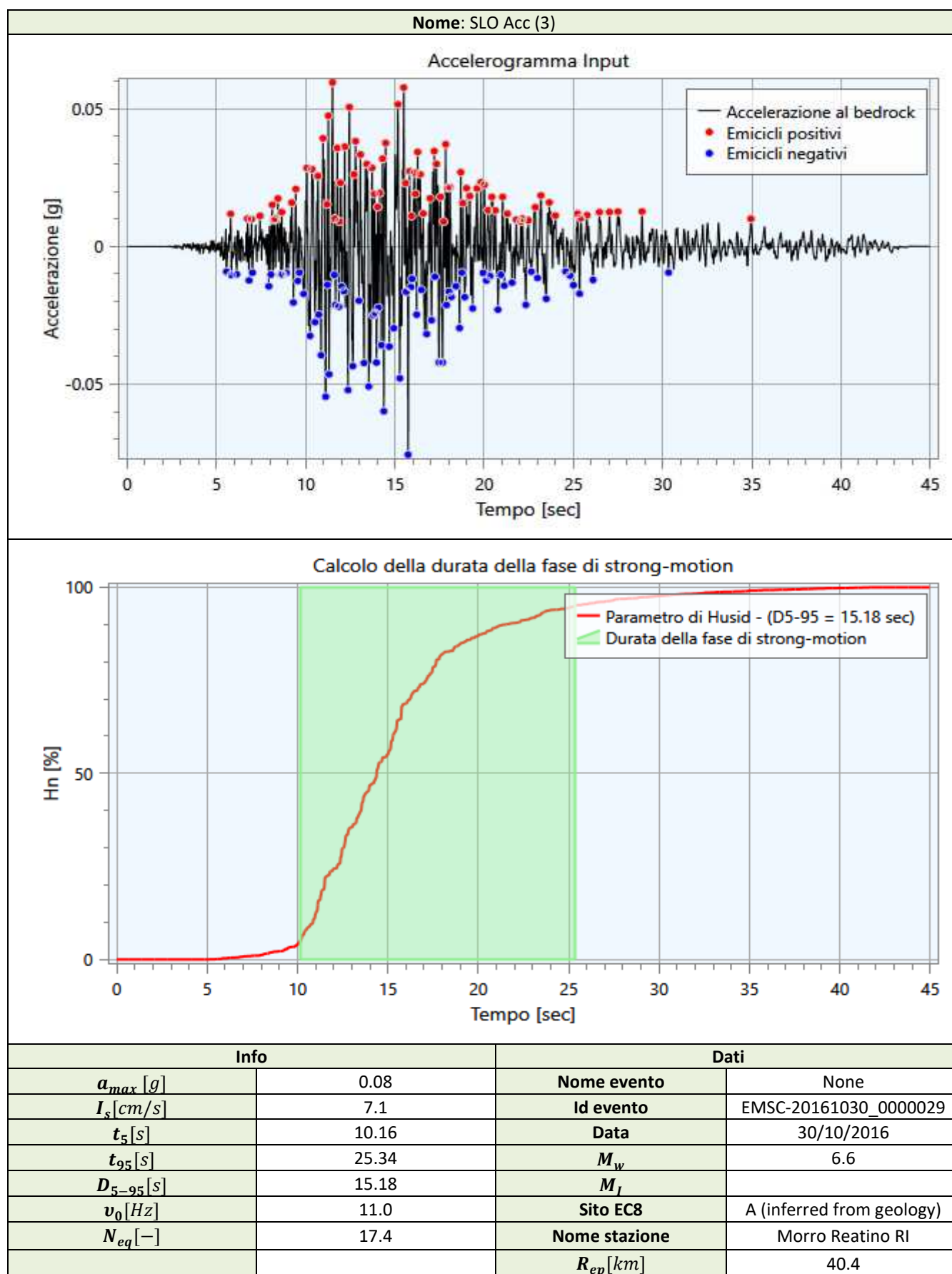
Nome: SLO Acc (1)

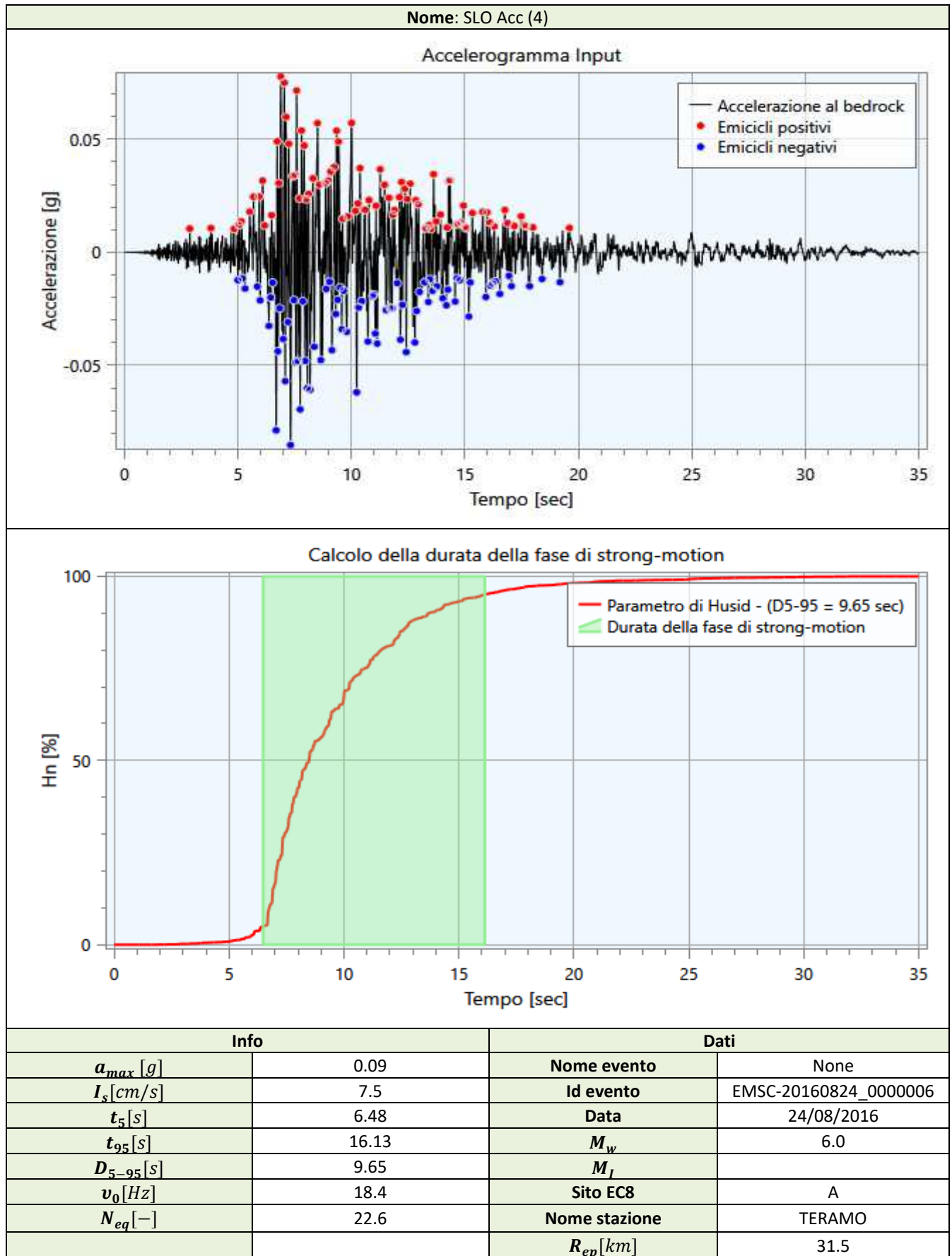


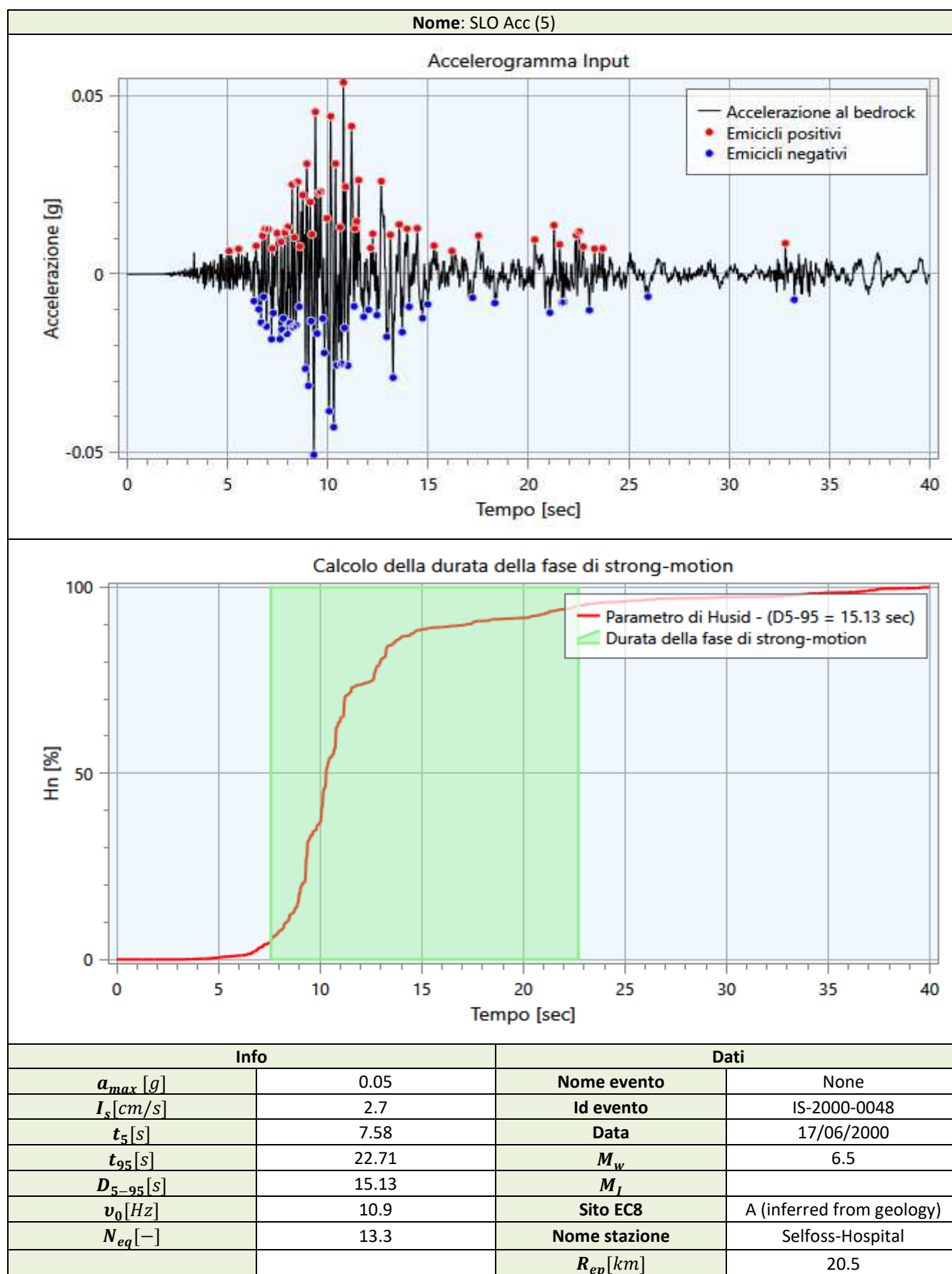
Info		Dati	
$a_{max}$ [g]	0.07	Nome evento	None
$I_s$ [cm/s]	2.3	Id evento	IT-2009-0121
$t_5$ [s]	2.19	Data	09/04/2009
$t_{95}$ [s]	8.10	$M_w$	5.4
$D_{5-95}$ [s]	5.91	$M_I$	
$v_0$ [Hz]	10.4	Sito EC8	A
$N_{eq}$ [—]	6.1	Nome stazione	L'AQUILA - V. ATERNO - M. PETTINO
		$R_{ep}$ [km]	11.8

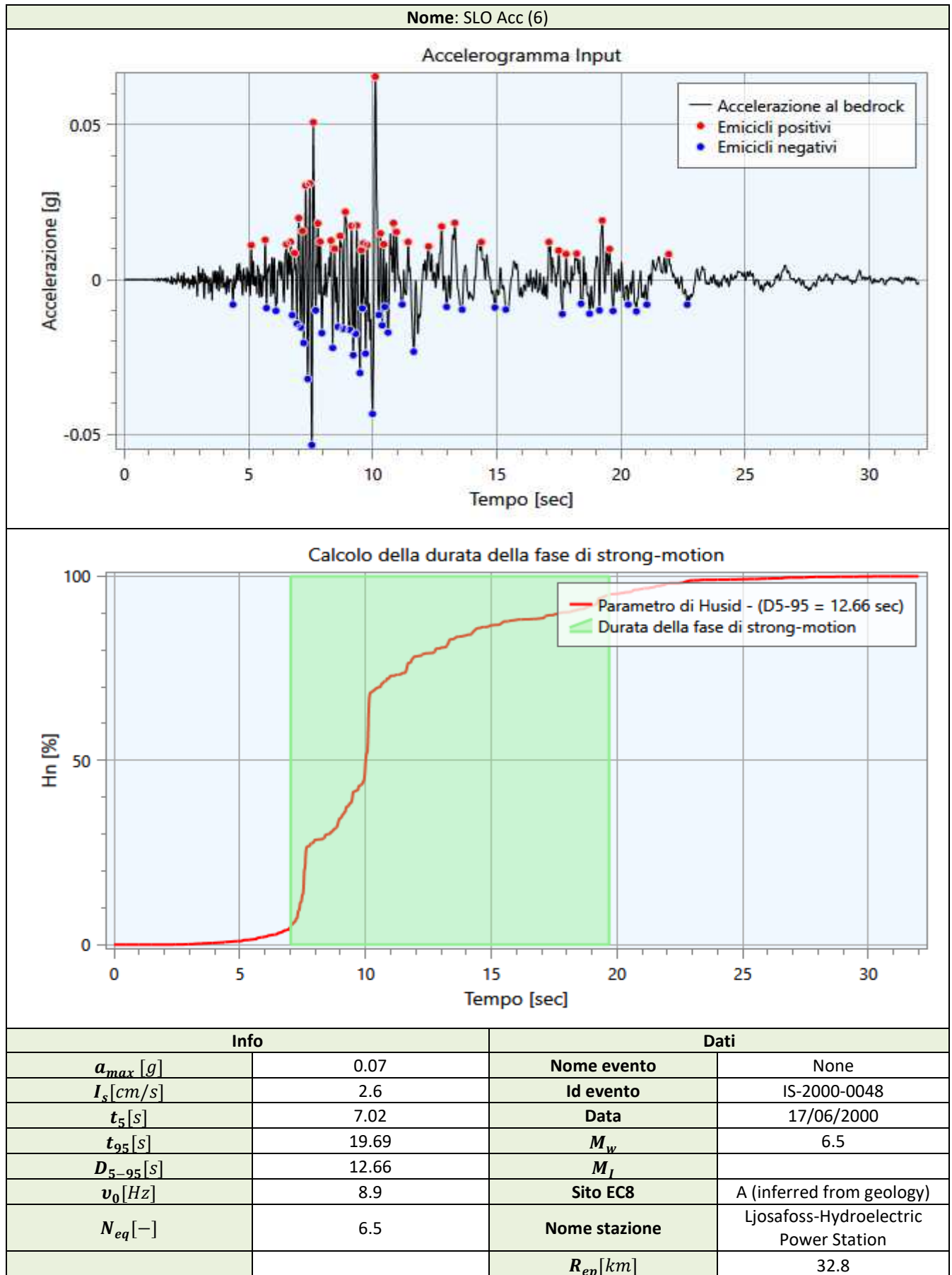




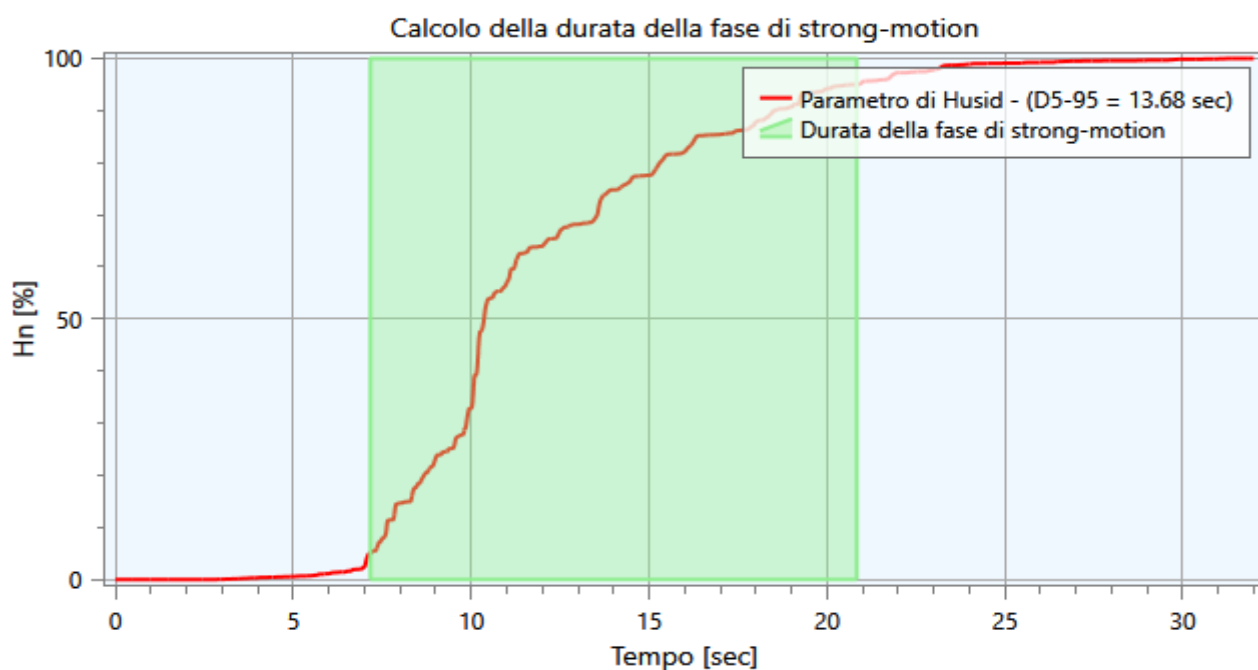
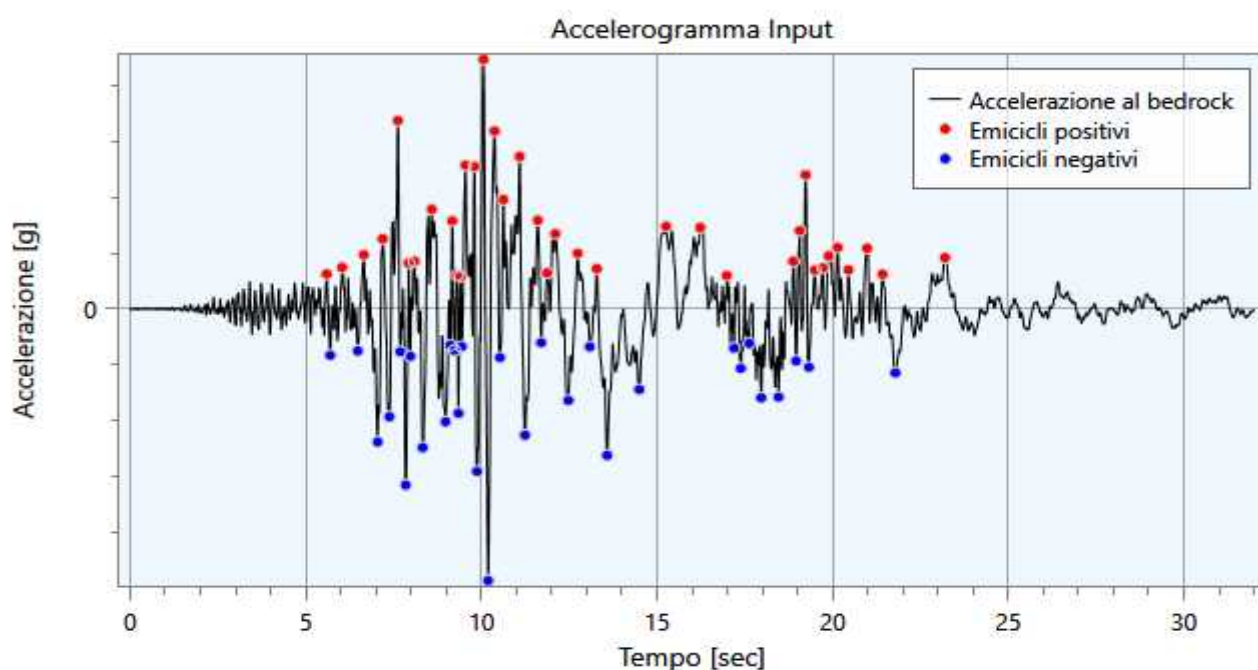




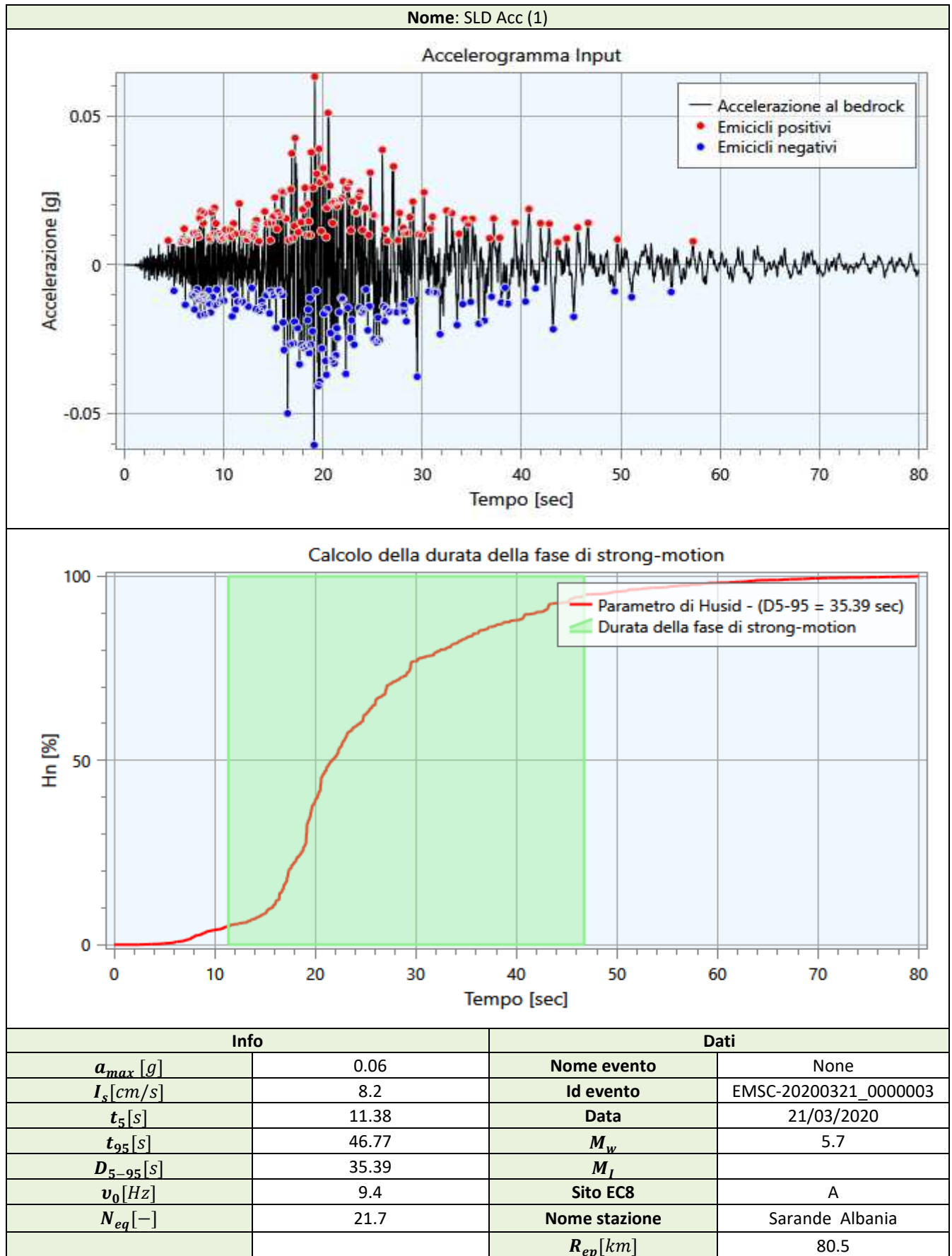




Nome: SLO Acc (7)

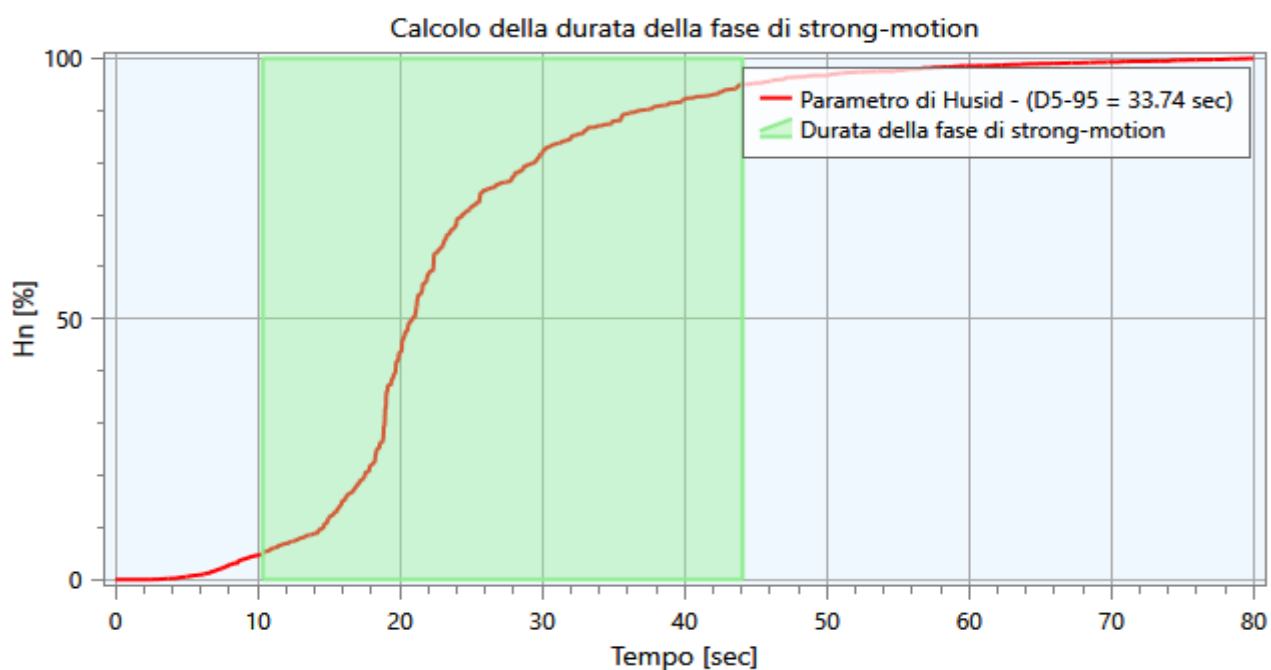
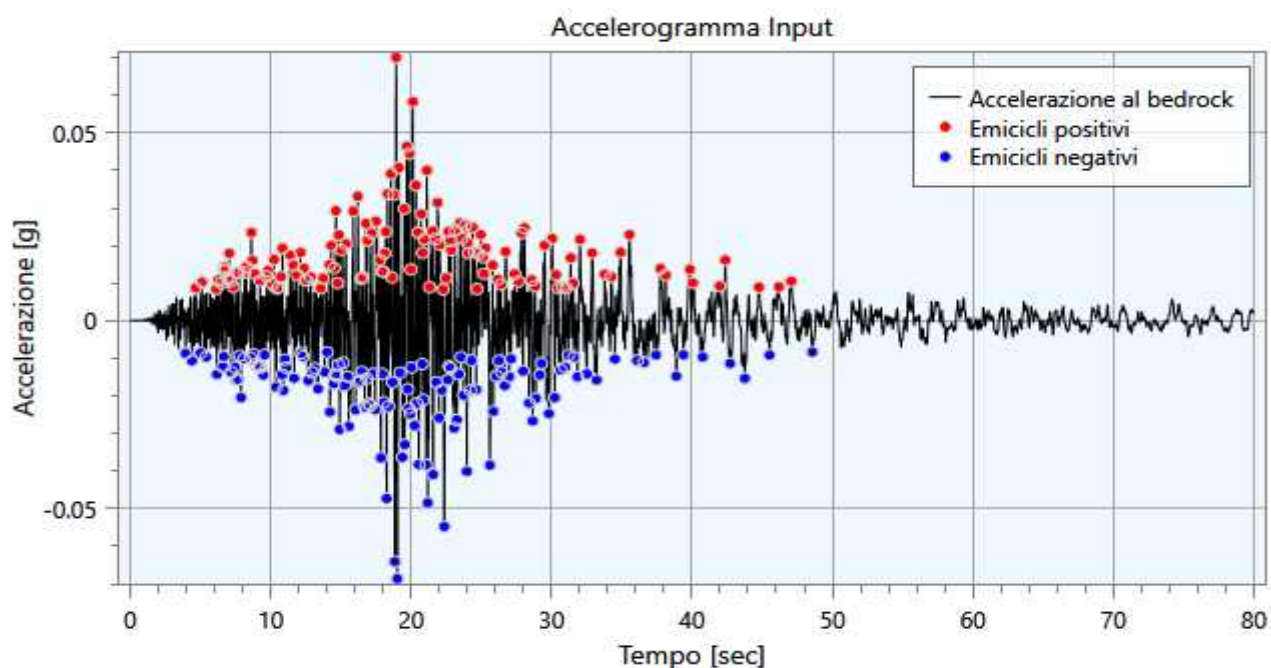


Info		Dati	
$a_{max}$ [g]	0.05	Nome evento	None
$I_s$ [cm/s]	2.8	Id evento	IS-2000-0048
$t_5$ [s]	7.16	Data	17/06/2000
$t_{95}$ [s]	20.84	$M_w$	6.5
$D_{5-95}$ [s]	13.68	$M_I$	
$v_0$ [Hz]	7.1	Sito EC8	A (inferred from geology)
$N_{eq}$ [—]	8.8	Nome stazione	Ljosafoss-Hydroelectric Power Station
		$R_{ep}$ [km]	32.8



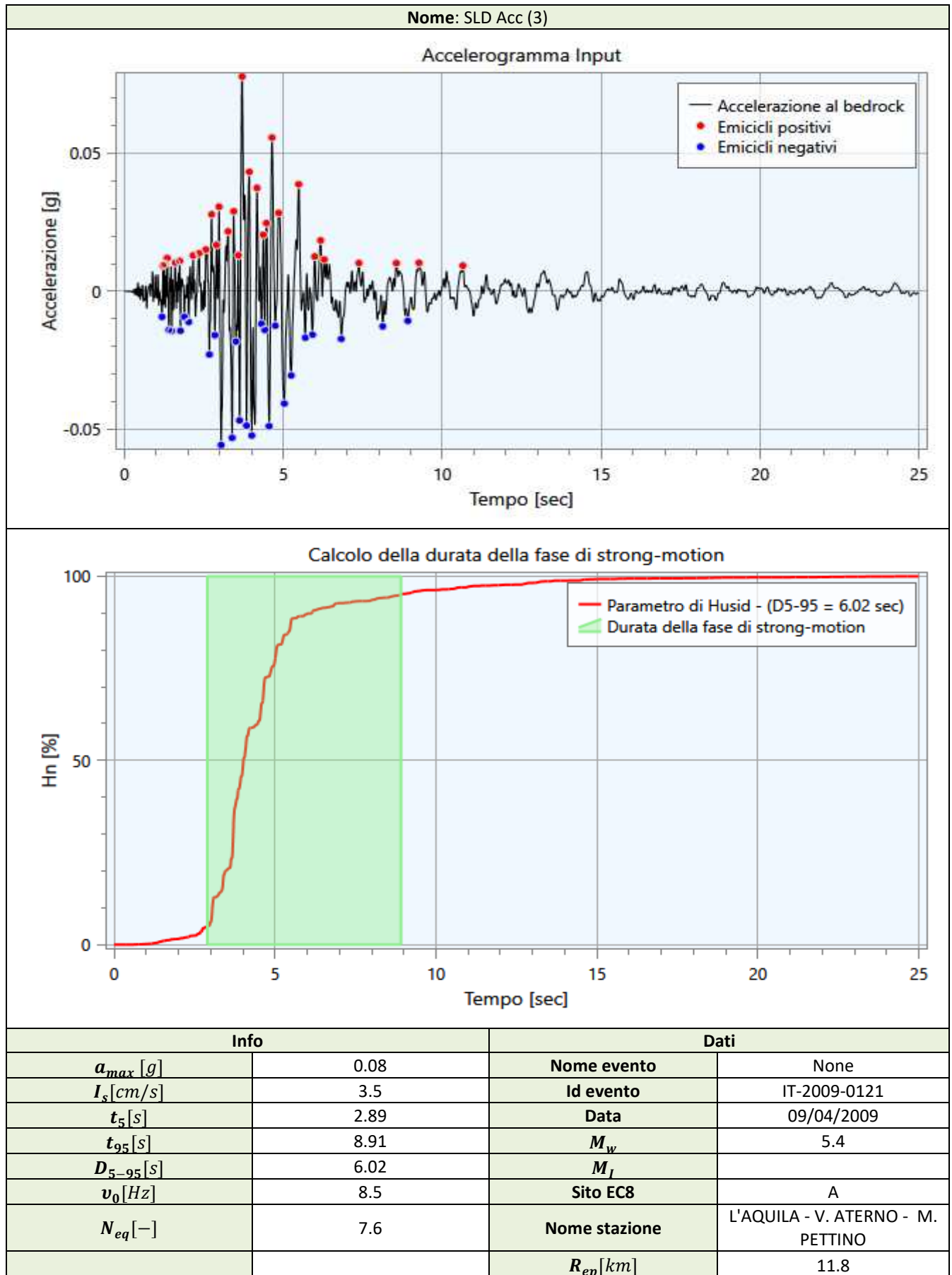


Nome: SLD Acc (2)

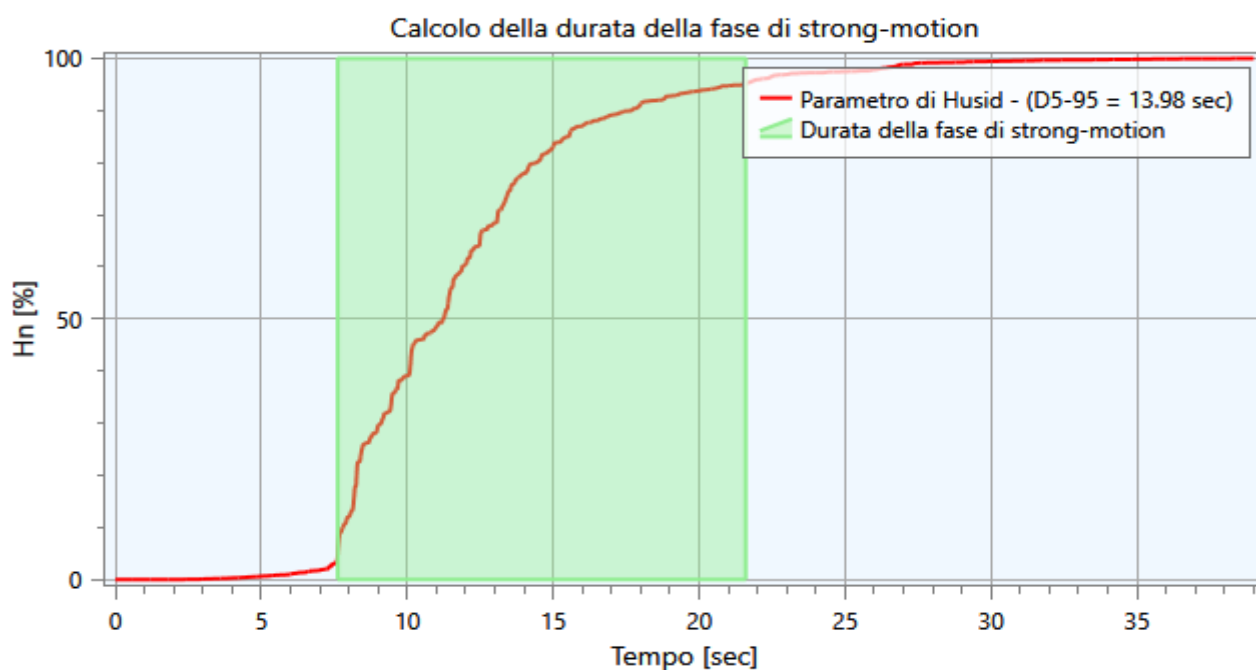
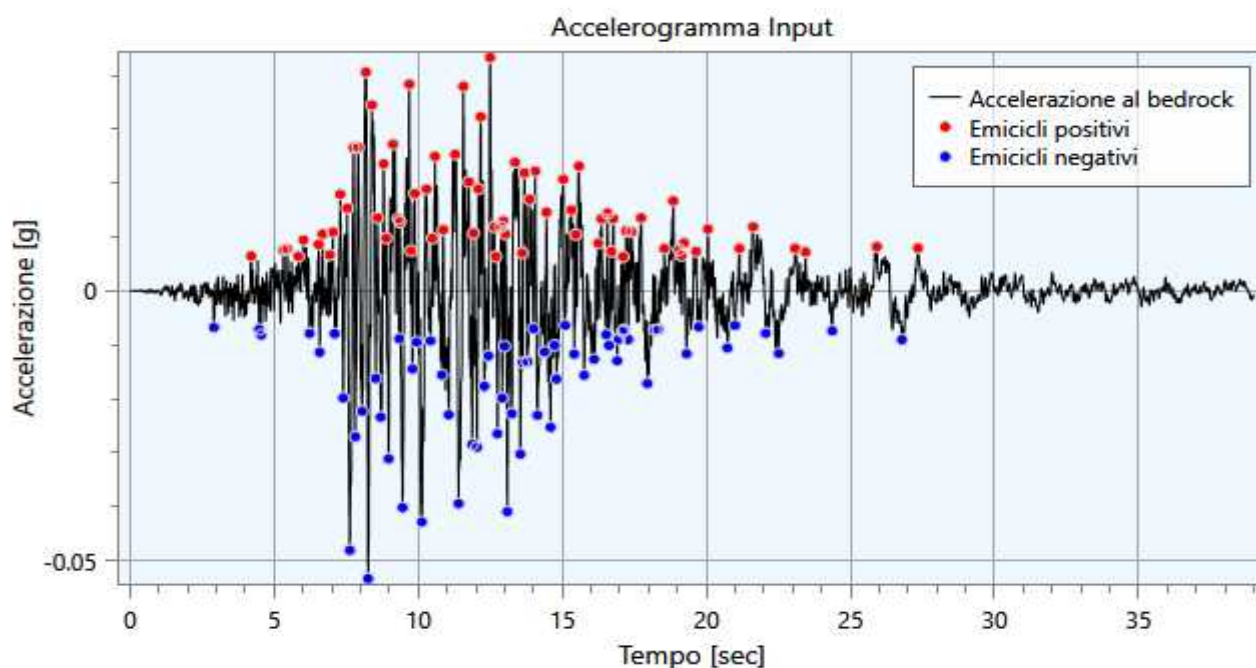


Info		Dati	
$a_{max}$ [g]	0.07	Nome evento	None
$I_s$ [cm/s]	8.2	Id evento	EMSC-20200321_0000003
$t_5$ [s]	10.35	Data	21/03/2020
$t_{95}$ [s]	44.09	$M_w$	5.7
$D_{5-95}$ [s]	33.74	$M_I$	
$v_0$ [Hz]	11.3	Sito EC8	A
$N_{eq}$ [—]	21.4	Nome stazione	Sarande Albania
		$R_{ep}$ [km]	80.5

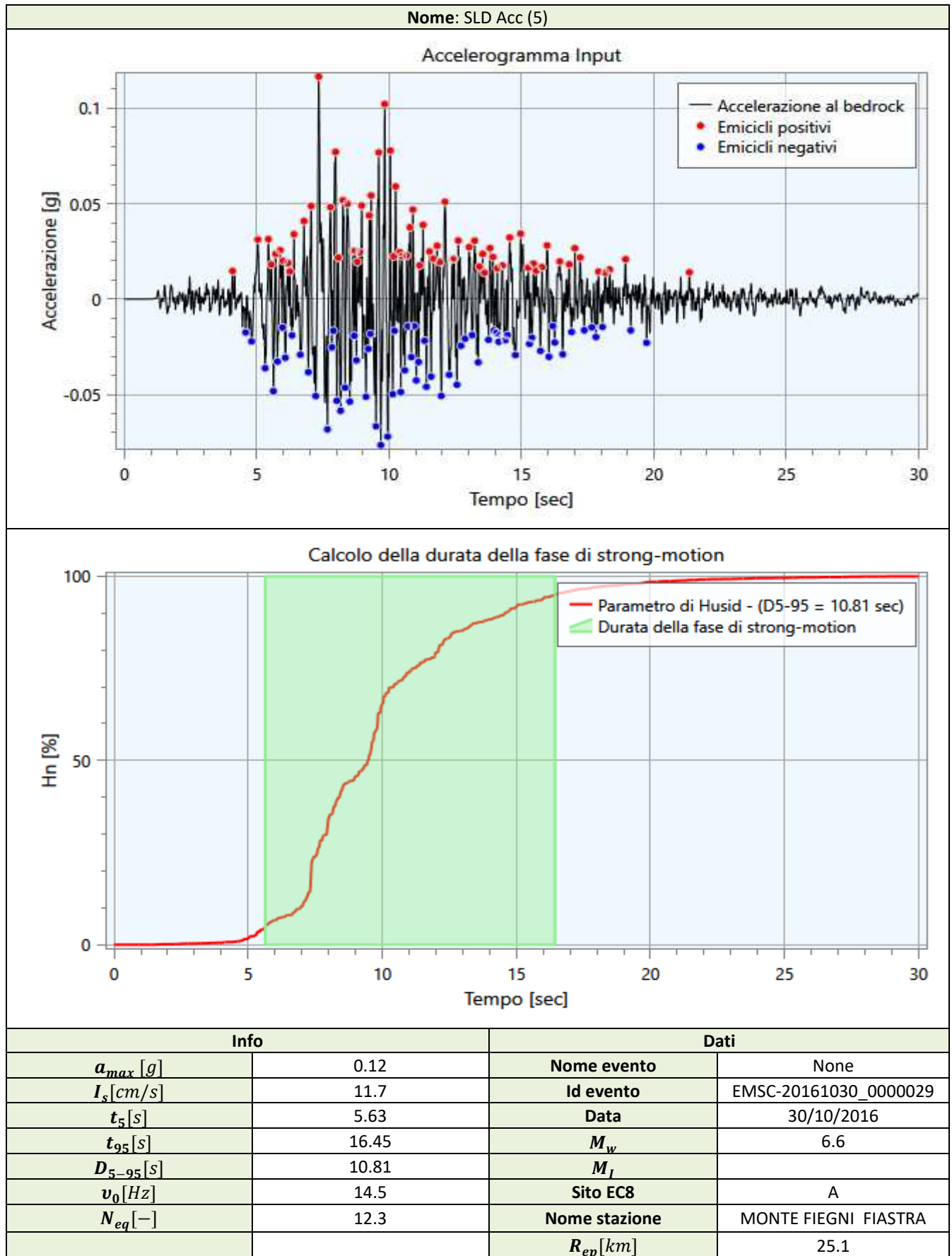




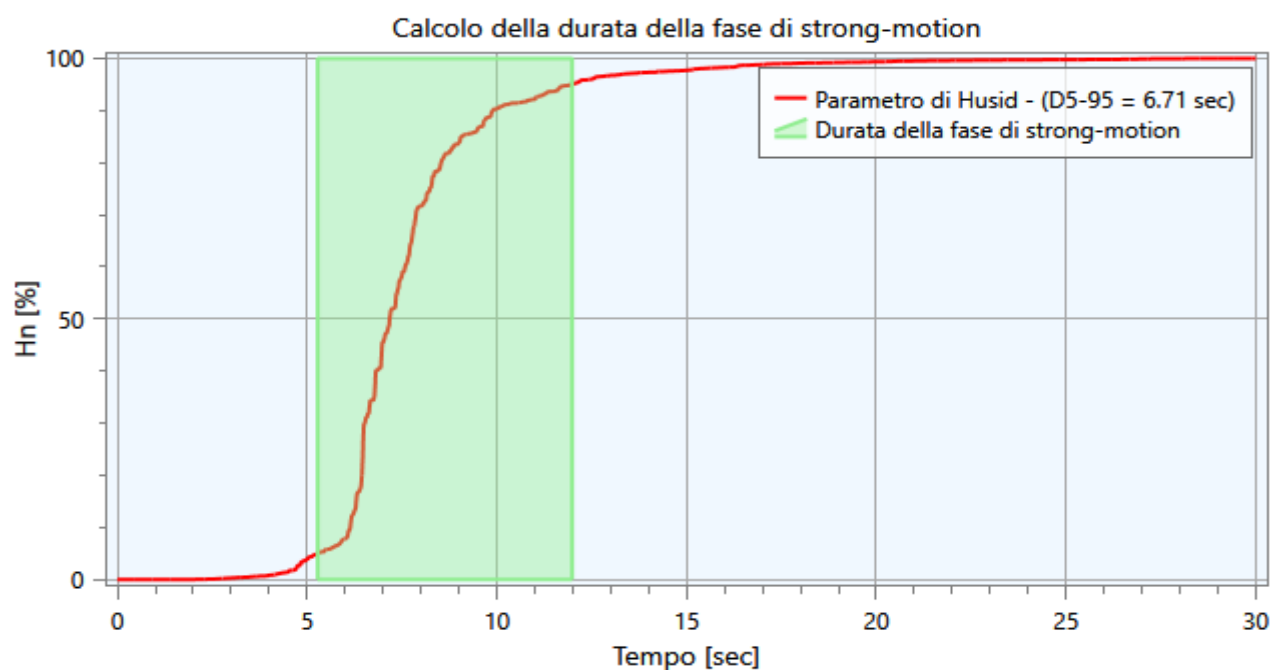
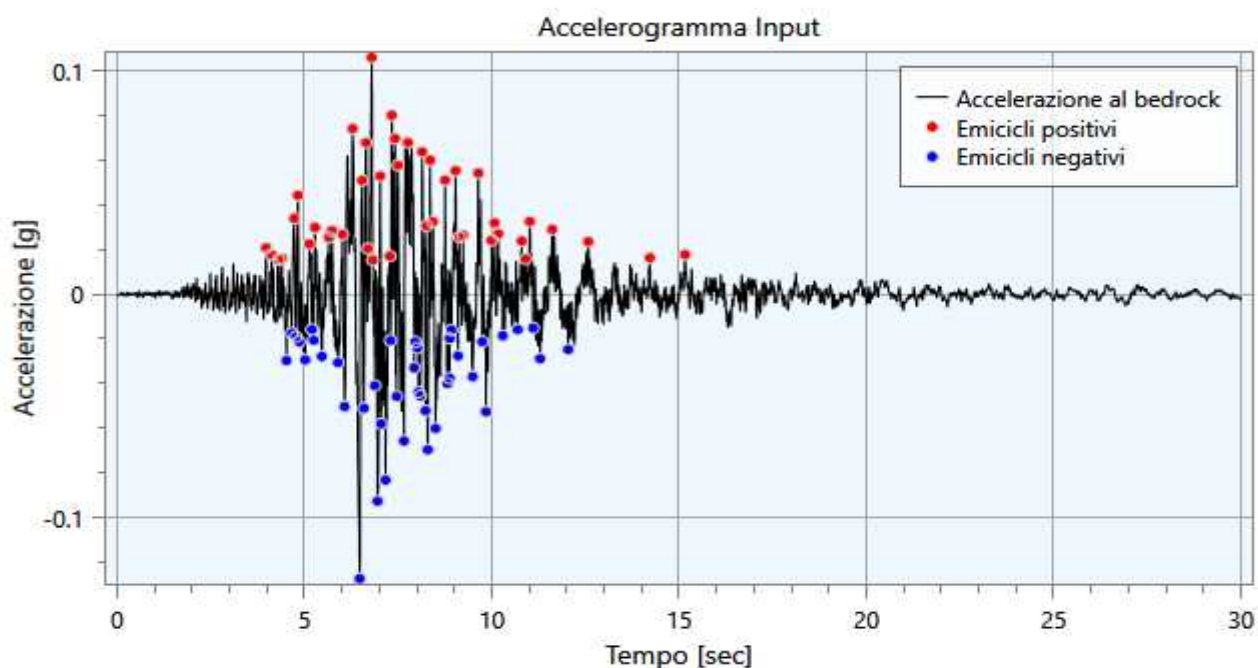
Nome: SLD Acc (4)



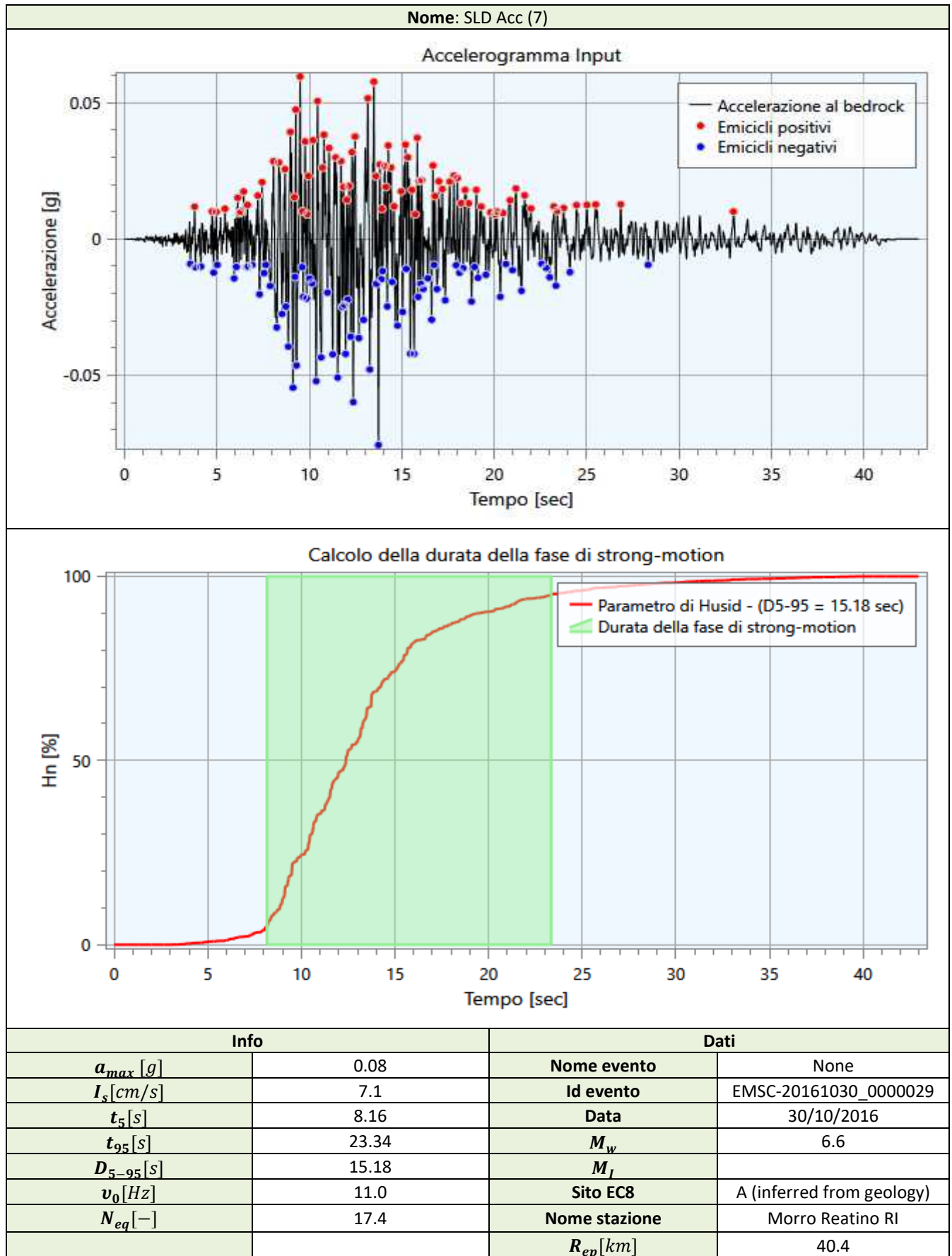
Info		Dati	
$a_{max}$ [g]	0.05	Nome evento	None
$I_s$ [cm/s]	3.9	Id evento	EMSC-20161030_0000029
$t_5$ [s]	7.61	Data	30/10/2016
$t_{95}$ [s]	21.60	$M_w$	6.6
$D_{5-95}$ [s]	13.98	$M_I$	
$v_0$ [Hz]	12.7	Sito EC8	A
$N_{eq}$ [—]	17.6	Nome stazione	LEONESSA NUOVA
		$R_{ep}$ [km]	33.5



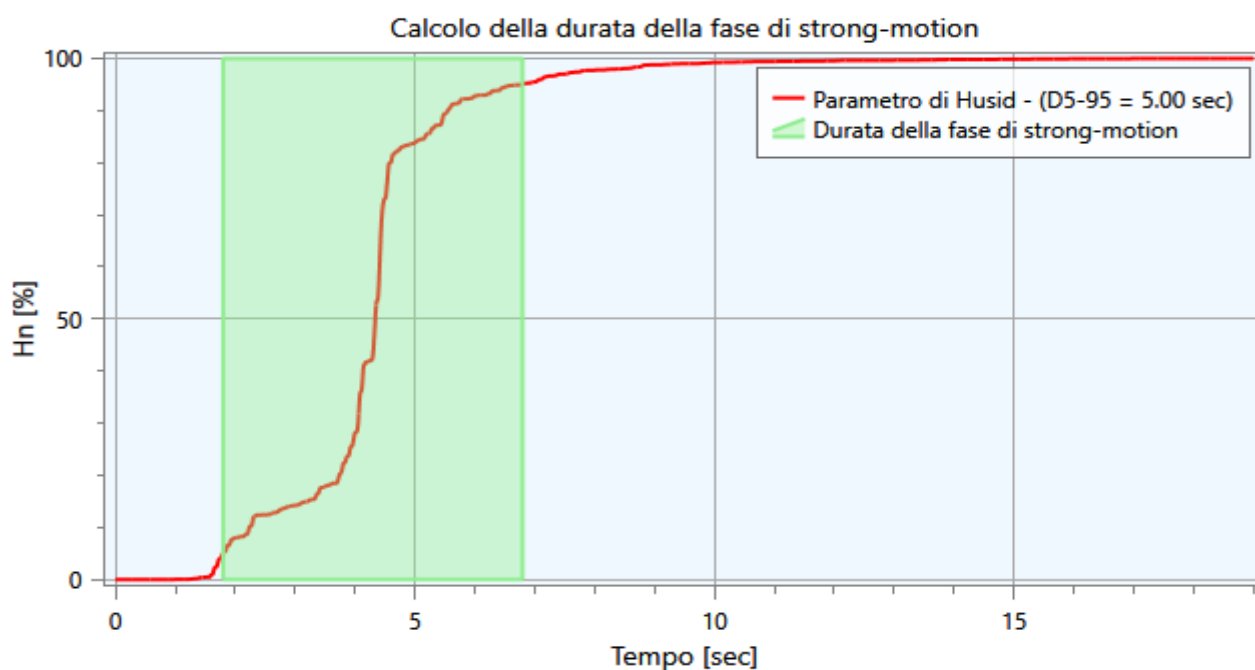
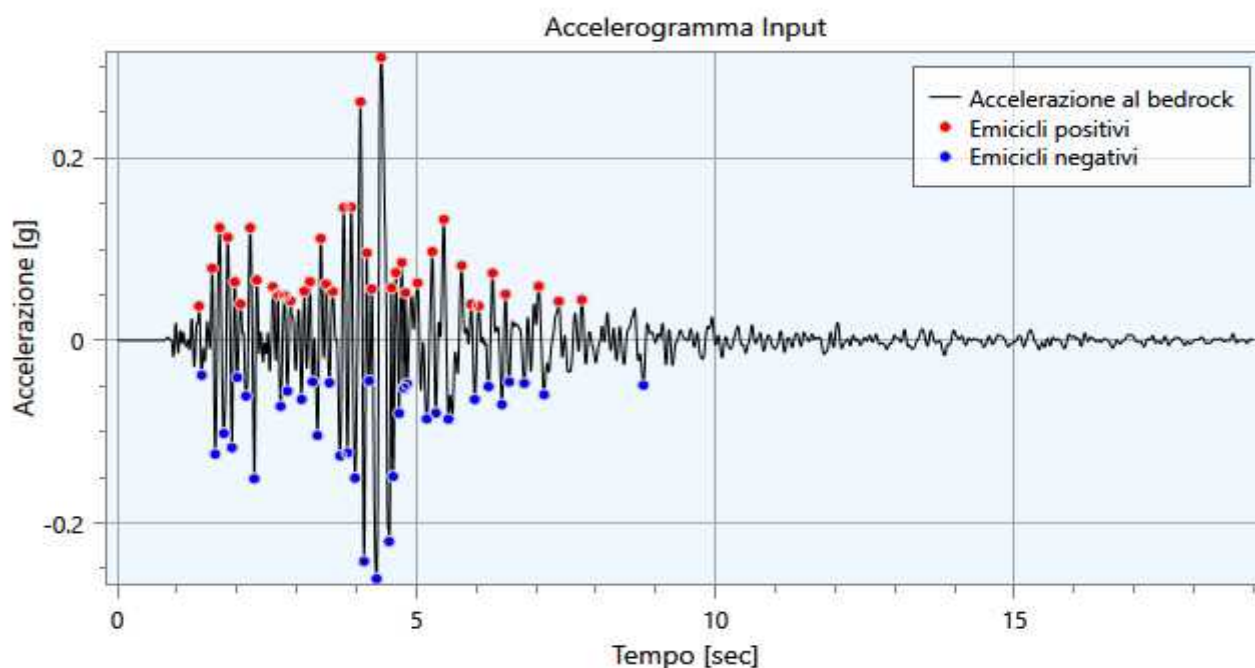
Nome: SLD Acc (6)



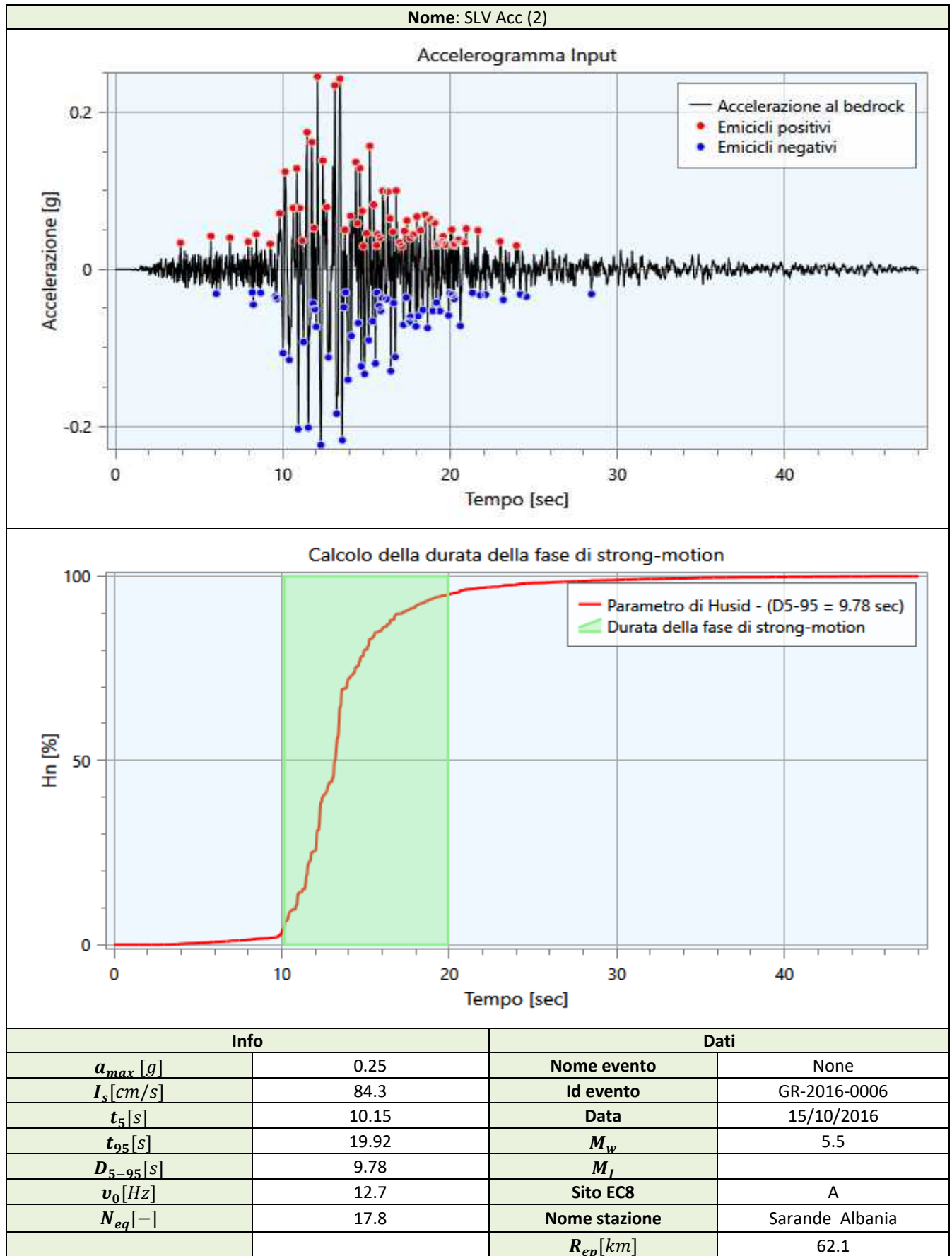
Info		Dati	
$a_{max}$ [g]	0.13	Nome evento	None
$I_s$ [cm/s]	9.3	Id evento	EMSC-20161026_0000095
$t_5$ [s]	5.28	Data	26/10/2016
$t_{95}$ [s]	11.99	$M_w$	5.9
$D_{5-95}$ [s]	6.71	$M_I$	
$v_0$ [Hz]	21.3	Sito EC8	A (inferred from geology)
$N_{eq}$ [—]	10.0	Nome stazione	Monte Daria
		$R_{ep}$ [km]	31.4



Nome: SLV Acc (1)

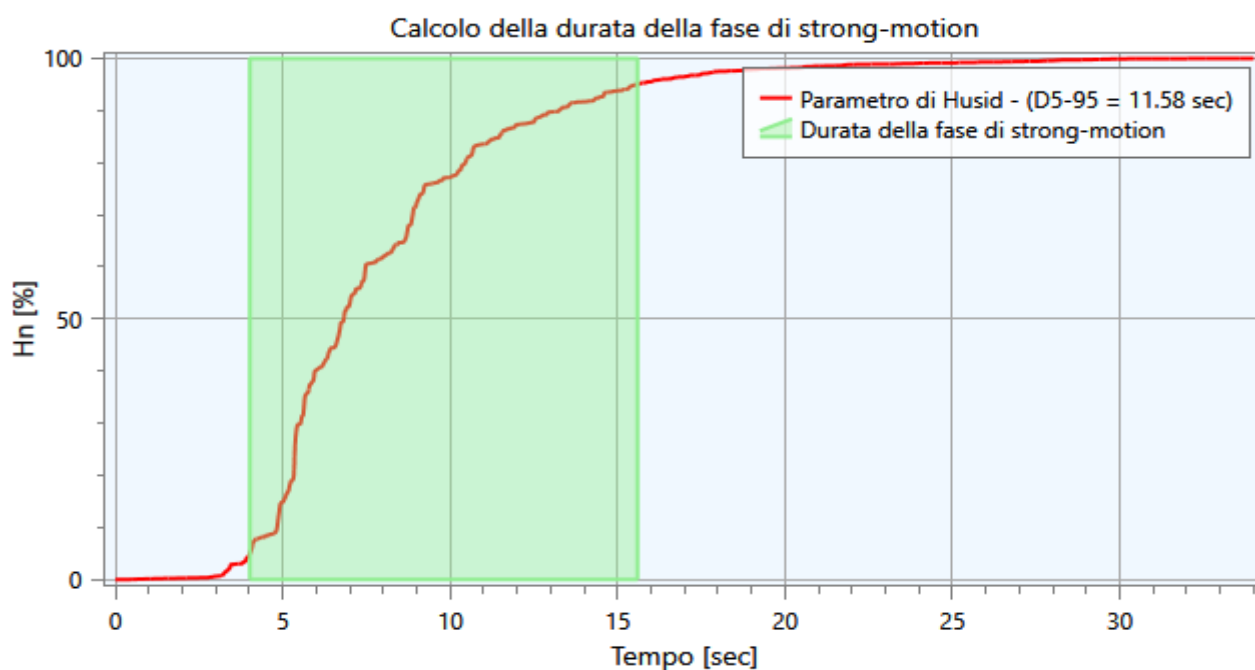
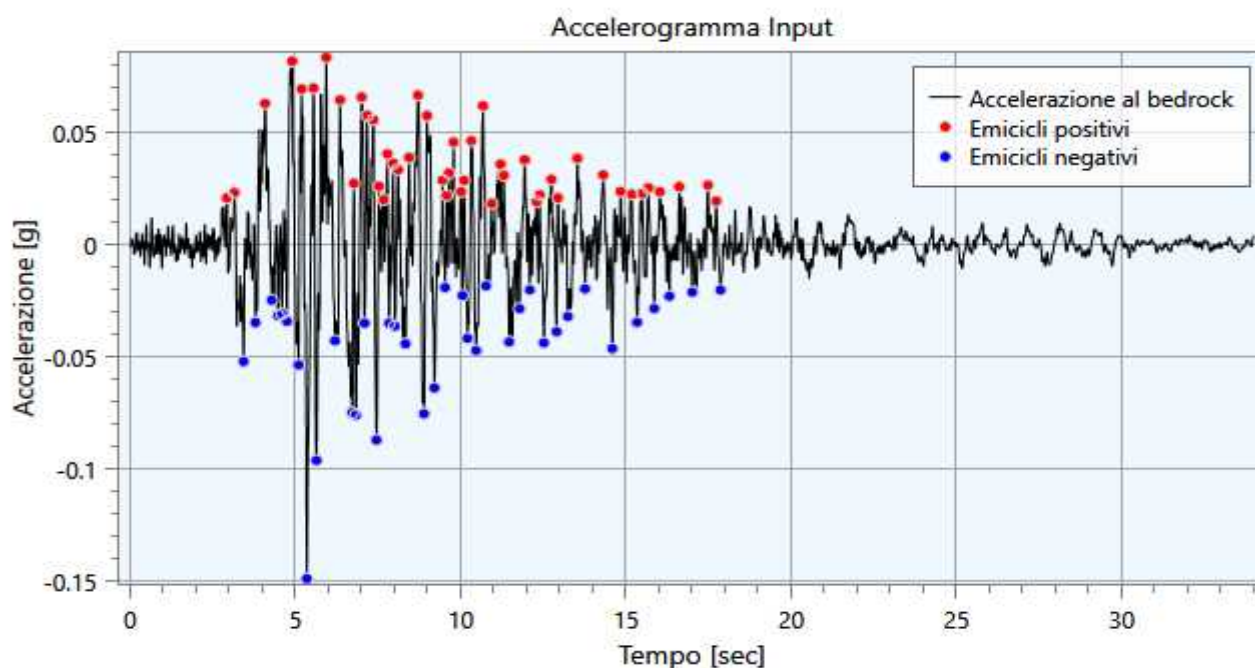


Info		Dati	
$a_{max}$ [g]	0.31	Nome evento	None
$I_s$ [cm/s]	49.8	Id evento	IT-2009-0102
$t_5$ [s]	1.79	Data	07/04/2009
$t_{95}$ [s]	6.79	$M_w$	5.5
$D_{5-95}$ [s]	5.00	$M_I$	
$v_0$ [Hz]	15.5	Sito EC8	A (inferred from geology)
$N_{eq}$ [—]	8.6	Nome stazione	S. Eusanio Forconese Italy
		$R_{ep}$ [km]	3.6

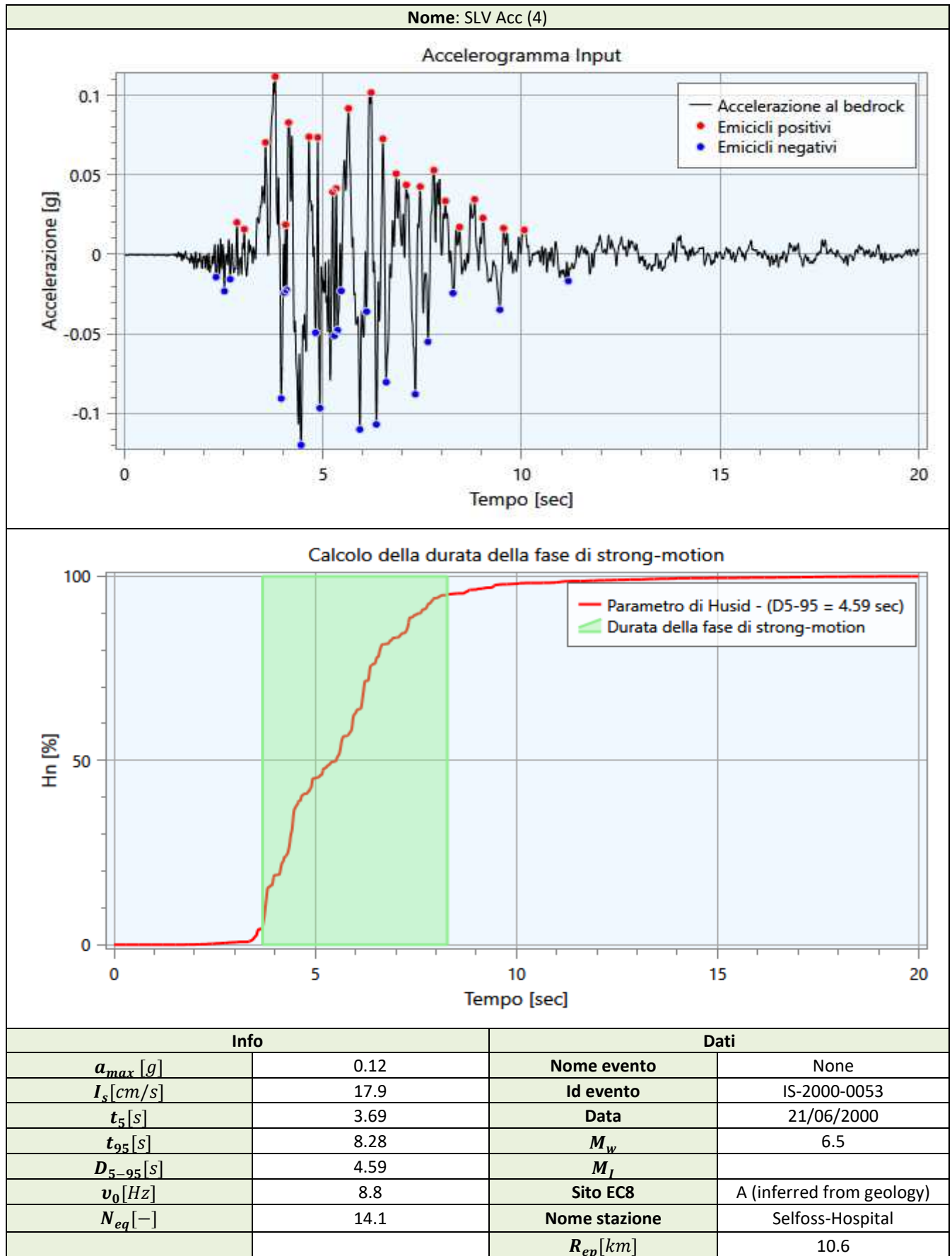


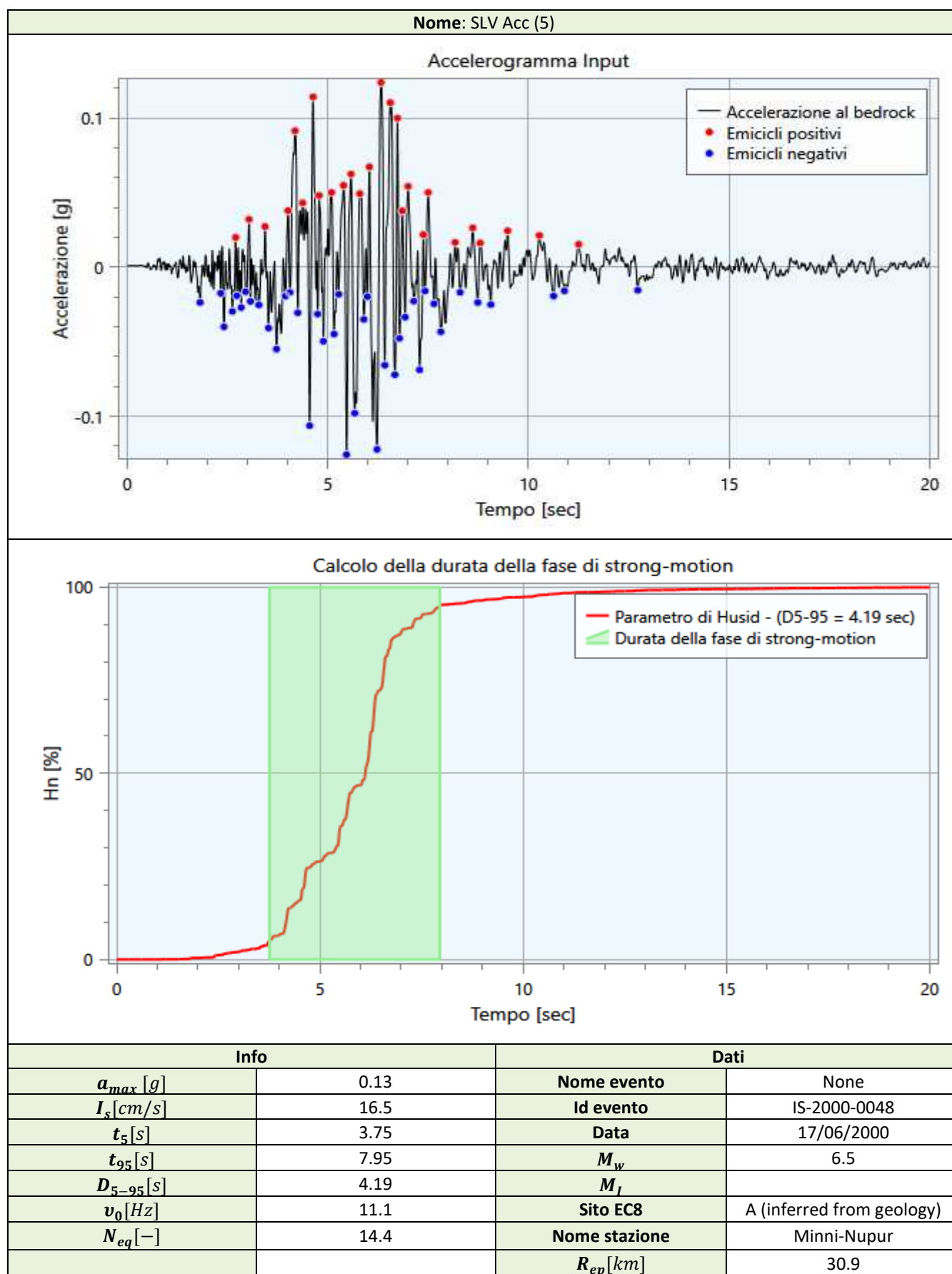


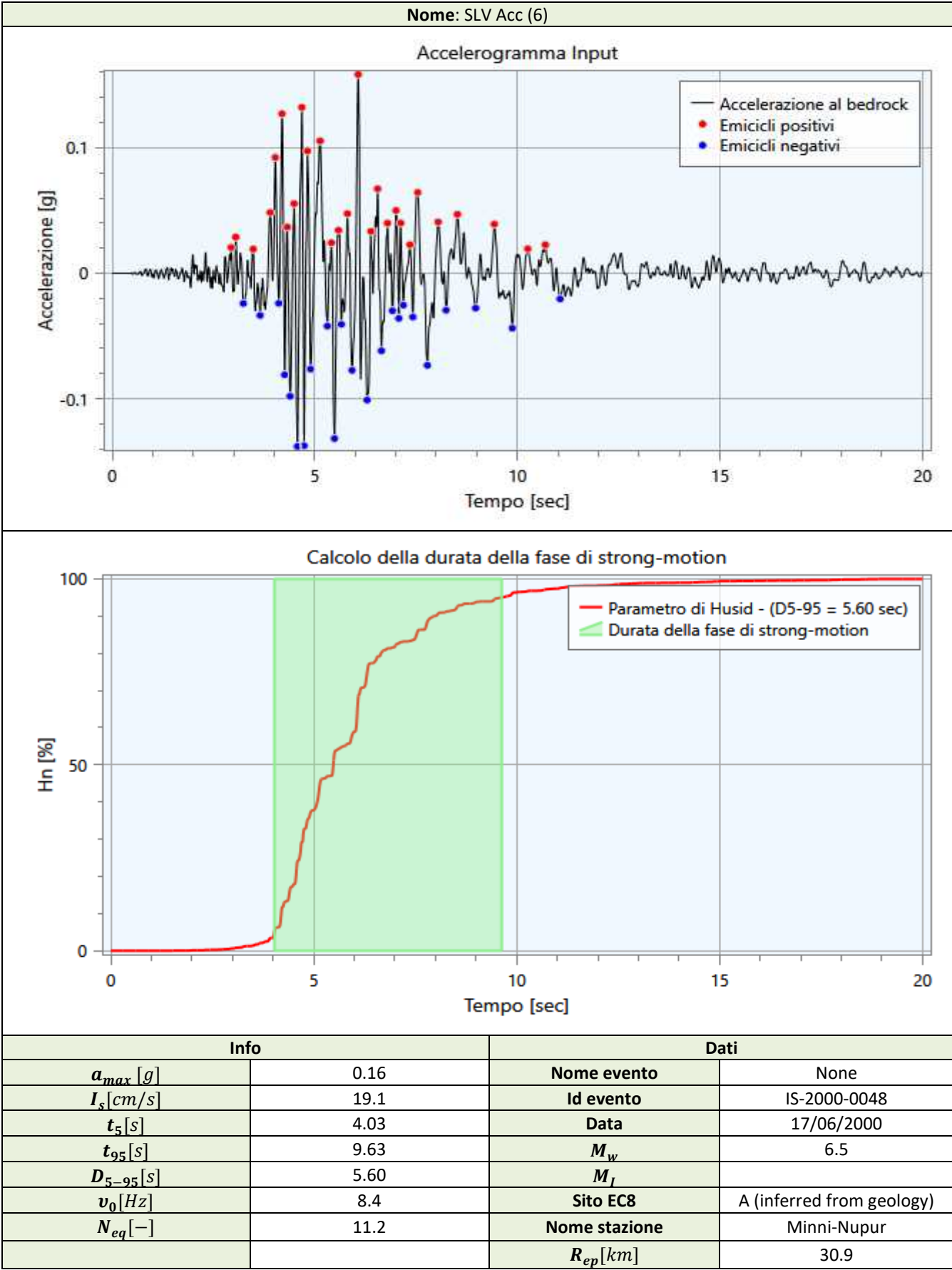
Nome: SLV Acc (3)



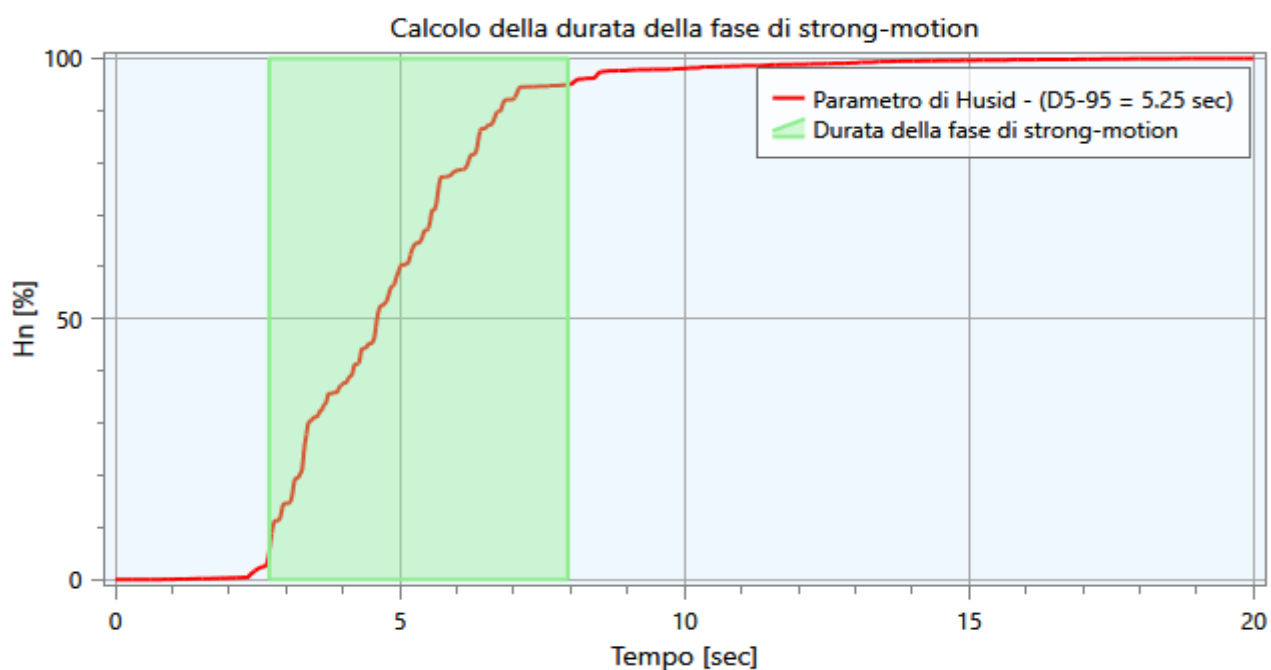
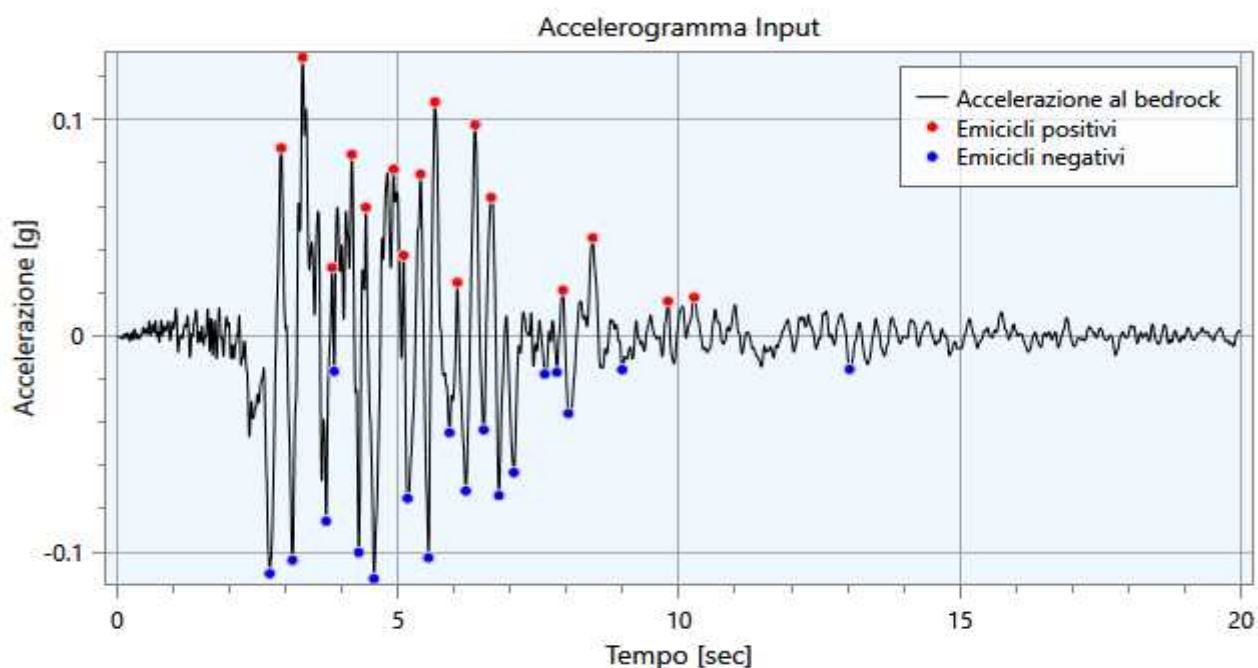
Info		Dati	
$a_{max}$ [g]	0.15	Nome evento	None
$I_s$ [cm/s]	18.3	Id evento	EMSC-20161030_0000029
$t_5$ [s]	4.01	Data	30/10/2016
$t_{95}$ [s]	15.60	$M_w$	6.6
$D_{5-95}$ [s]	11.58	$M_I$	
$v_0$ [Hz]	11.1	Sito EC8	A (inferred from geology)
$N_{eq}$ [—]	7.4	Nome stazione	Bagnoli Macerata
		$R_{ep}$ [km]	20.5



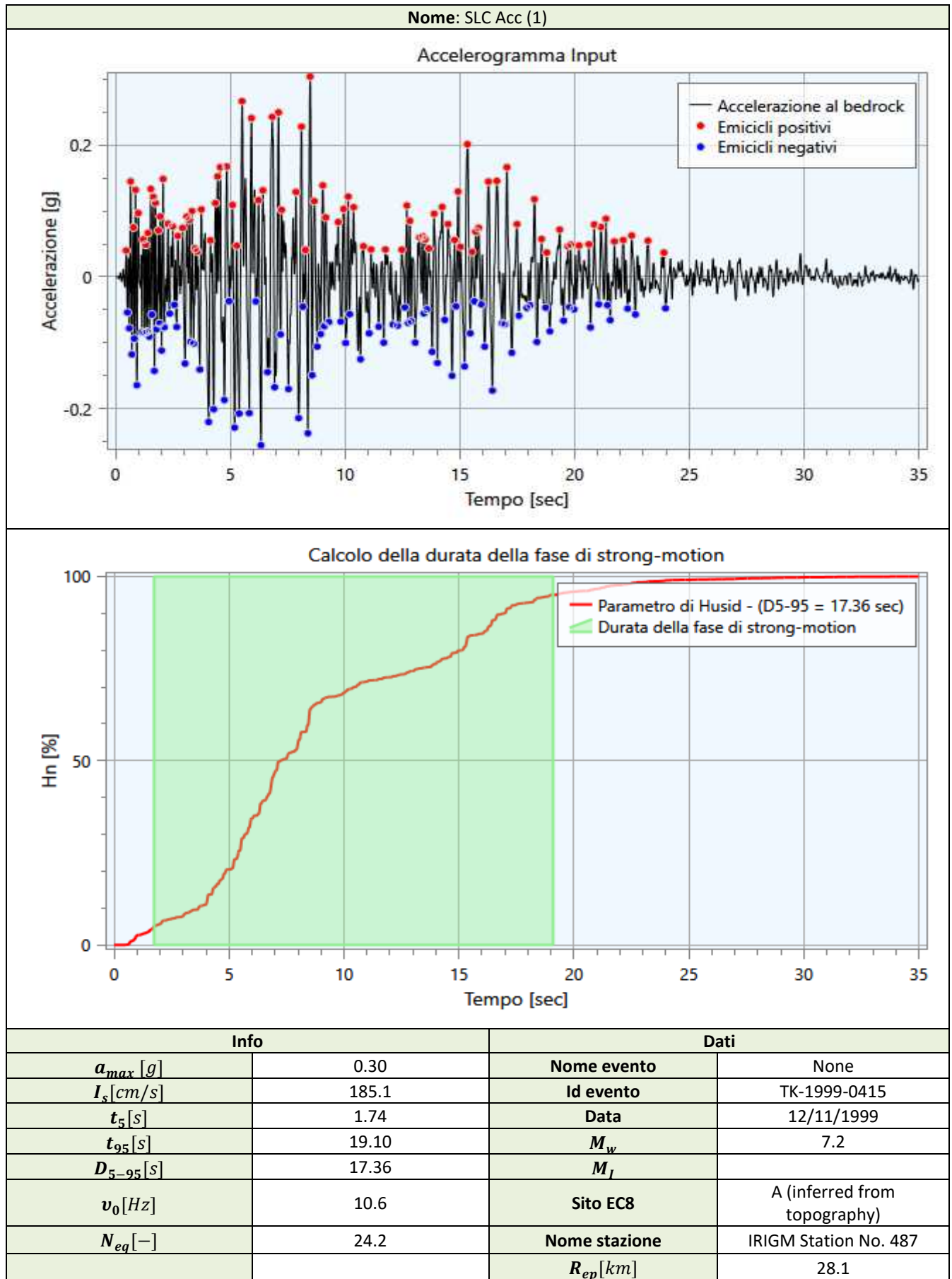




Nome: SLV Acc (7)



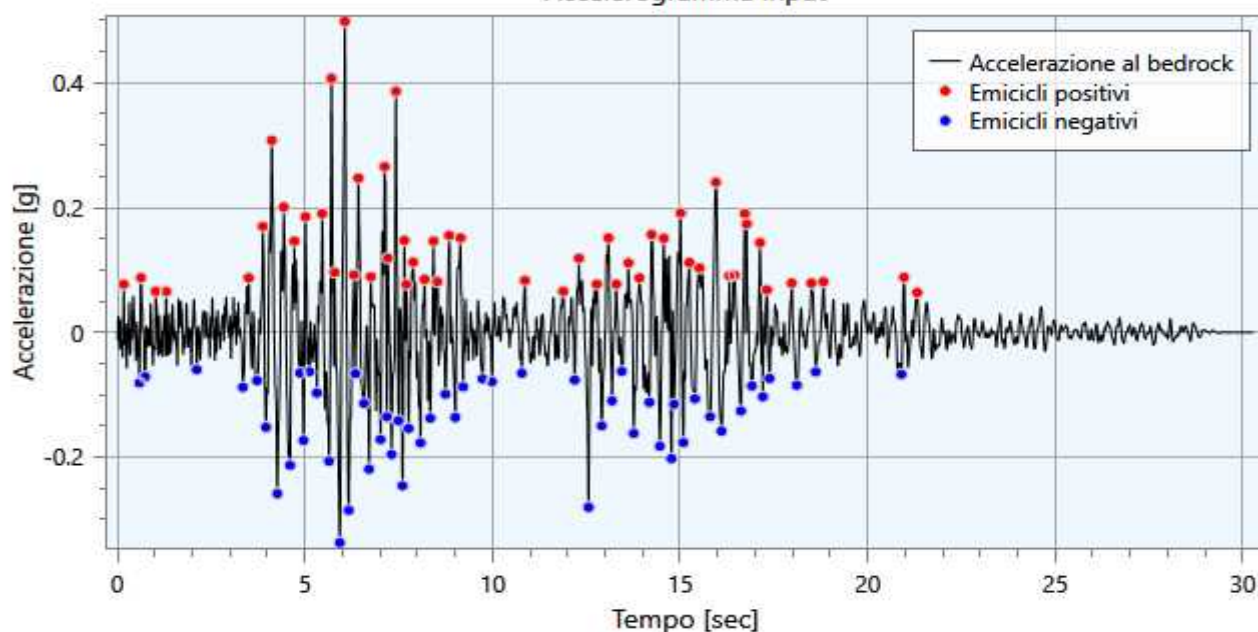
Info		Dati	
$a_{max}$ [g]	0.13	Nome evento	None
$I_s$ [cm/s]	21.8	Id evento	IS-2000-0053
$t_5$ [s]	2.70	Data	21/06/2000
$t_{95}$ [s]	7.95	$M_w$	6.5
$D_{5-95}$ [s]	5.25	$M_I$	
$v_0$ [Hz]	7.2	Sito EC8	A (inferred from geology)
$N_{eq}$ [—]	12.7	Nome stazione	Selfoss-City Hall
		$R_{ep}$ [km]	11.2



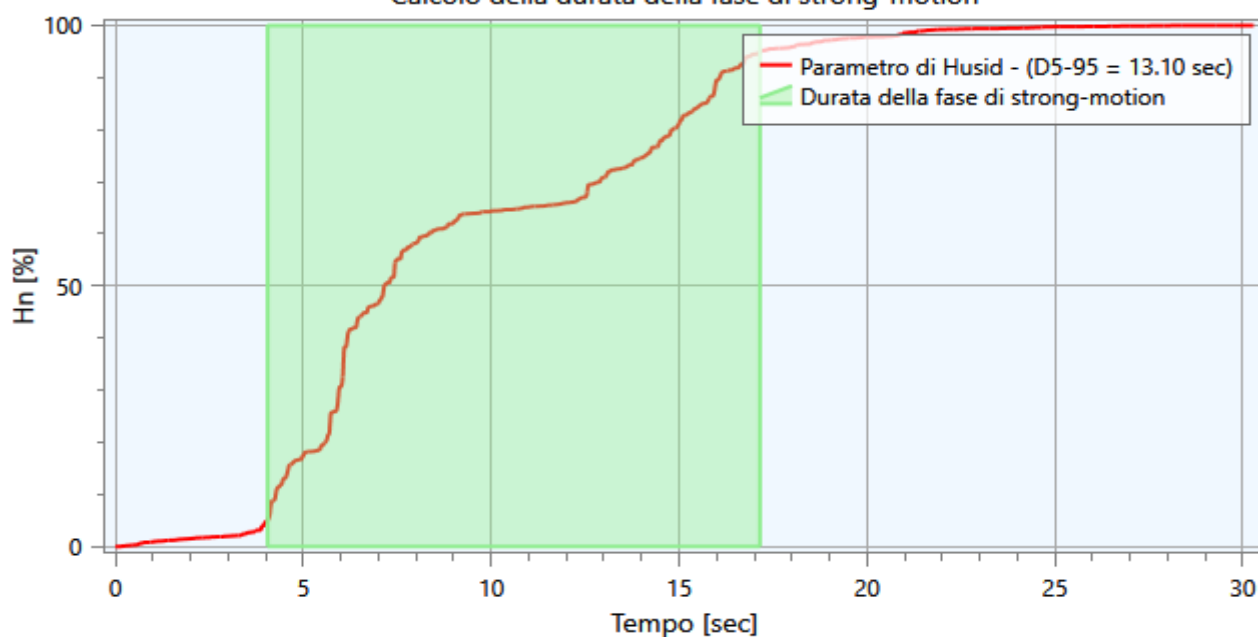


Nome: SLC Acc (2)

Accelerogramma Input

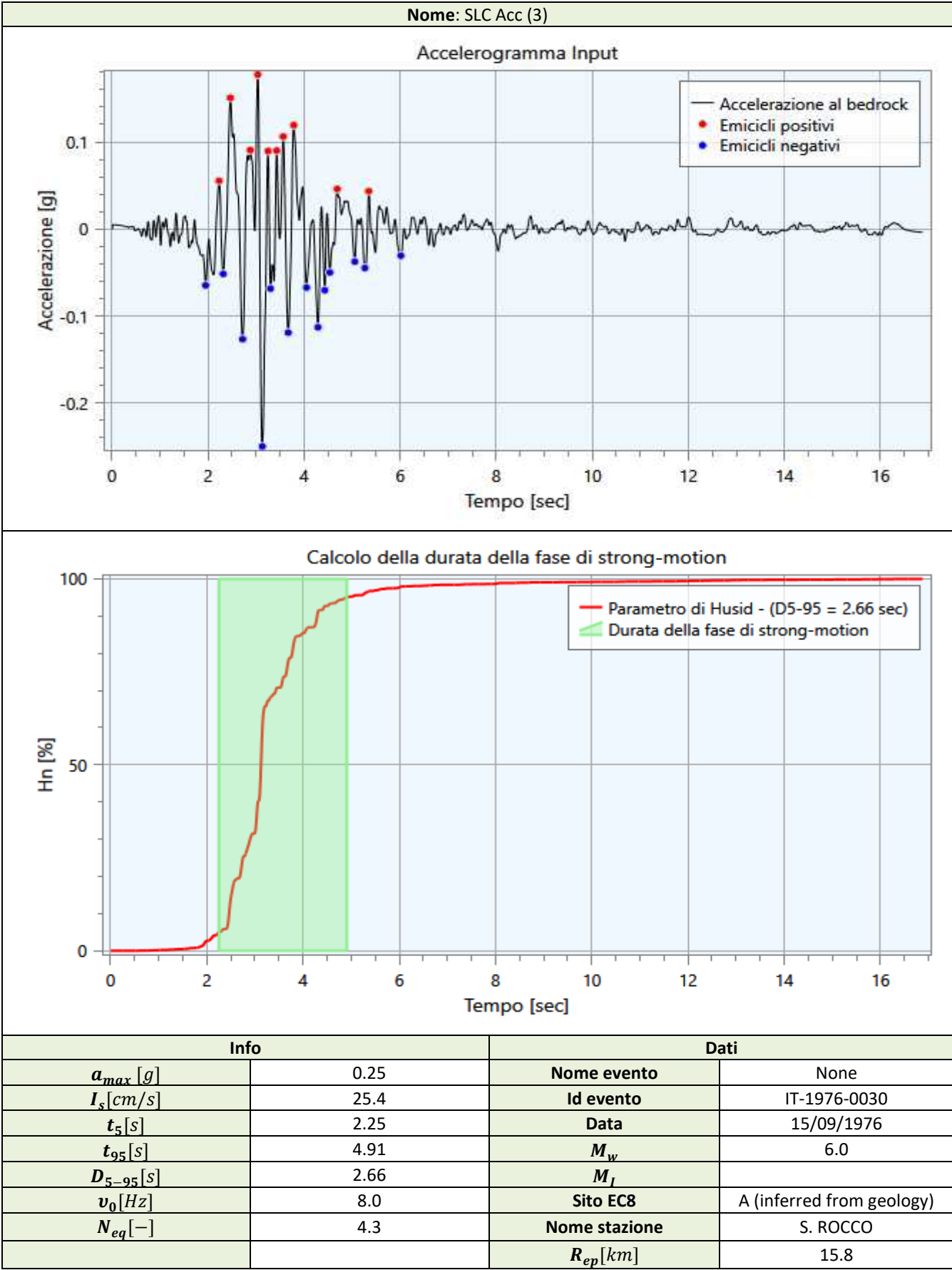


Calcolo della durata della fase di strong-motion

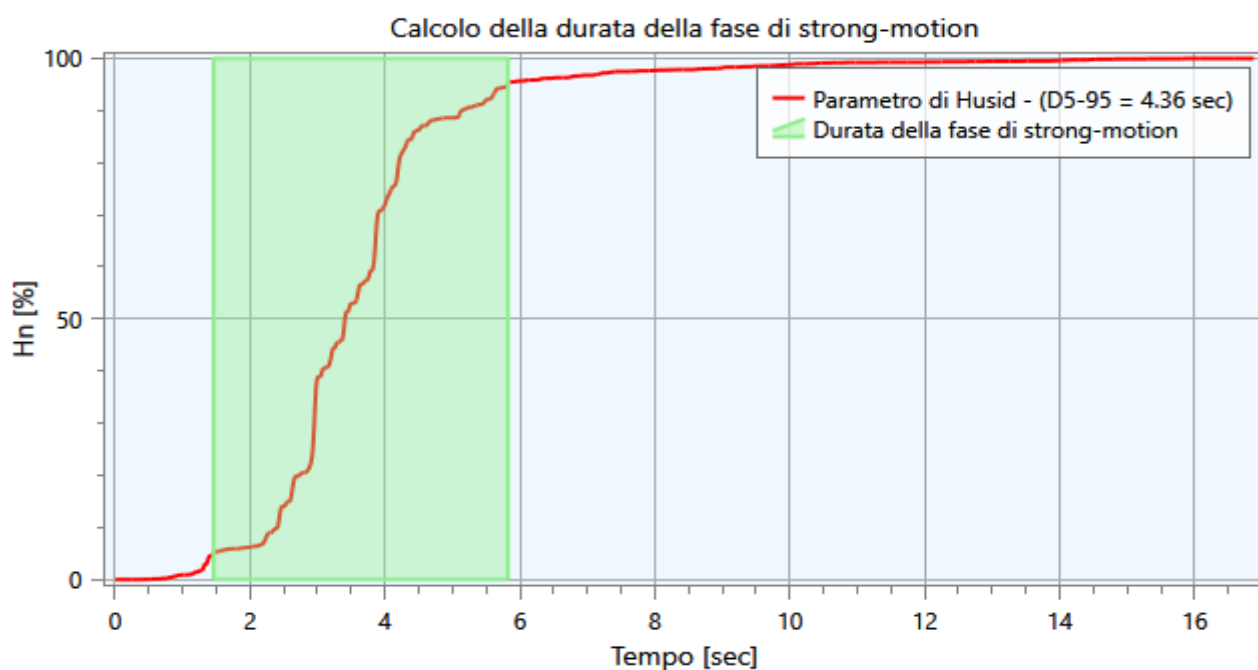
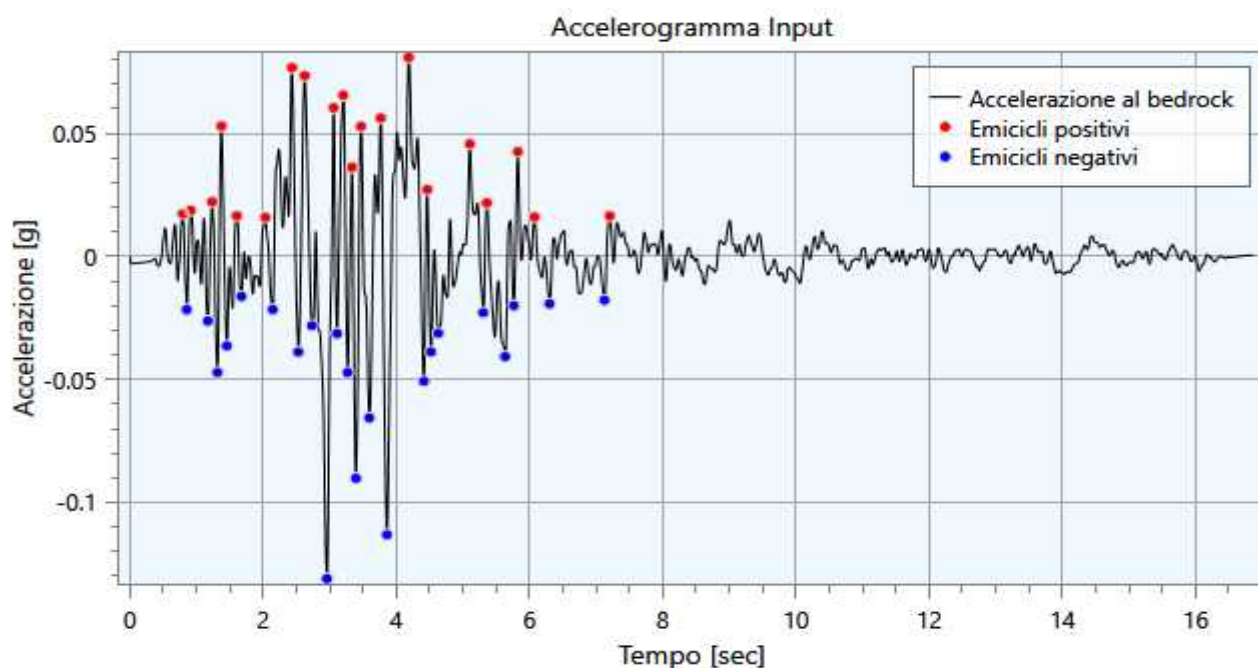


Info		Dati	
$a_{max}$ [g]	0.50	Nome evento	None
$I_s$ [cm/s]	198.9	Id evento	TK-1999-0415
$t_5$ [s]	4.05	Data	12/11/1999
$t_{95}$ [s]	17.15	$M_w$	7.2
$D_{5-95}$ [s]	13.10	$M_I$	
$\nu_0$ [Hz]	10.8	Sito EC8	A (inferred from topography)
$N_{eq}$ [—]	10.3	Nome stazione	LDEO Station No. C0375 VO
		$R_{ep}$ [km]	29.4

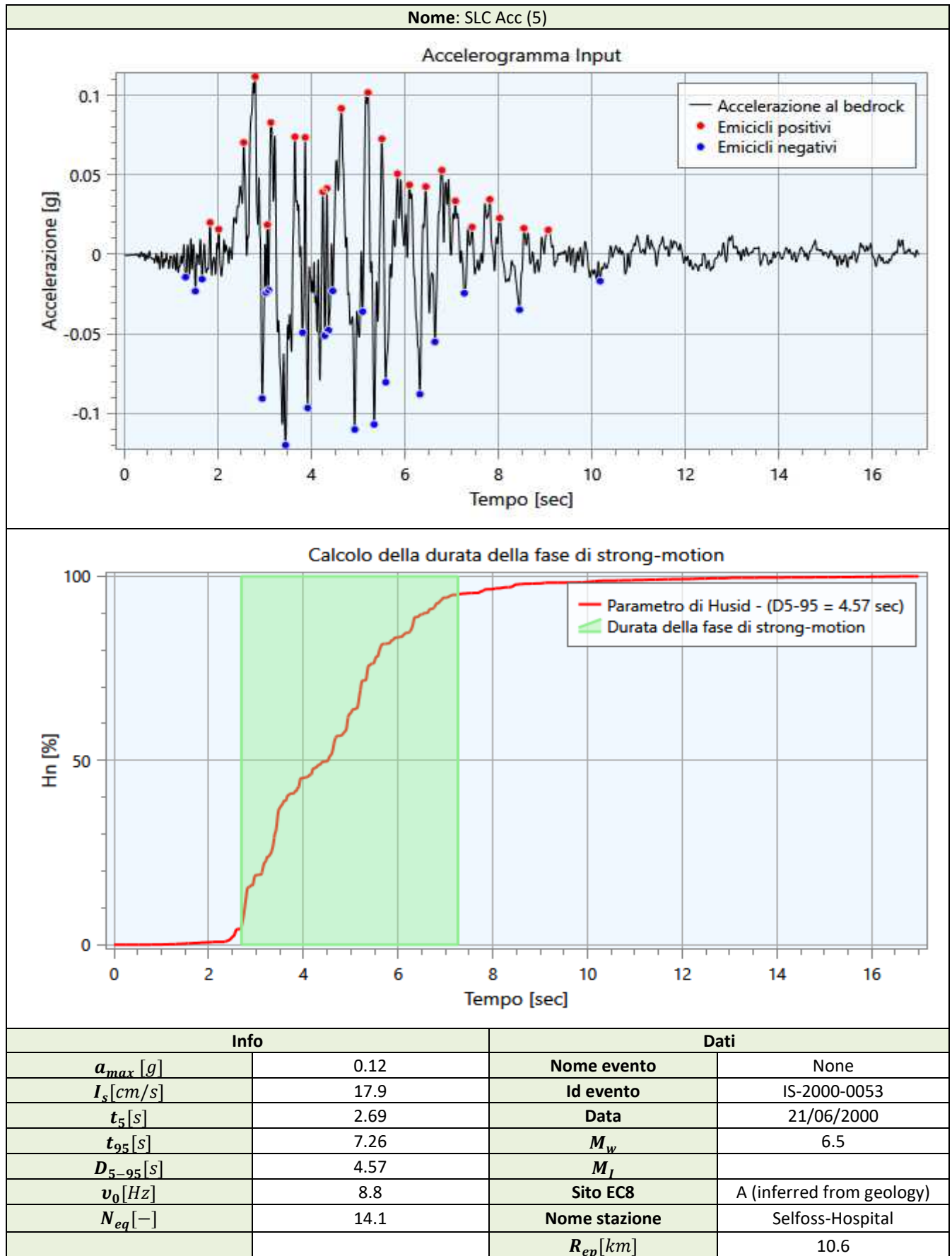




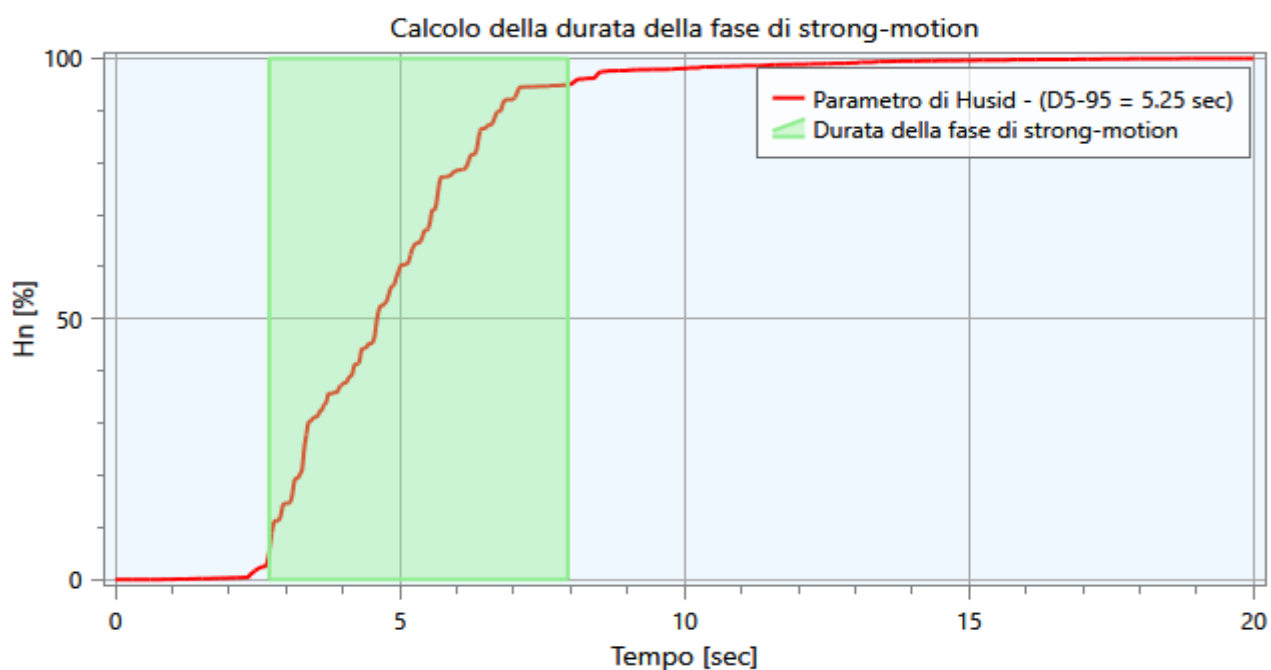
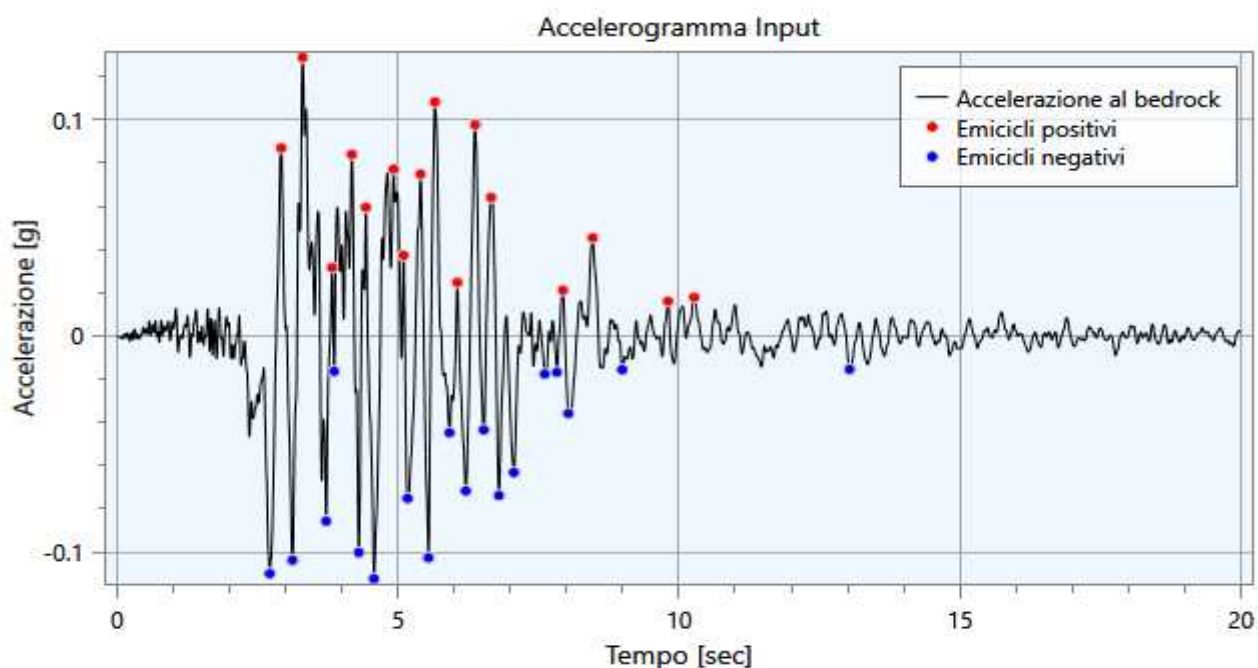
Nome: SLC Acc (4)



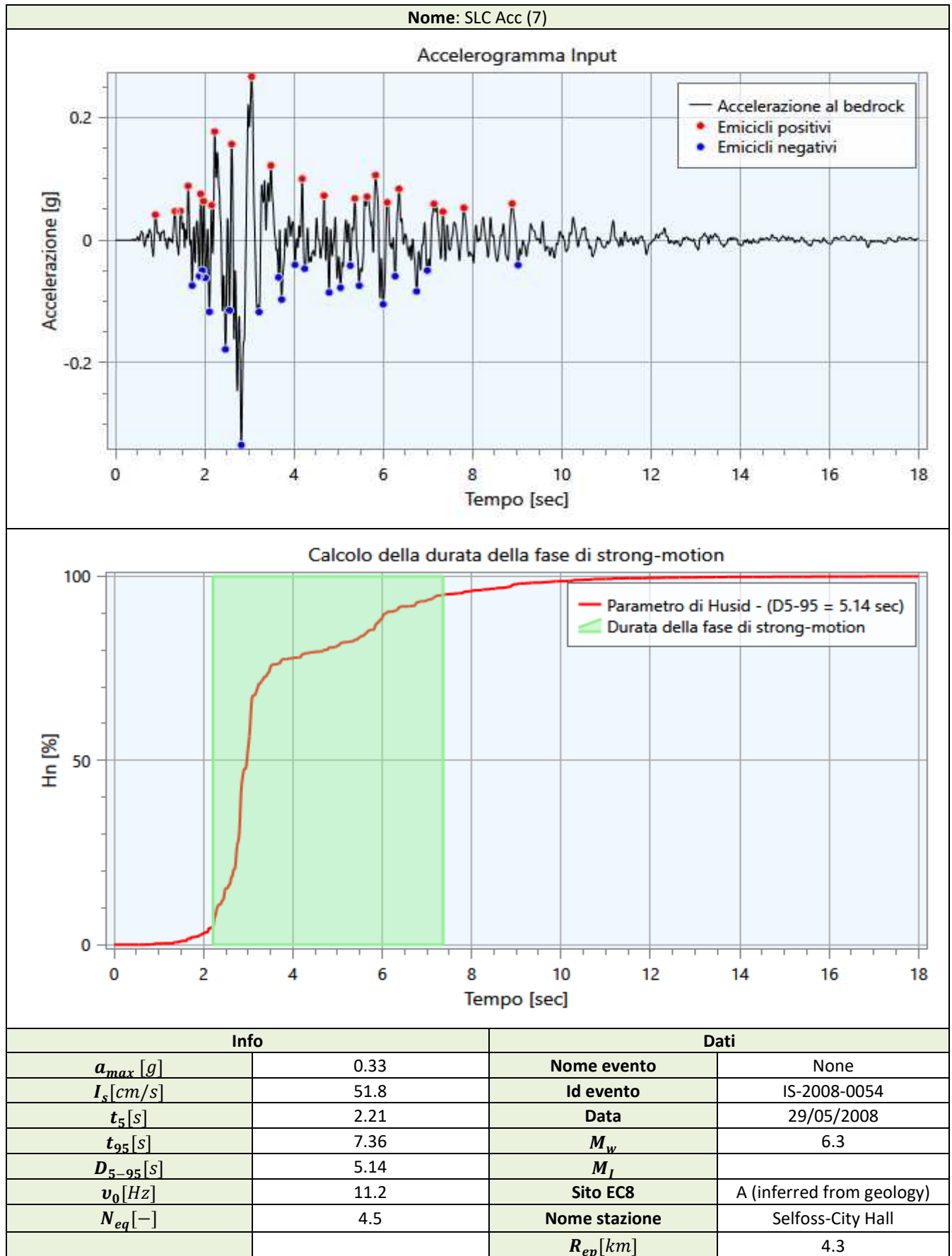
Info		Dati	
$a_{max}$ [g]	0.13	Nome evento	None
$I_s$ [cm/s]	9.5	Id evento	IT-1976-0030
$t_5$ [s]	1.46	Data	15/09/1976
$t_{95}$ [s]	5.82	$M_w$	6.0
$D_{5-95}$ [s]	4.36	$M_I$	
$v_0$ [Hz]	9.1	Sito EC8	A (inferred from geology)
$N_{eq}$ [—]	6.6	Nome stazione	S. ROCCO
		$R_{ep}$ [km]	15.8



Nome: SLC Acc (6)



Info		Dati	
$a_{max}$ [g]	0.13	Nome evento	None
$I_s$ [cm/s]	21.8	Id evento	IS-2000-0053
$t_5$ [s]	2.70	Data	21/06/2000
$t_{95}$ [s]	7.95	$M_w$	6.5
$D_{5-95}$ [s]	5.25	$M_I$	
$v_0$ [Hz]	7.2	Sito EC8	A (inferred from geology)
$N_{eq}$ [—]	12.7	Nome stazione	Selfoss-City Hall
		$R_{ep}$ [km]	11.2

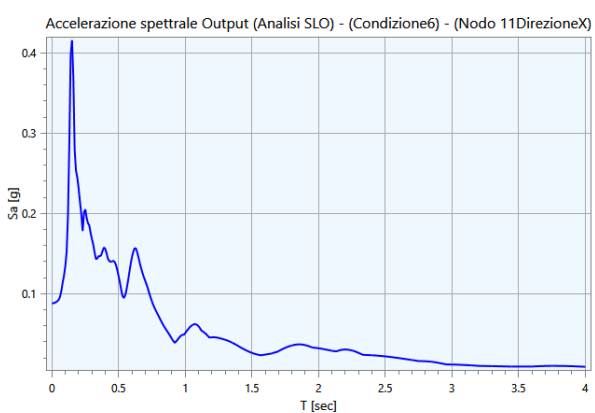
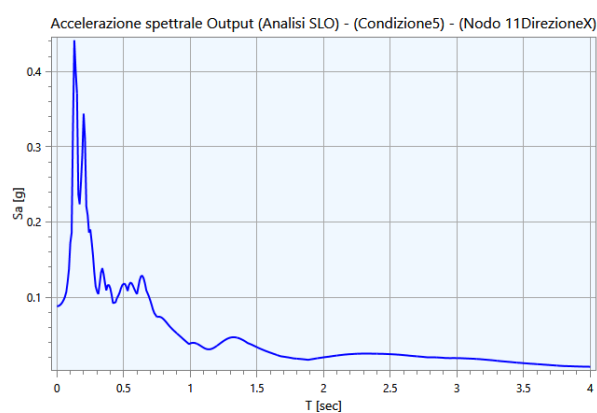
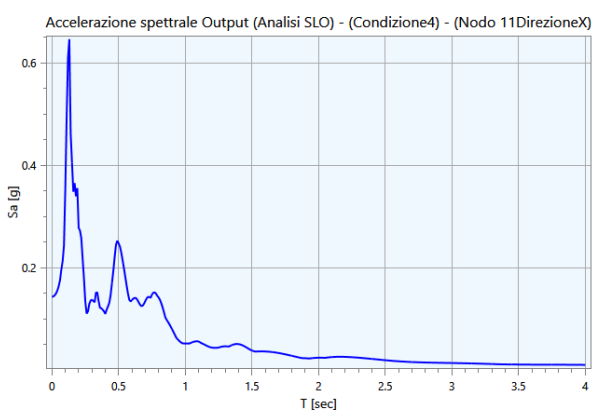
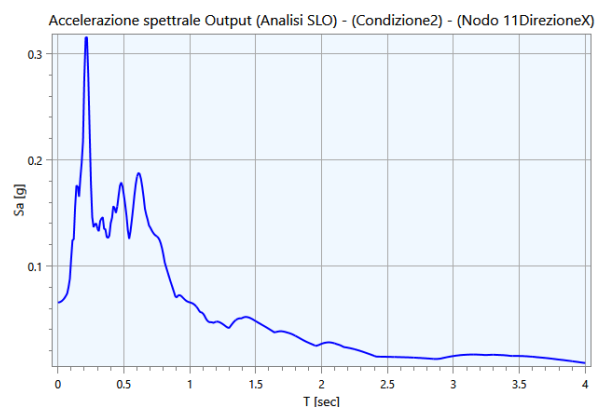
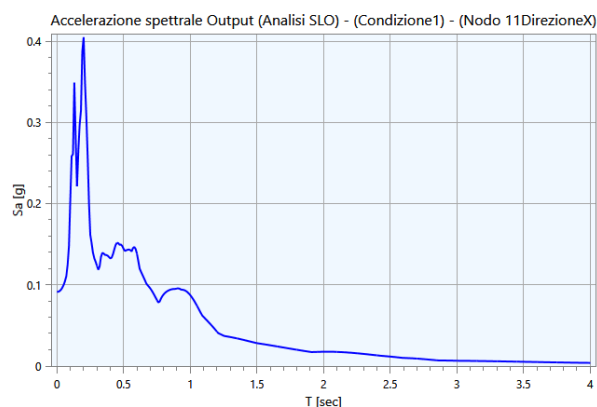


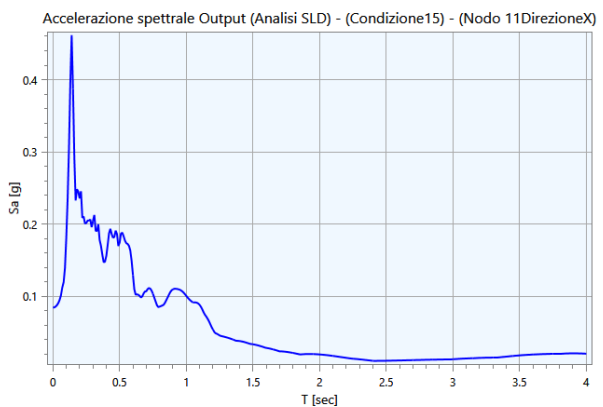
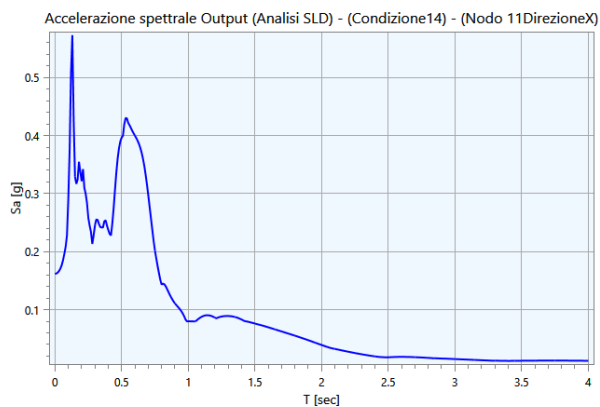
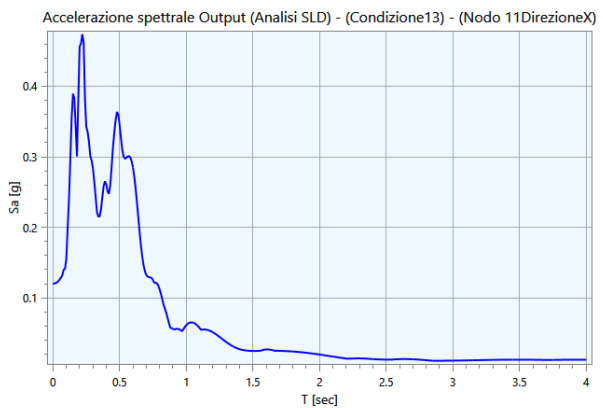
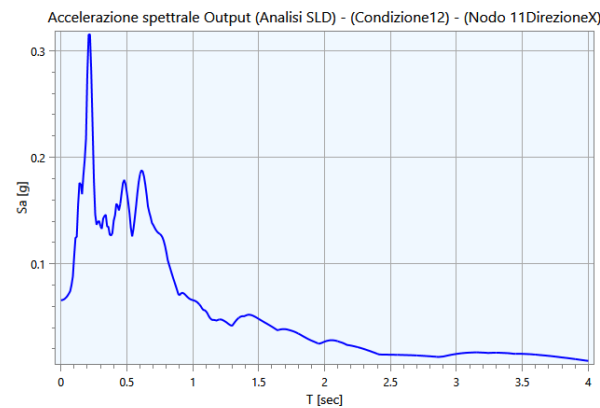
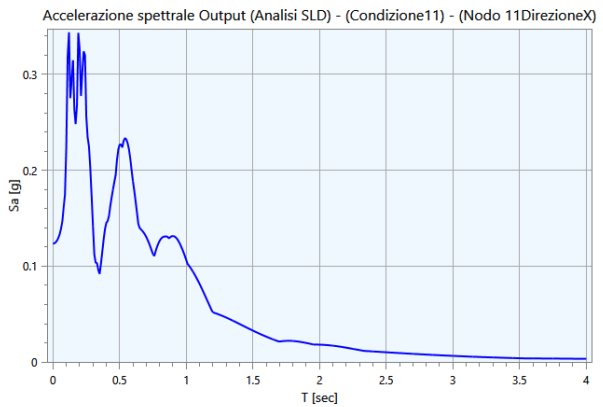
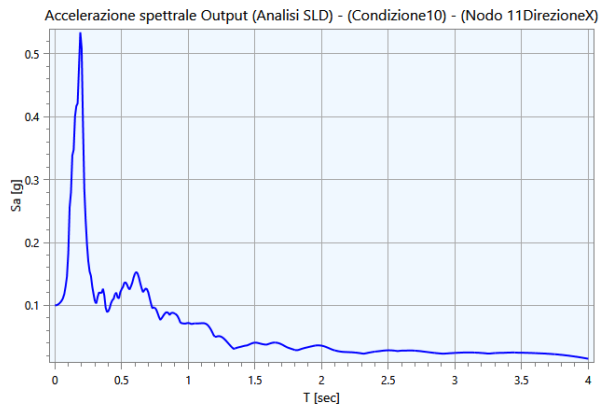
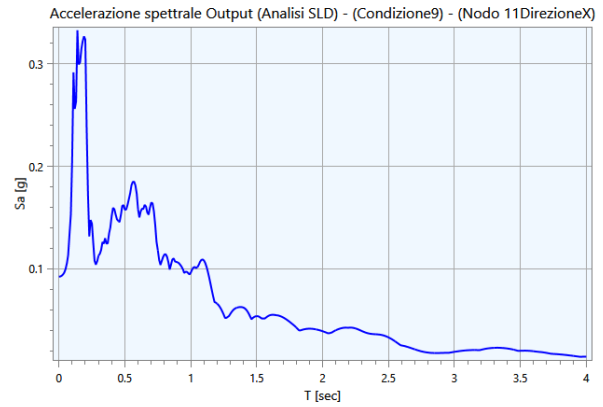
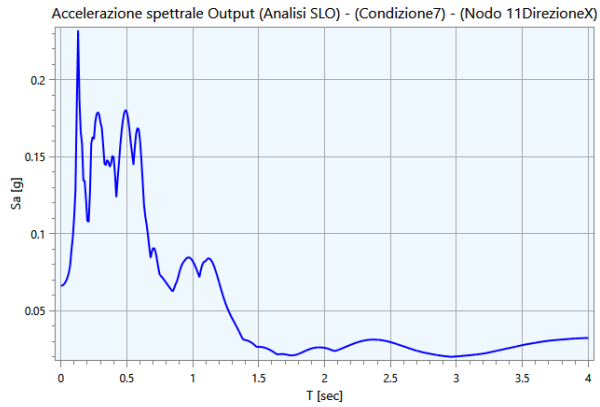
## 5 - Output

Nei paragrafi successivi vengono riportate le informazioni relative ai risultati del calcolo.

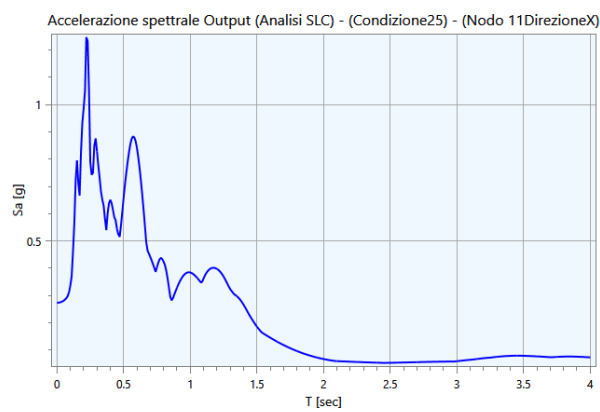
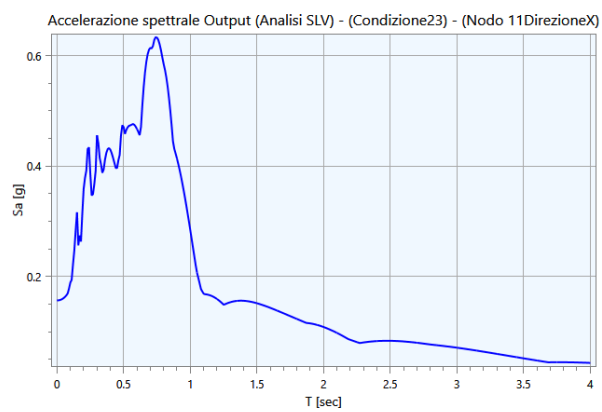
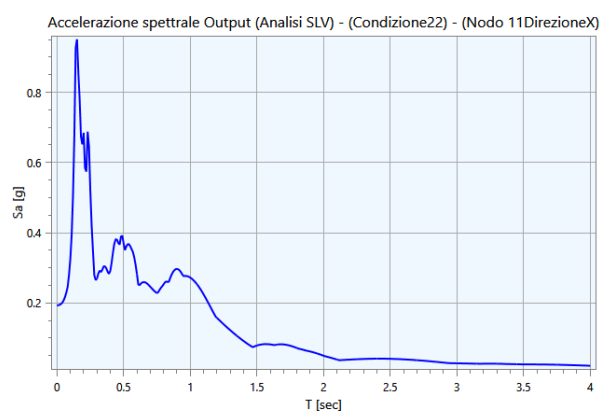
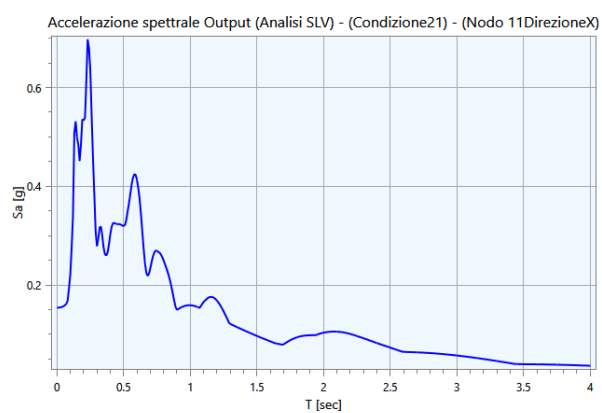
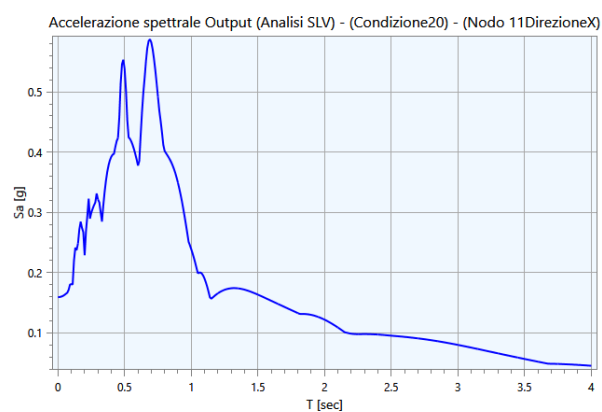
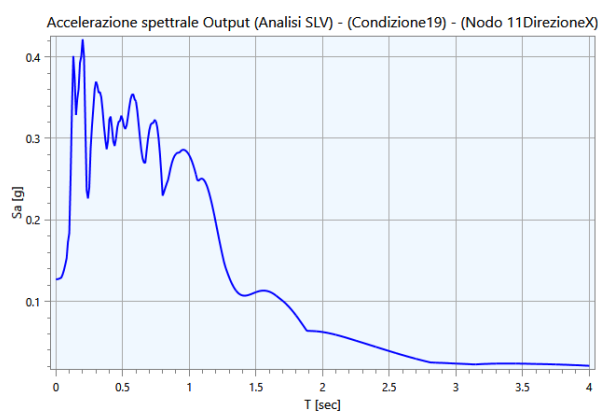
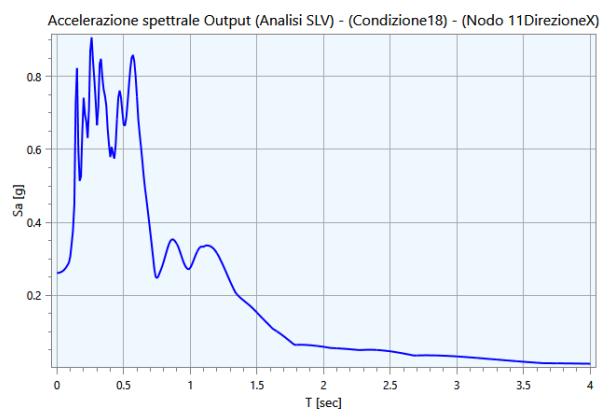
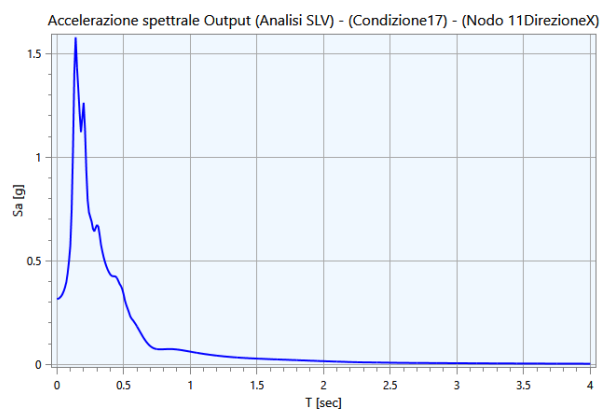
### 5.1 - Spettri Output

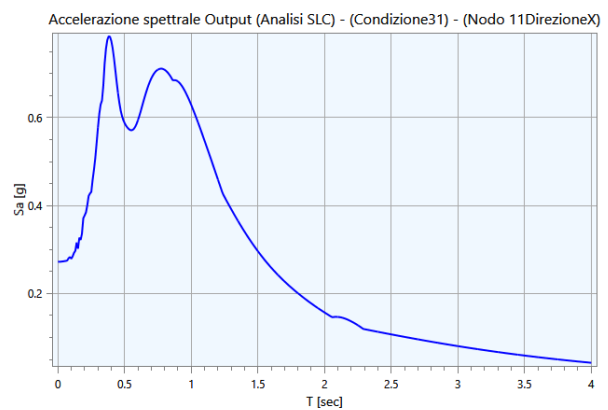
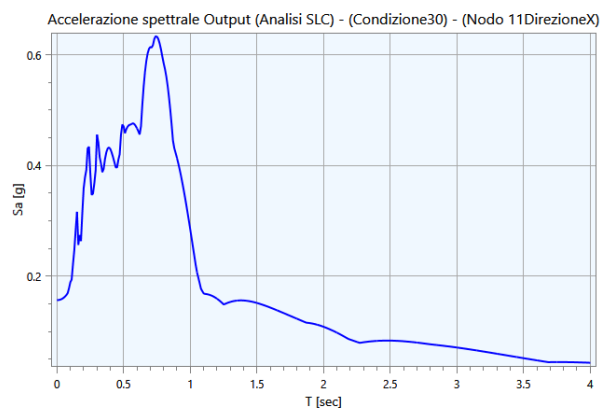
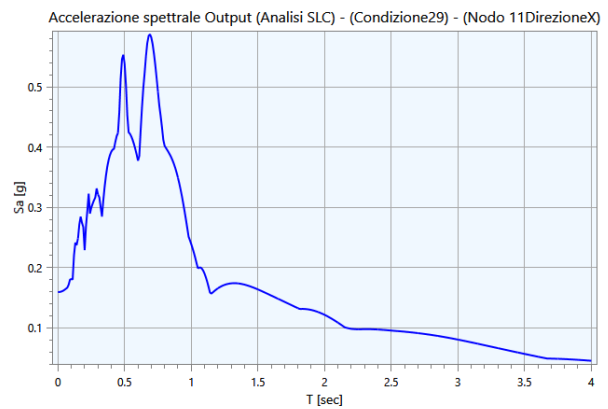
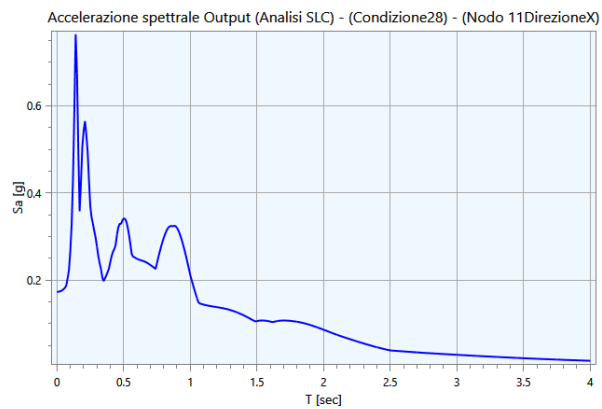
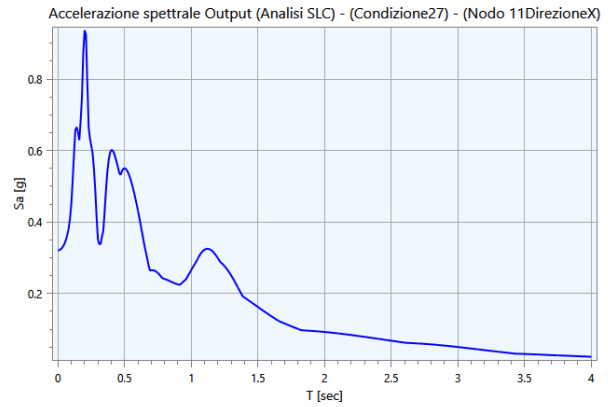
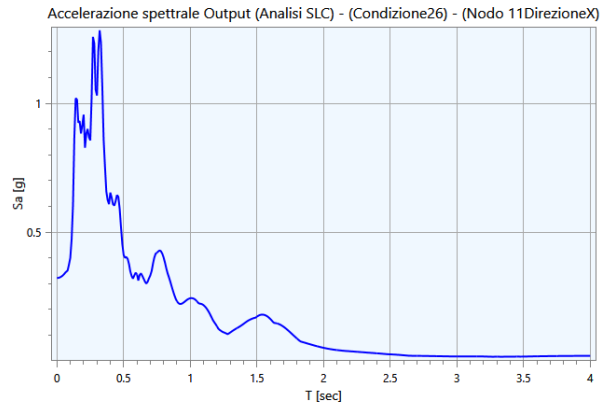
Di seguito vengono riportati gli spettri relativi alle varie analisi effettuate ed alle rispettive condizioni di carico per i cinematismi di controllo:





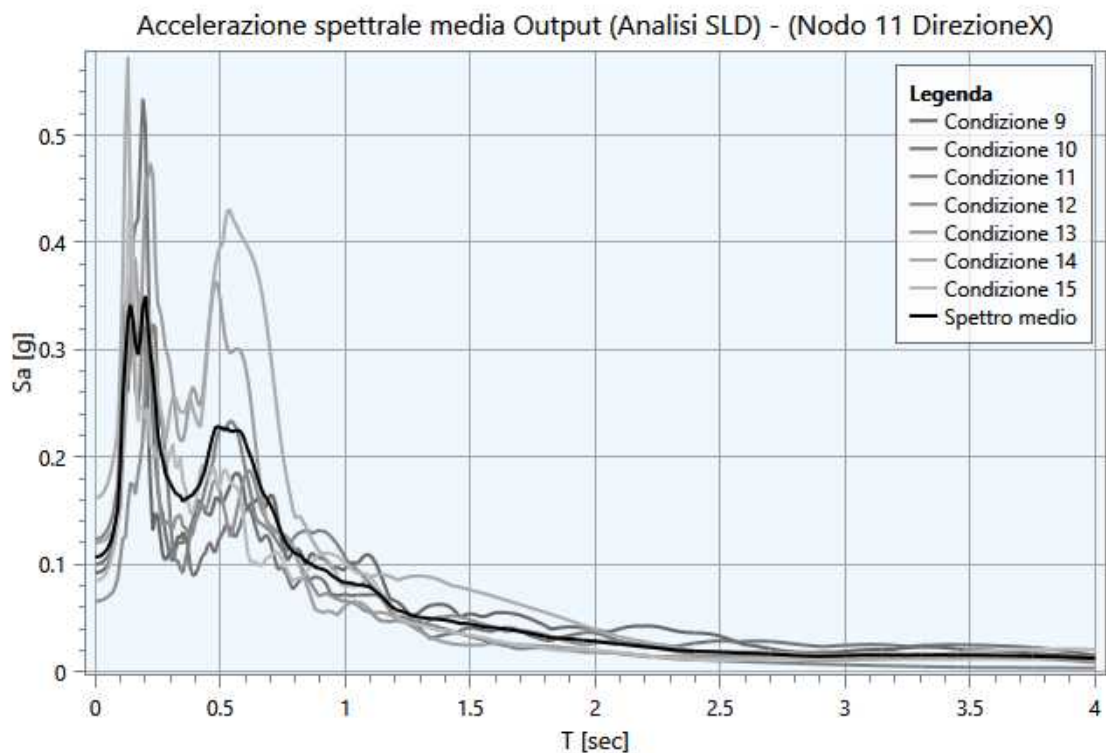
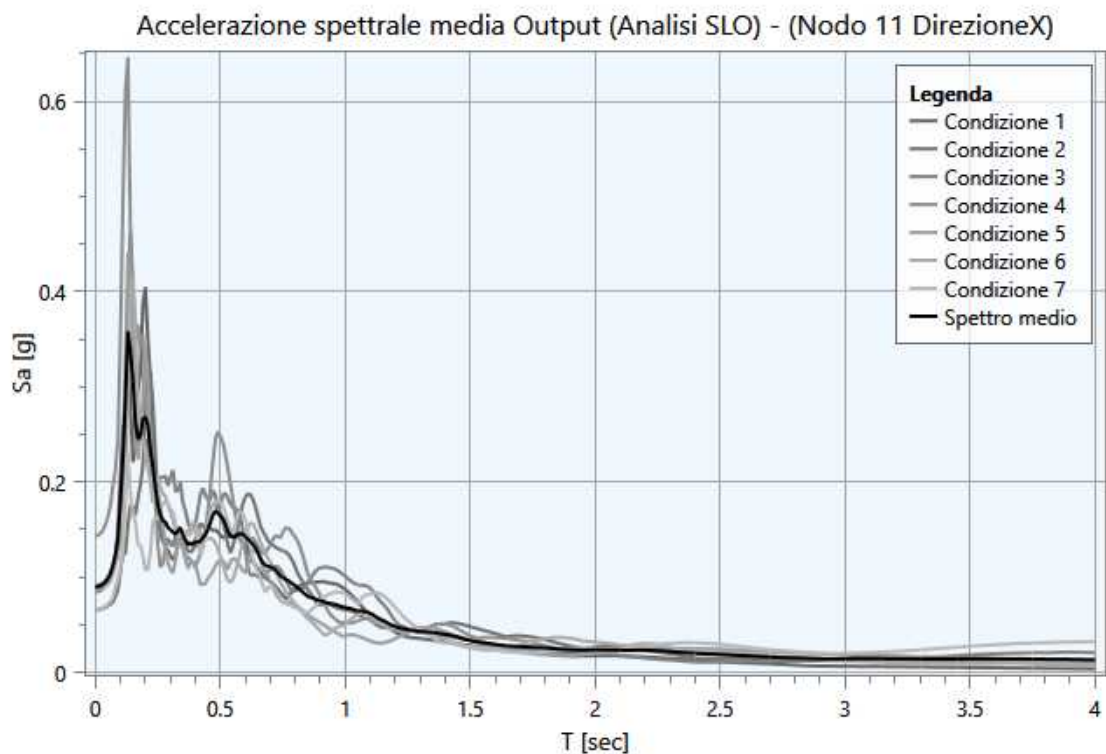


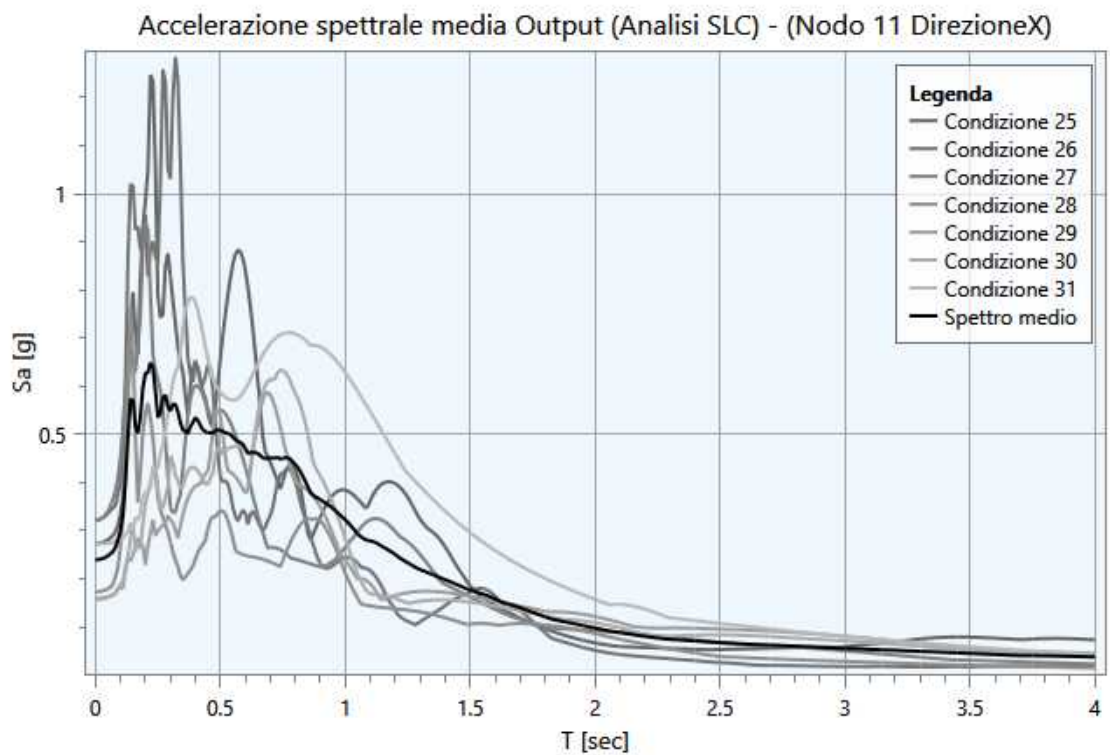
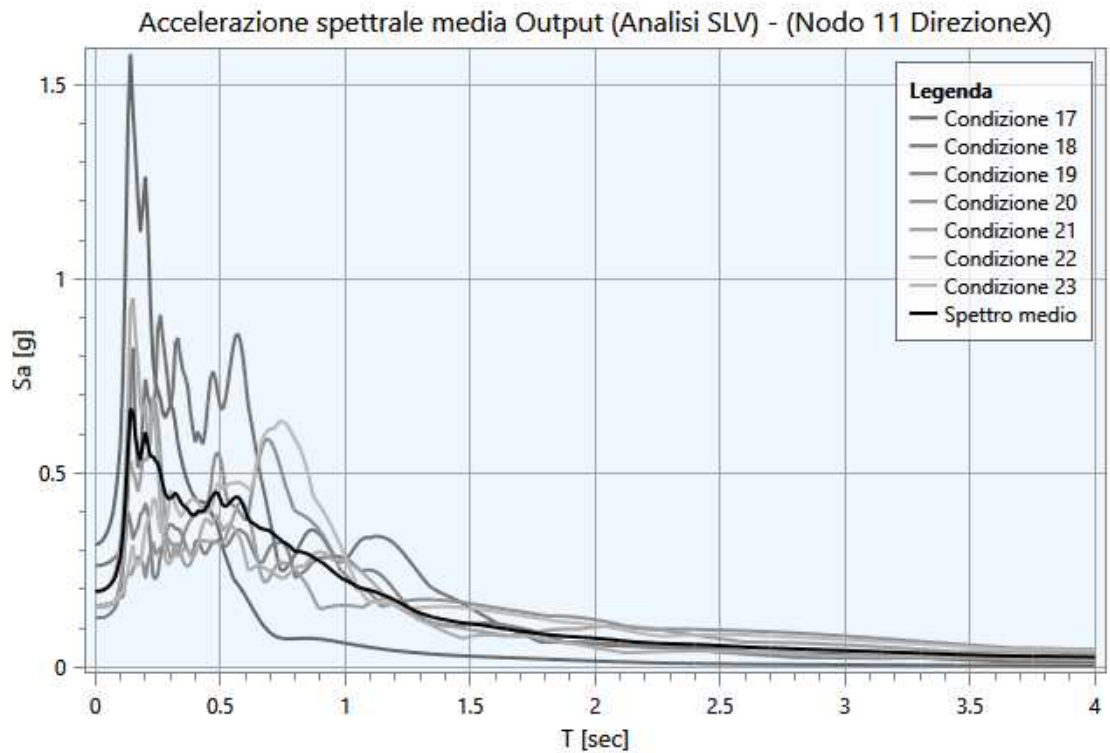




## 5.2 - Interpretazione dei risultati

Di seguito vengono riportati gli spettri relativi alle varie analisi effettuate ed alle rispettive condizioni di carico per i cinematismi di controllo:





### 5.3 - Parametrizzazione dello spettro di risposta derivante dalla RSL

La parametrizzazione degli spettri di risposta ottenuti nei vari punti di controllo 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  $T_0, T_b, T_c, T_d, T_4$ .

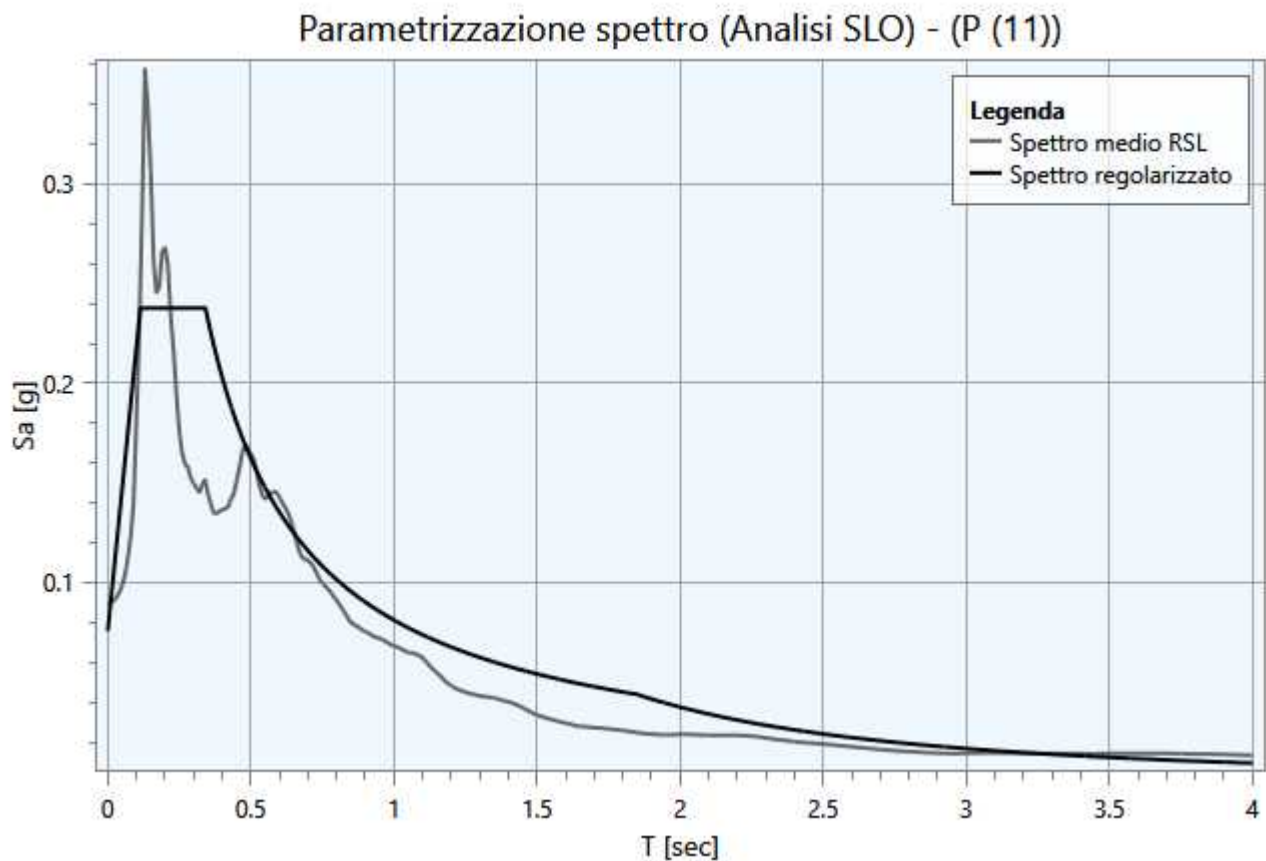
Di seguito vengono riportati, per ogni analisi, i parametri degli spettri parametrizzati per i vari punti di controllo presenti nella sezione oggetto di studio.

## Analisi SLO

Punto di controllo	$A_g [g]$	$F0$	$S$	$A_{max} [g]$	$T_b [sec]$	$T_c [sec]$	$T_d [sec]$
P (11)	0.062	3.143	1.220	0.076	0.114	0.341	1.848

dove:

- $A_g$  : punto di ancoraggio a  $T=0$  dello spettro output di Normativa;
- $F0$  : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro output parametrizzato;
- $S$  : coefficiente che tiene conto degli effetti di amplificazione (stratigrafici e/o topografici);
- $A_{max}$  : punto di ancoraggio a  $T=0$  dello spettro parametrizzato di output;
- $T_b$  : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato ad accelerazione costante;
- $T_c$  : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato a velocità costante;
- $T_d$  : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato a spostamento costante.

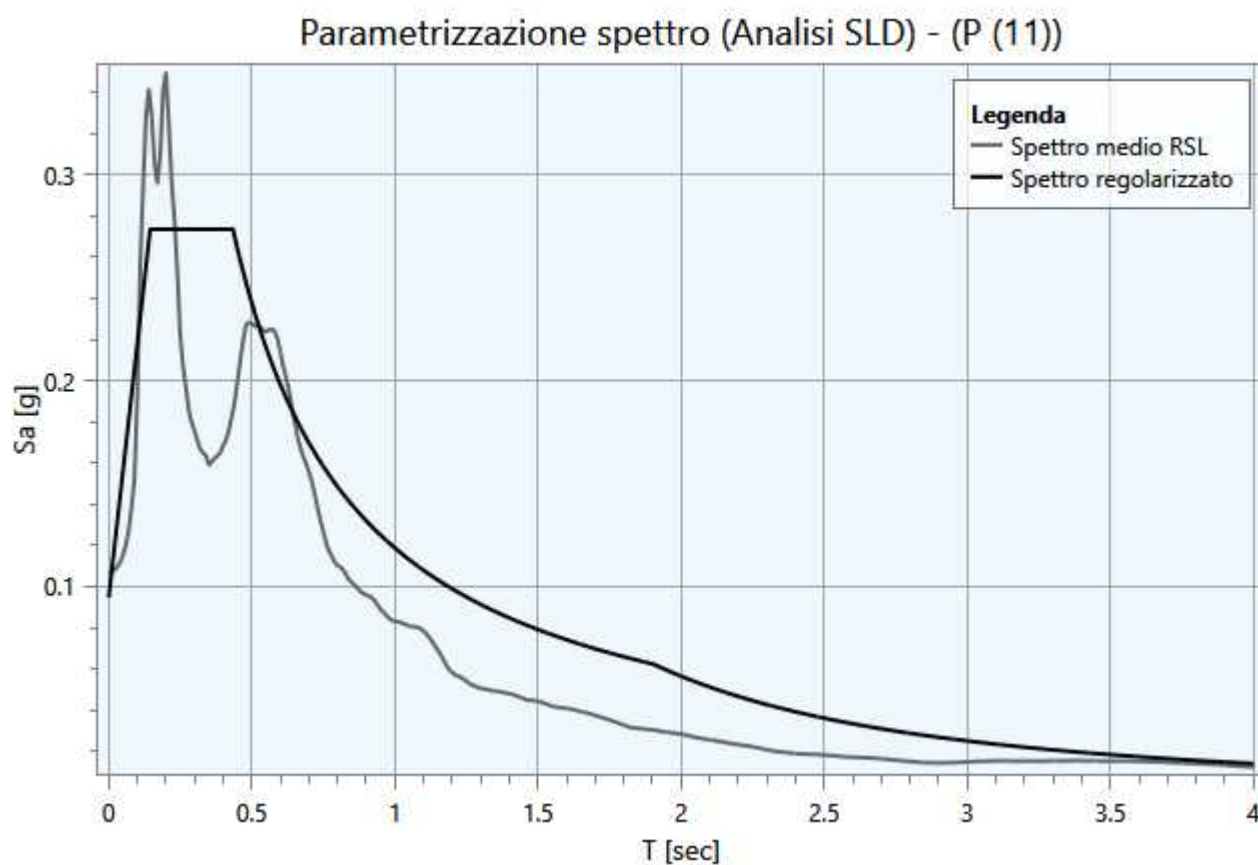


## Analisi SLD

Punto di controllo	$A_g$ [g]	$F0$	$S$	$A_{max}$ [g]	$T_b$ [sec]	$T_c$ [sec]	$T_d$ [sec]
P (11)	0.076	2.886	1.248	0.095	0.145	0.434	1.904

dove:

- $A_g$  : punto di ancoraggio a  $T=0$  dello spettro output di Normativa;
- $F0$  : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro output parametrizzato;
- $S$  : coefficiente che tiene conto degli effetti di amplificazione (stratigrafici e/o topografici);
- $A_{max}$  : punto di ancoraggio a  $T=0$  dello spettro parametrizzato di output;
- $T_b$  : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato ad accelerazione costante;
- $T_c$  : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato a velocità costante;
- $T_d$  : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato a spostamento costante.



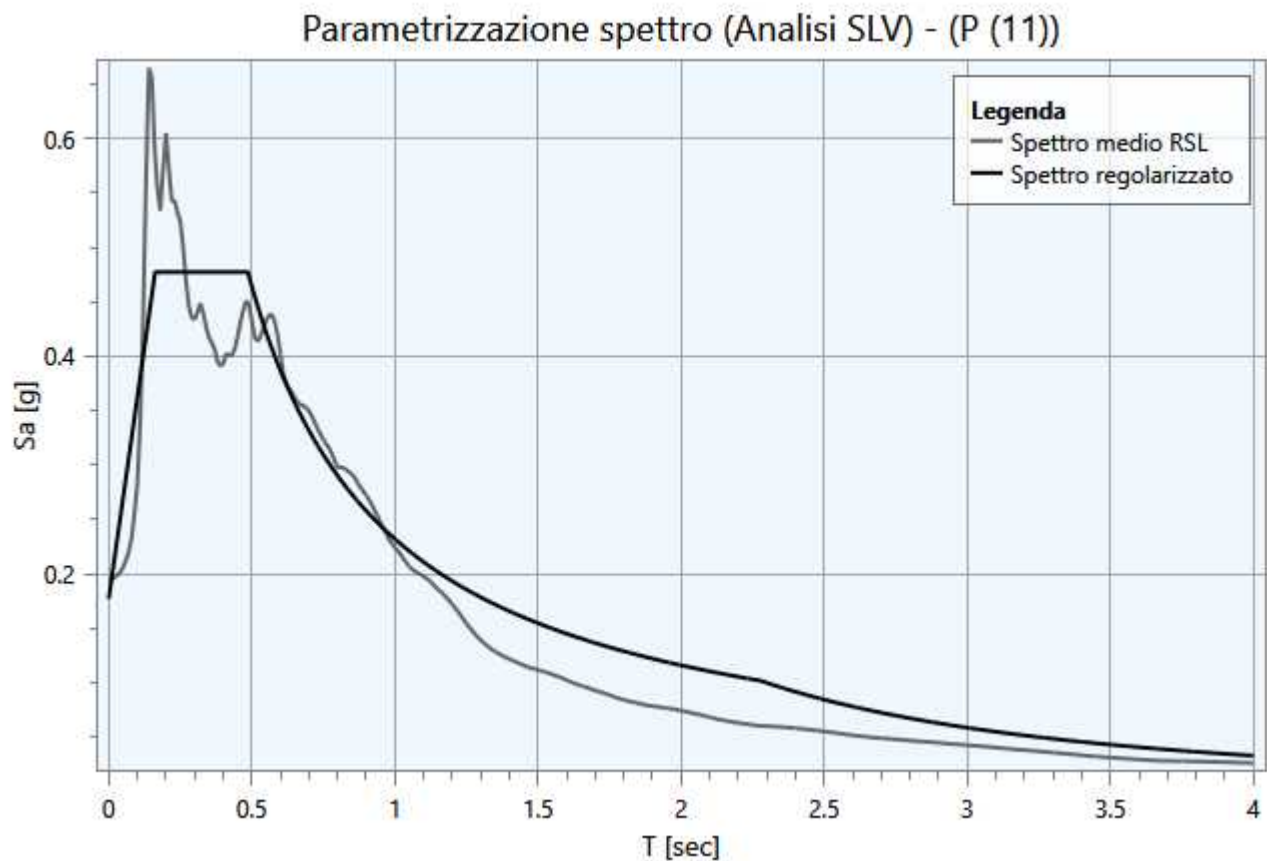


## Analisi SLV

Punto di controllo	$A_g [g]$	$F0$	$S$	$A_{max} [g]$	$T_b [sec]$	$T_c [sec]$	$T_d [sec]$
P (11)	0.169	2.694	1.048	0.177	0.162	0.486	2.276

dove:

- $A_g$  : punto di ancoraggio a  $T=0$  dello spettro output di Normativa;
- $F0$  : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro output parametrizzato;
- $S$  : coefficiente che tiene conto degli effetti di amplificazione (stratigrafici e/o topografici);
- $A_{max}$  : punto di ancoraggio a  $T=0$  dello spettro parametrizzato di output;
- $T_b$  : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato ad accelerazione costante;
- $T_c$  : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato a velocità costante;
- $T_d$  : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato a spostamento costante.

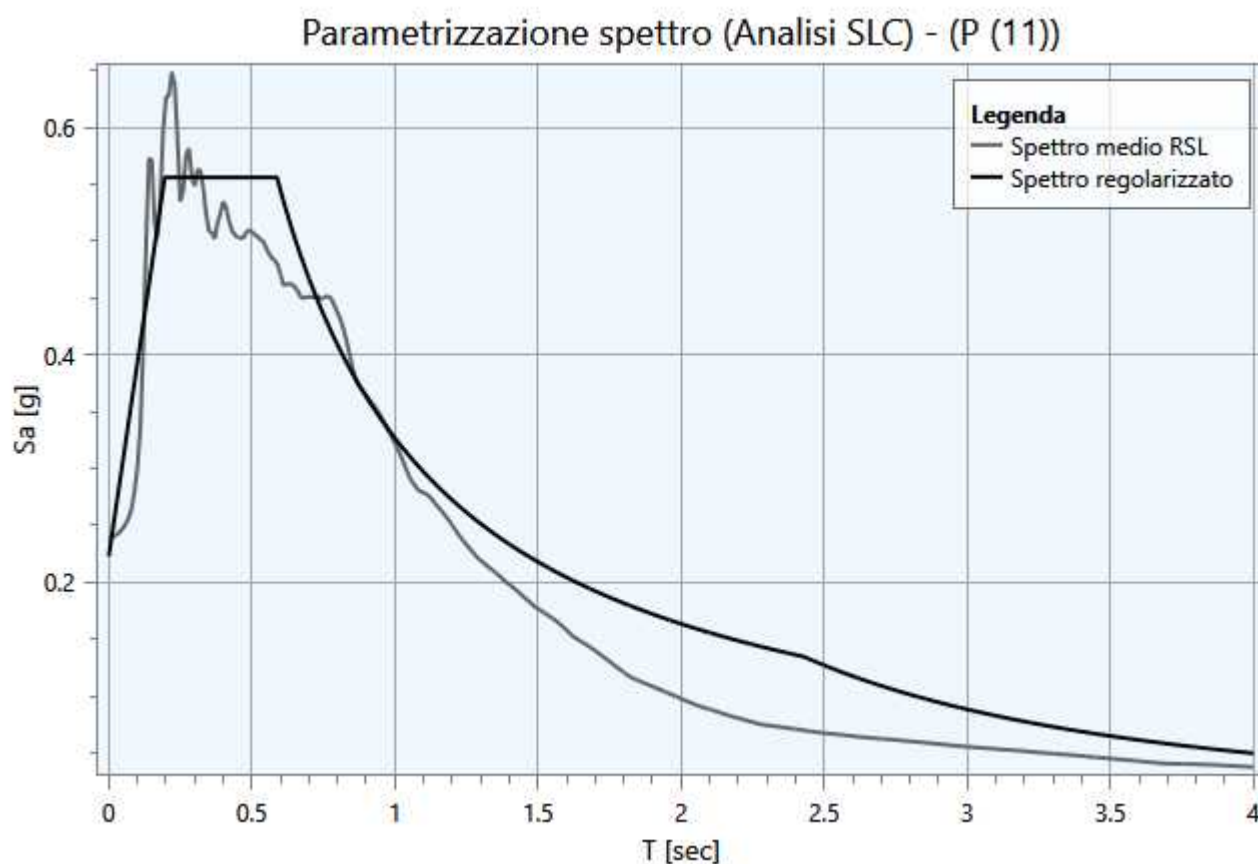


## Analisi SLC

Punto di controllo	$A_g [g]$	$F0$	$S$	$A_{max} [g]$	$T_b [sec]$	$T_c [sec]$	$T_d [sec]$
P (11)	0.207	2.495	1.077	0.223	0.196	0.588	2.428

dove:

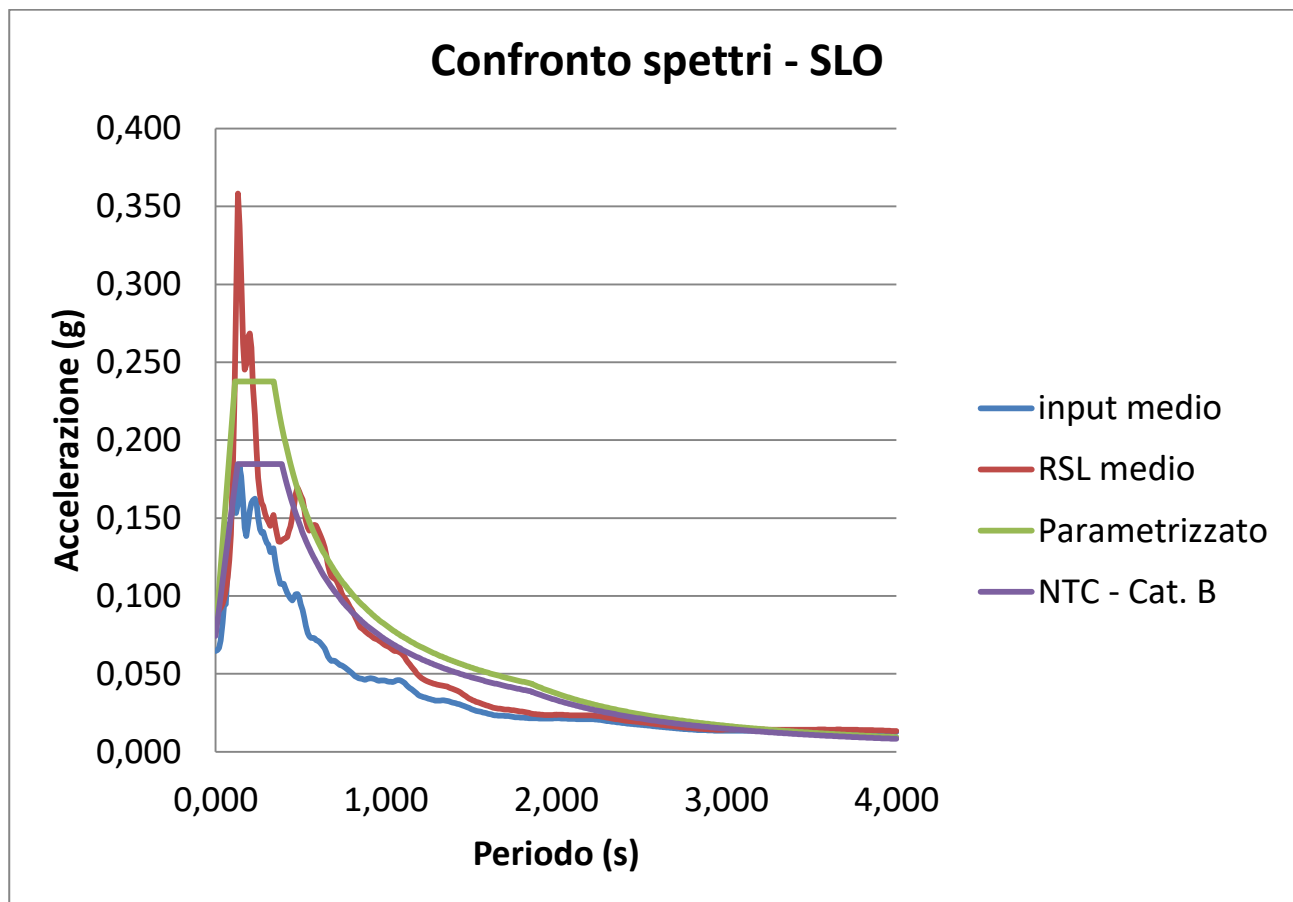
- $A_g$  : punto di ancoraggio a  $T=0$  dello spettro output di Normativa;
- $F0$  : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro output parametrizzato;
- $S$  : coefficiente che tiene conto degli effetti di amplificazione (stratigrafici e/o topografici);
- $A_{max}$  : punto di ancoraggio a  $T=0$  dello spettro parametrizzato di output;
- $T_b$  : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato ad accelerazione costante;
- $T_c$  : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato a velocità costante;
- $T_d$  : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro parametrizzato a spostamento costante.

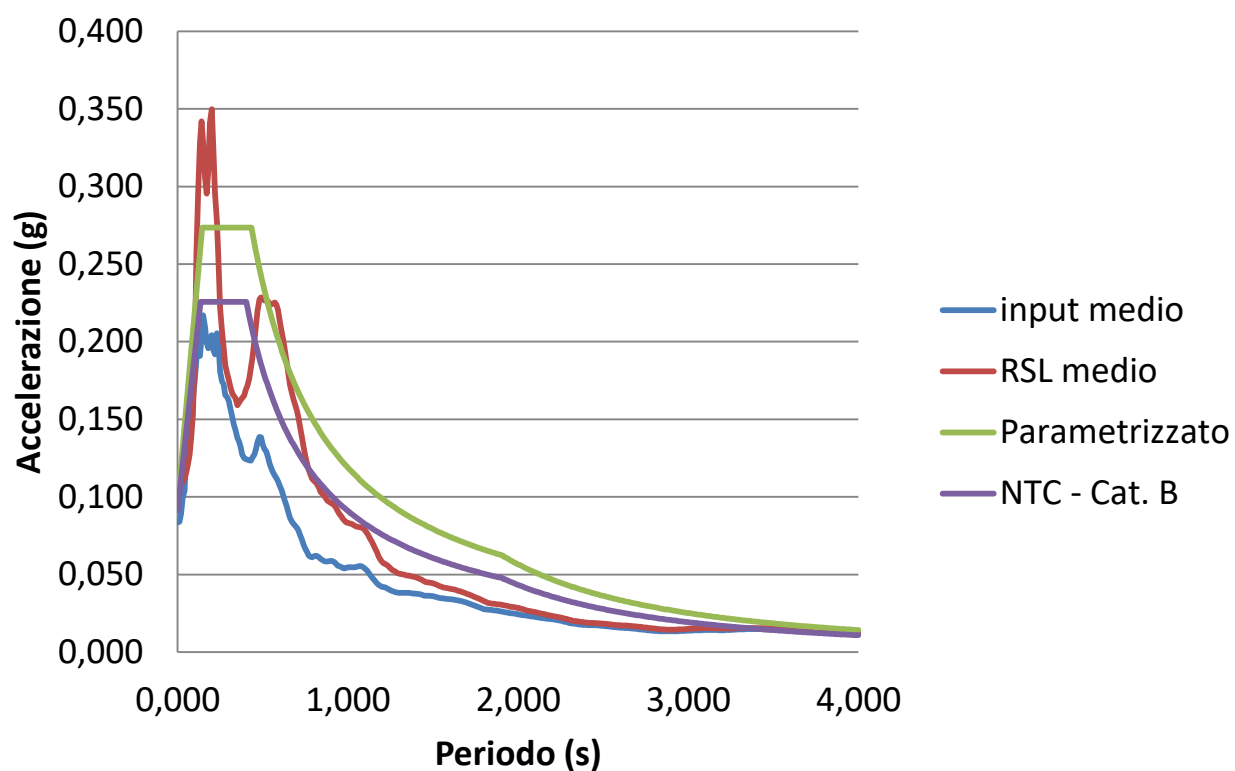
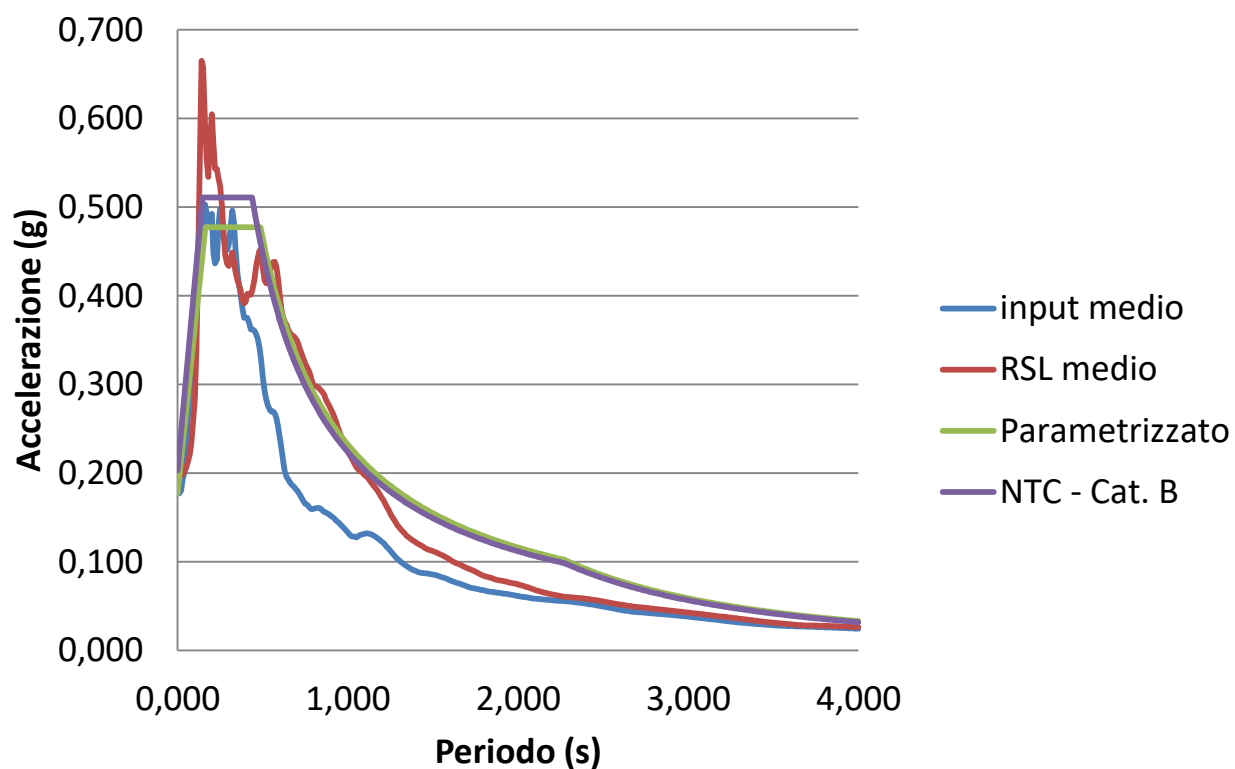


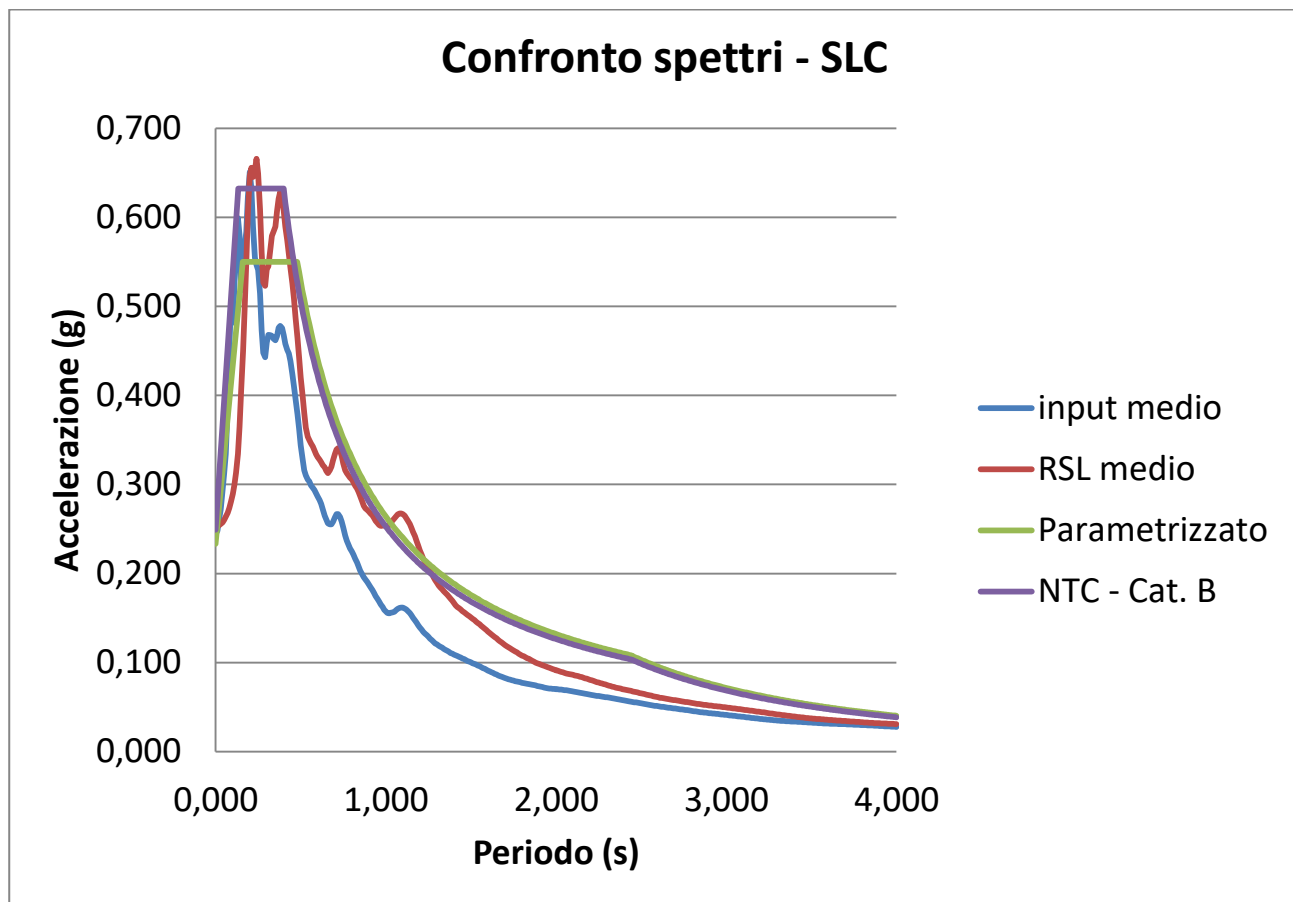
## 5.4 - Confronto tra gli spettri

Di seguito vengono graficizzati per i vari stati limite il confronto tra i seguenti spettri:

- Spettro di normativa ottenuto col metodo semplificato;
- Spettro medio di input;
- Spettro medio di output, ottenuto con lo studio di RSL;
- Spettro normalizzato, ottenuto applicando i suggerimenti dagli “Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica” (GdL MS, 2008 – parti I e II – punto 2.5.4.3.1 pag 92.)



**Confronto spettri - SLD****Confronto spettri - SLV**





Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

### SCHEDA RIASSUNTIVA DEL CAMPIONE

**N° D'ORDINE:** 49/22  
**SONDAGGIO:** 1  
**CAMPIONE:** 1  
**PROFONDITA':** 2,6-3,2  
**TITOLO DEL LAVORO:** Interventi Centro anziani  
**DESCRIZIONE:** Limi sabbioso argillosi marrone rossiccio poco consolidati

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma  
**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro  
**DATA INIZIO:** 08/06/22  
**DATA FINE:** 24/06/22

PARAMETRO GEOTECNICO	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA
PESO DI VOLUME APPARENTE	$\gamma$	14,57	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME SECCO	$\gamma_d$	9,04	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME SATURO	$\gamma_{sat}$	15,56	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME IMMERSO	$\gamma_{imm}$	5,56	kN/m <sup>3</sup>
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	$\gamma_s$	25,92	kN/m <sup>3</sup>
INDICE DEI VUOTI	e	1,866	
POROSITA'	n	65,11	%
GRADO DI SATURAZIONE INIZIALE	Sr	84,86	%
UMIDITA' NATURALE	w	61,09	%
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL	NP	%
LIMITE DI PLASTICITA'	LP	NP	%
INDICE DI PLASTICITA'	IP	NP	%
LIMITE DI RITIRO	LR		%
INDICE DI CONSISTENZA	Ic		
ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO	$\phi'$	26	°
COESIONE DRENATA	c'	12	kPa
ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO	$\phi_{res}$	-	°
COESIONE RESIDUA	c <sub>res</sub>	-	kPa
COESIONE NON DRENATA	Cu	-	kPa
<b>ANALISI GRANULOMETRICA</b>			
PARTE GROSSOLANA	GHIAIA (%)	SABBIA (%)	LIMO+ARGILLA (%)
(% trattenuta al setaccio n°200)	1,52	22,73	75,75
PARTE FINA	SABBIA (%)	LIMO (%)	ARGILLA (%)
(% passante al setaccio n°200)	2,56	66,16	31,28
GRANULOMETRIA CUMULATIVA	GHIAIA (%)	SABBIA (%)	LIMO (%) ARGILLA (%)
	1,52	24,67	50,12 23,69
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
INDICE DI GRUPPO			

Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*David Severini*

*Fabio Bonazzi Bonaca*



# GEO ECO TEST

## LABORATORIO TERRE

Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Mail: [geocotest@gmail.com](mailto:geocotest@gmail.com)

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 1

**PROFONDITA':** 2,6-3,2

**TITOLO DEL LAVORO:** Interventi Centro anziani

**DESCRIZIONE:** Limi sabbioso argillosi marrone rossiccio poco consolidati

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

QUALITA' DEL CAMPIONE	Q5
-----------------------	----



Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

*David Severini*

Il direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*Fabio Bonazzi Bonaca*





Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170

Email: geocotest@gmail.com

**MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA**  
**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME**  
**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANULI SOLIDI**

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 1

**PROFONDITA':** 2,6-3,2

**N° CERTIFICATO:** 667/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Limi sabbioso argillosi marrone rossiccio poco consolidati

**MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA**

Tara Contenitore	20,88 g
Massa umida del terreno + Tara	113,69 g
Massa secca del terreno + Tara	78,49 g
Massa Netta Secca del terreno	57,62 g
Massa del contenuto in Acqua nel terreno	35,20 g
<b>MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA (w)</b>	<b>61,09</b> %

**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME**

Volume Fustella	40,00 cm <sup>3</sup>
Tara Fustella	58,91 g
Massa del Terreno e della Fustella	117,19 g
<b>PESO DELL'UNITA' DI VOLUME (γ)</b>	<b>14,57</b> kN/m <sup>3</sup>

**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANULI SOLIDI**

	PROVA 1	PROVA 2
Volume del Picnometro	75,00	75,00 (cm <sup>3</sup> )
Tara Picnometro	48,37	29,94 (g)
Massa secca del terreno + Tara	73,36	50,01 (g)
Temperatura di prova	33,00	32,00 (°C)
Peso di volume Acqua T° (γ <sub>w</sub> )	0,99473	0,9951 (kN/m <sup>3</sup> )
Massa Netta Secca del terreno (p)	24,99	20,07 (g)
Massa acqua e picnometro (p1)	122,73	80,30 (g)
Massa acqua picnometro e terreno (p2)	138,117	92,67 (g)
<b>Peso dell'unità di volume dei granuli solidi (γ<sub>s</sub>)</b>	<b>25,88</b>	<b>25,96</b> (kN/m <sup>3</sup> )
<b>Valore medio (γ<sub>s</sub>)</b>	<b>25,92</b>	(kN/m <sup>3</sup> )

Lo sperimentatore  
 Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
 Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*David Severini*

*Fabio Bonazzi Bonaca*



Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 1

**PROFONDITA':** 2,6-3,2

**N° CERTIFICATO:** 668/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

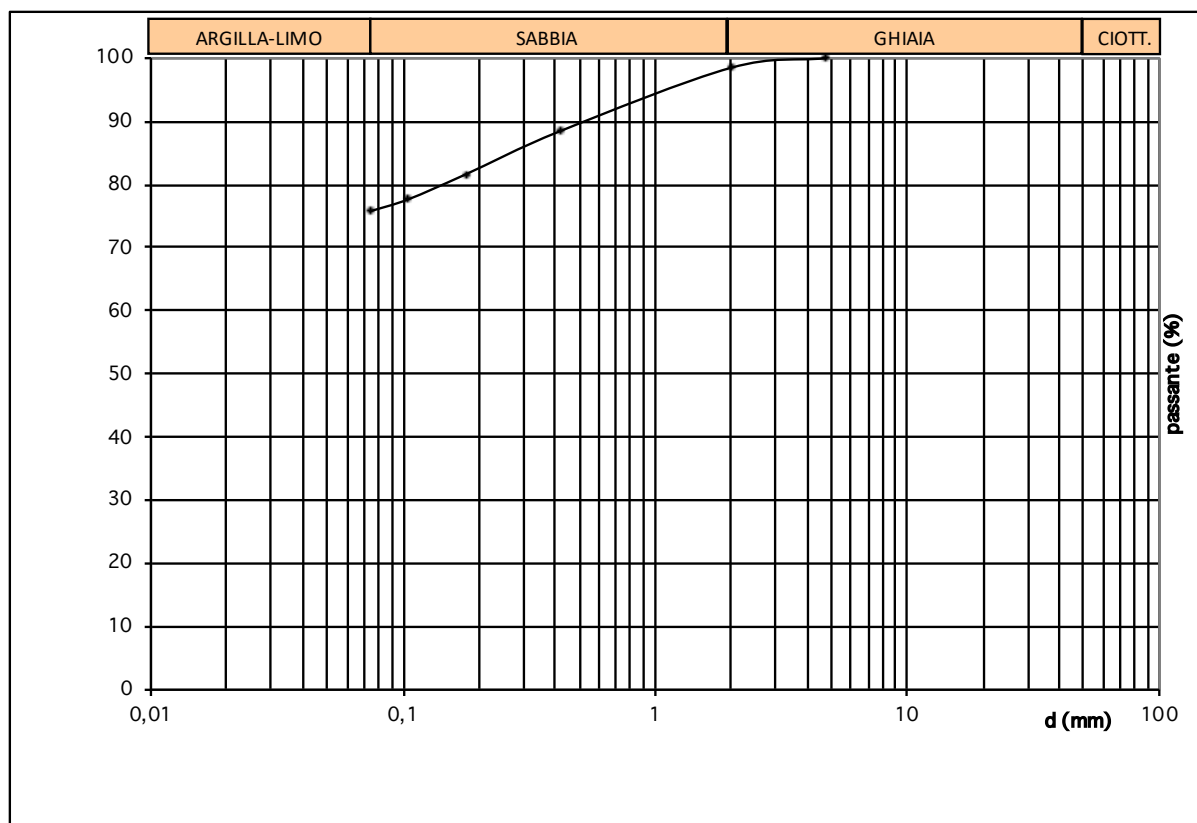
**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione:** Limi sabbiosi argillosi marrone rossiccio poco consolidati

**Tipo di prova:** per via umida  
**Peso totale del campione (g):** 1269

**Umidità (%):** 61,1  
**Peso secco (g):** 788

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Peso netto trattenuto (g)	Trattenuto (%)	Passante (%)
N4	4,76	0	0,00	100,00
N10	2,00	12	1,52	98,48
N40	0,42	91	11,55	88,45
N80	0,177	145	18,41	81,59
N140	0,105	176	22,34	77,66
N200	0,074	191	24,25	75,75



Lo sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Pagina 1/1



## ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

N° D'ORDINE: 49/22

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': 2,6-3,2

N° CERTIFICATO: 669/22

COMMITTENTE: Città Metropolitana di Roma

LOCALITA': Via del Pantanaccio - Colleferro

DATA INIZIO: 08/06/22

DATA FINE: 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

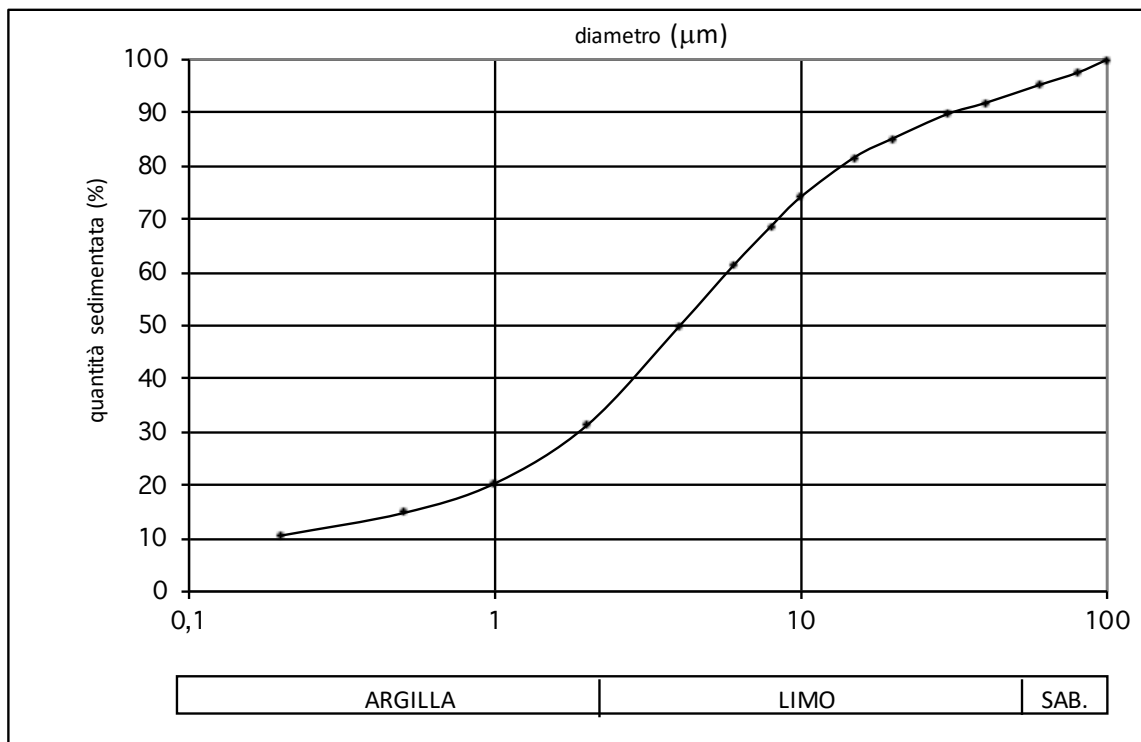
**Descrizione del campione:** Limi sabbioso argillosi marrone rossiccio poco consolidati

Peso totale del campione (g): 40

Temperatura di prova (°C): 20

Peso specifico dei granuli (kN/m<sup>3</sup>): 25,92

DIAMETRO ( $\mu\text{m}$ )	QUANTITA' %
0,2	Argilla 10,53
0,5	14,74
1	20,35
2	31,28
4	Limo 49,87
6	61,24
8	68,74
10	74,22
15	81,69
20	85,21
30	89,74
40	91,85
60	95,23
80	Sabbia 97,54
100	100,00



Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170

Email: geoecotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 1

**PROFONDITA':** 2,6-3,2

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Limi sabbioso argillosi marrone rossiccio poco consolidati

Peso totale del campione (g): 1269

Peso secco (g) : 788

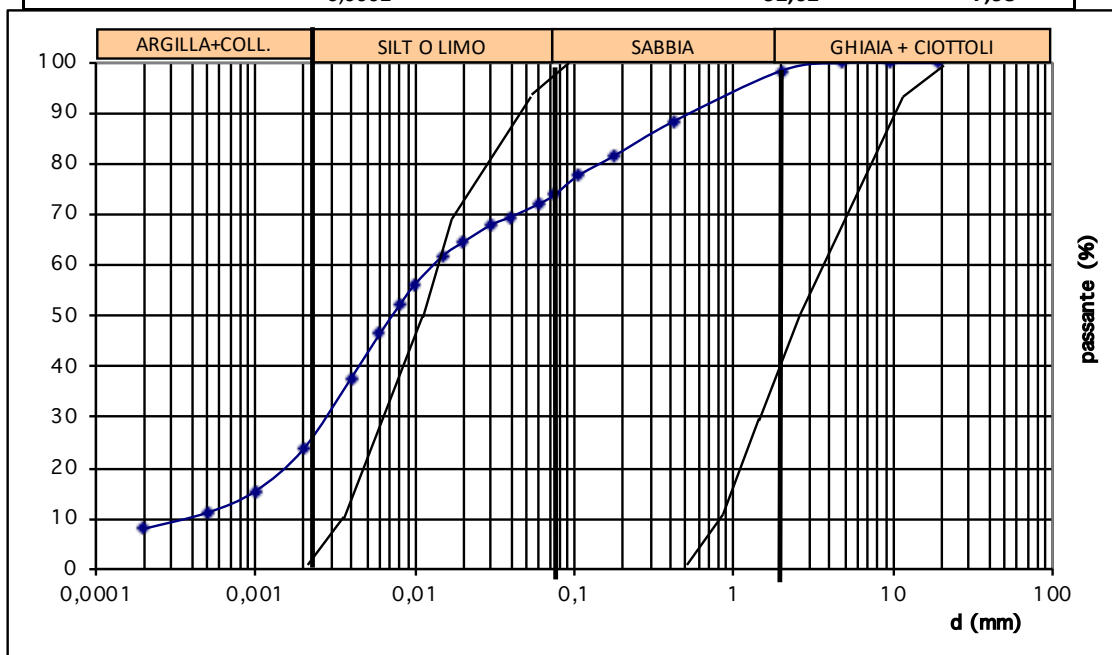
Peso per aerometri 40

Peso specifico (kN/m<sup>3</sup>): 25,62

Granulometria  
per via umida

Aerometria con  
densimetro

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Trattenuto (%)	Passante (%)
1 1/2	38,1	0,00	100,00
1	25,4	0,00	100,00
3/4	19,05	0,00	100,00
3/8	9,53	0,00	100,00
N4	4,76	0,00	100,00
N10	2,00	1,52	98,48
N40	0,42	11,55	88,45
N80	0,177	18,41	81,59
N140	0,105	22,34	77,66
N200	0,074	26,11	73,89
	0,06	27,86	72,14
	0,040	30,42	69,58
	0,03	32,02	67,98
	0,020	35,45	64,55
	0,015	38,12	61,88
	0,010	43,78	56,22
	0,008	47,93	52,07
	0,006	53,61	46,39
	0,004	62,22	37,78
	0,002	76,30	23,70
	0,001	84,58	15,42
	0,0005	88,83	11,17
	0,0002	92,02	7,98



Lo sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

*David Severini*

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*Fabio Bonazzi Bonaca*



**GEO ECO TEST**  
LABORATORIO TERRE

## DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA DI ATTERBERG

Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 1

**PROFONDITA':** 2,6-3,2

**N° CERTIFICATO:** 670/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

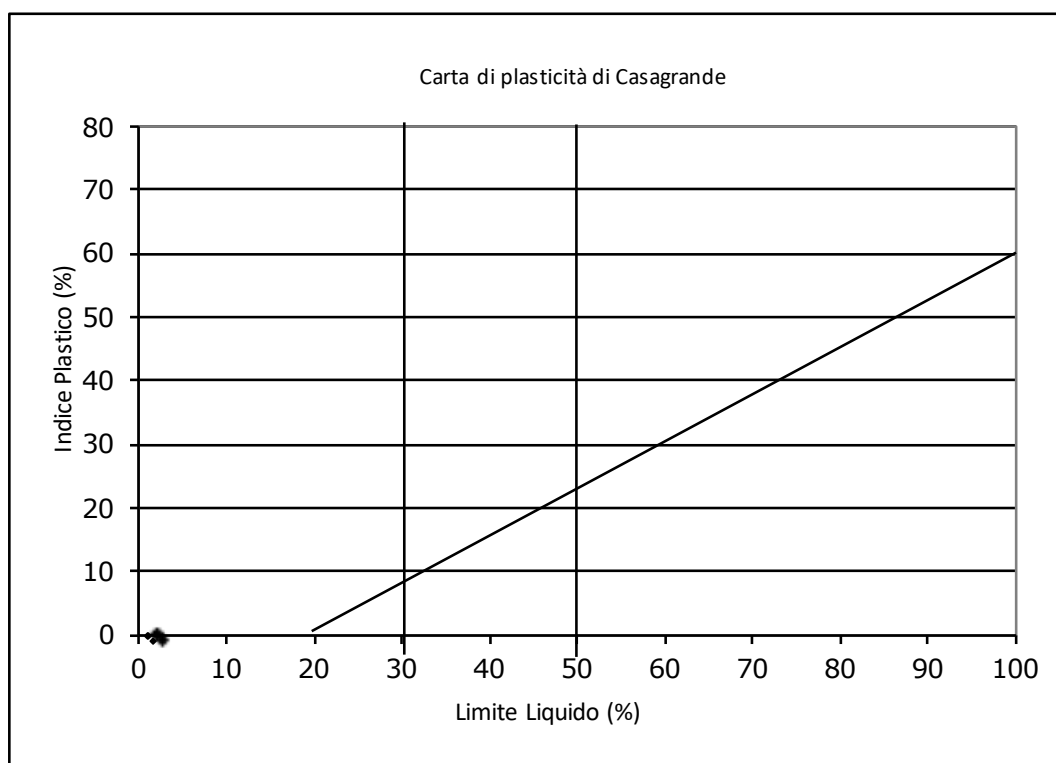
**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione:** Limi sabbioso argillosi marrone rossiccio poco consolidati



Contenuto naturale d'acqua	61,1	%
Limite Liquido	NP	%
Limite Plastico	NP	%
Indice Plastico	NP	%
Limite di Ritiro		%
Indice di Consistenza		
Classificazione del Materiale:	Limi non plastici	

Lo sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

**GEO ECO TEST**

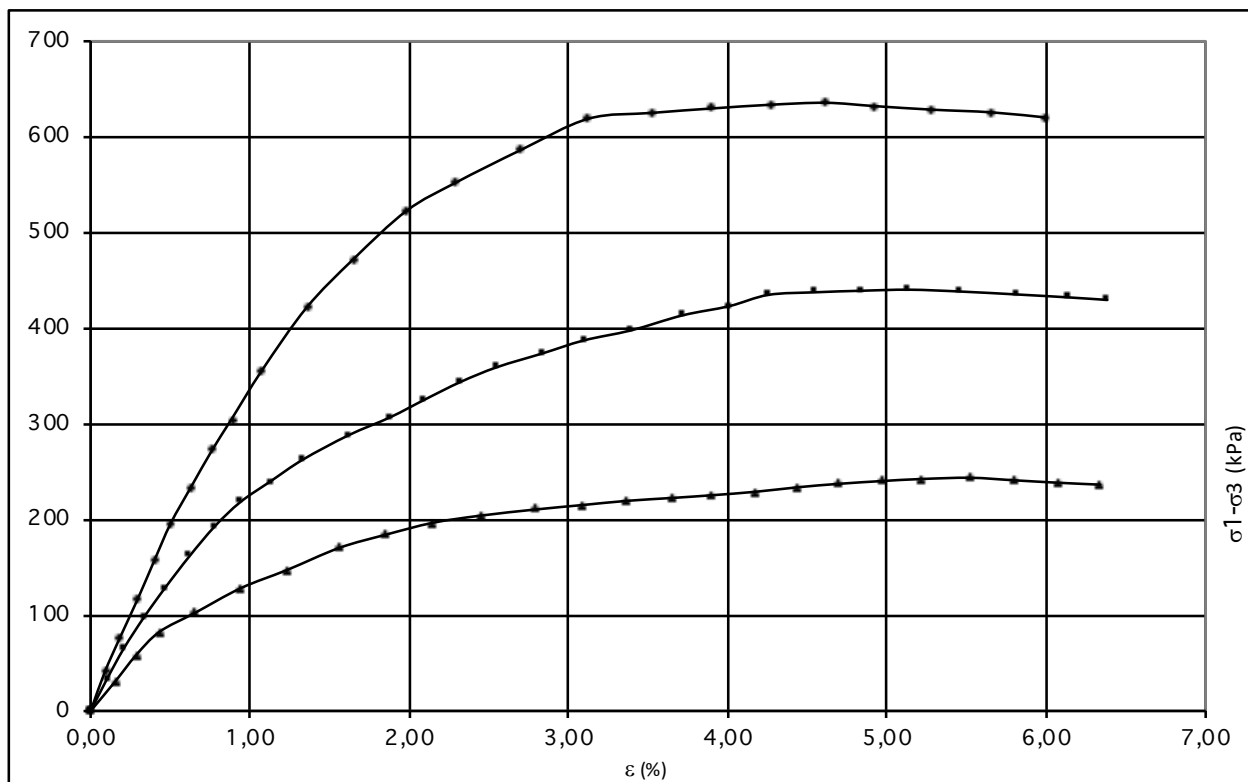
LABORATORIO TERRE

**PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE****N° D'ORDINE:** 49/22**SONDAGGIO:** 1**CAMPIONE:** 1**PROFONDITA':** 2,6-3,2**N° CERTIFICATO:** 671/22**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro**DATA INIZIO:** 08/06/22**DATA FINE:** 24/06/22**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani**Descrizione del campione :** Limi sabbioso argillosi marrone rossiccio poco consolidati**Tipo prova:** consolidata drenata**Velocità di prova:** 0,0002 mm/min**Dati provino**

	H in (mm)	A in (cm <sup>2</sup> )	$\gamma$ in (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ in (g/cm <sup>3</sup> )	W in (%)	W fin (%)	Sr in (%)	Sr fin (%)
Provino 1	76,2	11,4	1,45	0,90	60,61	71,24	84,10	99,70
Provino 2	76,2	11,4	1,45	0,90	61,53	71,25	84,88	99,07
Provino 3	76,2	11,4	1,45	0,90	61,32	71,23	84,73	99,12

**Dati rottura**

	$\sigma_{1c}$ (kPa)	$\sigma_{3c}$ (kPa)	BP (kPa)	$\epsilon$ (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dV (cm <sup>3</sup> )	DV/V0 (%)	Ac (cm <sup>2</sup> )
Provino 1	543,7	300	200	5,52	243,70	1,24	1,43	12,066
Provino 2	840,3	400	200	5,14	440,30	1,18	1,36	12,018
Provino 3	1135,7	500	200	4,61	635,70	0,74	0,85	11,951

Lo Sperimentatore  
Dott. David SeveriniIl Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



**GEO ECO TEST**

LABORATORIO TERRE

## PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ORDINE: 49/22

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': 2,6-3,2

N° CERTIFICATO: 671/22

COMMITTENTE: Città Metropolitana di Roma

LOCALITA': Via del Pantanaccio - Colleferro

DATA INIZIO: 08/06/22

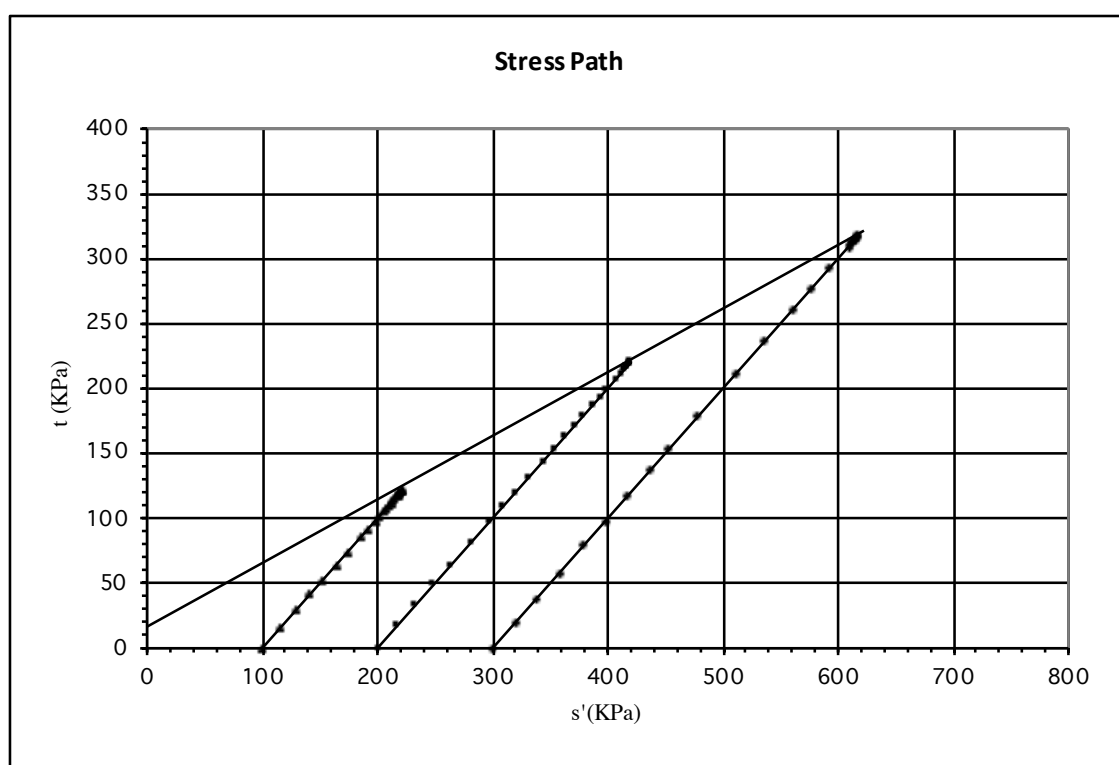
DATA FINE: 24/06/22

Titolo del lavoro: Interventi Centro anziani

Descrizione del campione: Limi sabbioso argillosi marrone rossiccio poco consolidati

Tipo prova: consolidata drenata

Velocità di prova: 0,0002 mm/min



$\phi'$	$c'$
26	12

Lo Sperimentatore  
Dott. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca





**GEO ECO TEST**

LABORATORIO TERRE

## PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ORDINE: 49/22

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': 2,6-3,2

N° CERTIFICATO: 671/22

COMMITTENTE: Città Metropolitana di Roma

LOCALITA': Via del Pantanaccio - Colleferro

DATA INIZIO: 08/06/22

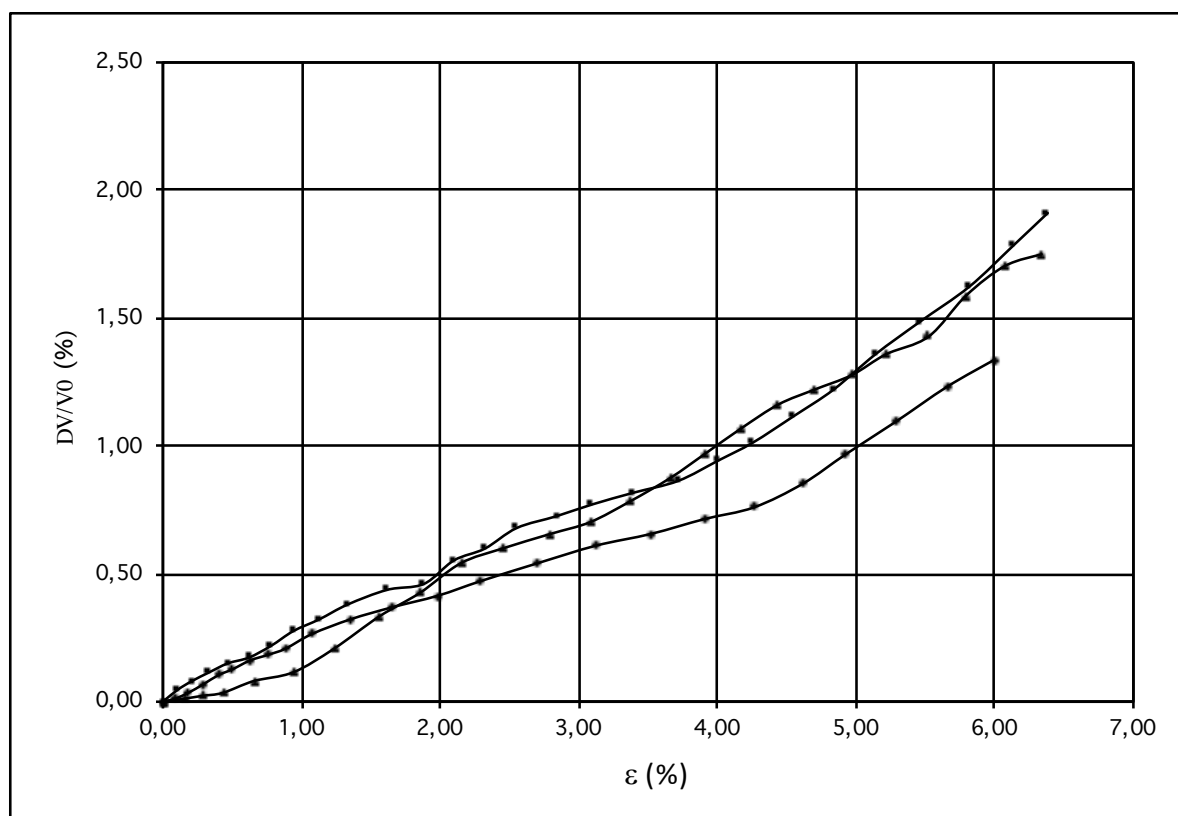
DATA FINE: 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione:** Limi sabbioso argillosi marrone rossiccio poco consolidati

**Tipo prova:** consolidata drenata

**Velocità di prova:** 0,0002 mm/min



Lo Sperimentatore  
Dott. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



**GEO ECO TEST**

LABORATORIO TERRE

## PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ORDINE: 49/22

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': 2,6-3,2

N° CERTIFICATO: 671/22

COMMITTENTE: Città Metropolitana di Roma

LOCALITA': Via del Pantanaccio - Colferro

DATA INIZIO: 08/06/22

DATA FINE: 24/06/22

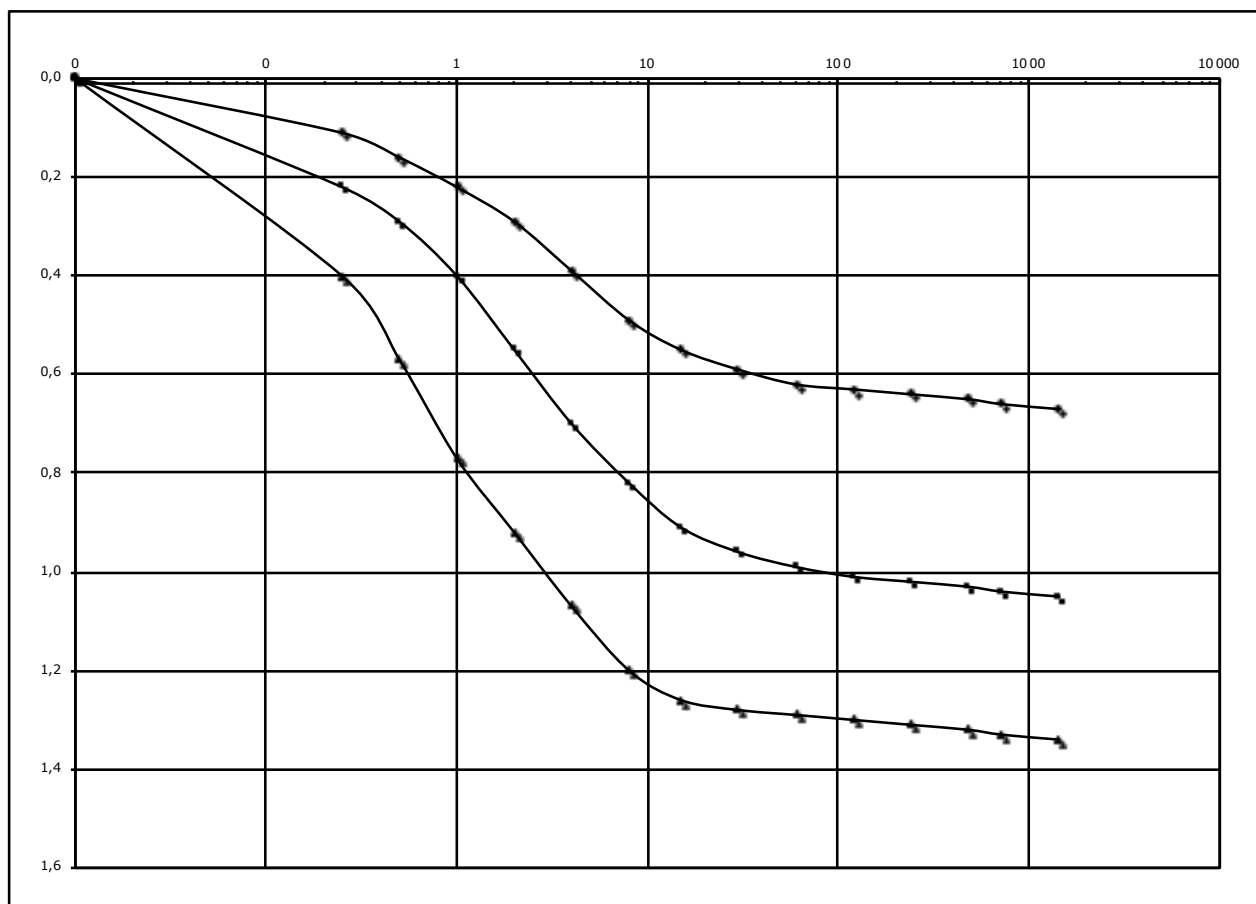
**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Limi sabbioso argillosi marrone rossiccio poco consolidati

**Tipo prova:** consolidata drenata

**Velocità di prova:** 0,0002 mm/min

### Fase di consolidazione Prova Triassiale CD



Lo Sperimentatore  
Dott. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



**GEO ECO TEST**  
LABORATORIO TERRE

## PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ORDINE: 49/22

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': 2,6-3,2

N° CERTIFICATO: 671/22

COMMITTENTE: Città Metropolitana di Roma

LOCALITA': Via del Pantanaccio - Colleferro

DATA INIZIO: 08/06/22

DATA FINE: 24/06/22

Titolo del lavoro: Interventi Centro anziani

Descrizione del campione: Limi sabbioso argillosi marrone rossiccio poco consolidati

Tipo prova: consolidata drenata

Velocità di prova: 0,0002 mm/min

PROVINO 1							
Pressione di cella (kPa): 300				Back Pressure (kPa): 200			
LETTURA	$\epsilon$ (%)	Ac (cm <sup>2</sup> )	dV (cm <sup>3</sup> )	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	DV/V0 (%)	t (kPa)	s' (kPa)
1	0,00	11,40	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2	0,15	11,42	0,01	30,60	0,012	15,30	115,30
3	0,29	11,43	0,02	58,50	0,023	29,25	129,25
4	0,43	11,45	0,03	82,70	0,035	41,35	141,35
5	0,66	11,48	0,07	102,50	0,081	51,25	151,25
6	0,94	11,51	0,10	128,20	0,115	64,10	164,10
7	1,23	11,54	0,18	147,40	0,207	73,70	173,70
8	1,56	11,58	0,29	170,50	0,334	85,25	185,25
9	1,86	11,62	0,37	184,30	0,426	92,15	192,15
10	2,15	11,65	0,47	196,60	0,541	98,30	198,30
11	2,45	11,69	0,52	204,10	0,599	102,05	202,05
12	2,80	11,73	0,57	210,60	0,656	105,30	205,30
13	3,08	11,76	0,61	215,10	0,702	107,55	207,55
14	3,37	11,80	0,68	219,60	0,783	109,80	209,80
15	3,66	11,83	0,76	222,70	0,875	111,35	211,35
16	3,90	11,86	0,84	225,50	0,967	112,75	212,75
17	4,18	11,90	0,93	229,10	1,071	114,55	214,55
18	4,44	11,93	1,01	233,80	1,163	116,90	216,90
19	4,70	11,96	1,06	237,40	1,220	118,70	218,70
20	4,97	12,00	1,11	240,30	1,278	120,15	220,15
21	5,22	12,03	1,18	242,40	1,358	121,20	221,20
22	5,52	12,07	1,24	243,70	1,427	121,85	221,85
23	5,79	12,10	1,38	241,10	1,589	120,55	220,55
24	6,07	12,14	1,48	238,50	1,704	119,25	219,25
25	6,34	12,17	1,52	236,50	1,750	118,25	218,25
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							

Lo Sperimentatore

Dott. David Severini

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



**GEO ECO TEST**  
LABORATORIO TERRE

## PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ORDINE: 49/22

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': 2,6-3,2

N° CERTIFICATO: 671/22

COMMITTENTE: Città Metropolitana di Roma

LOCALITA': Via del Pantanaccio - Colleferro

DATA INIZIO: 08/06/22

DATA FINE: 24/06/22

Titolo del lavoro: Interventi Centro anziani

Descrizione del campione: Limi sabbioso argillosi marrone rossiccio poco consolidati

Tipo prova: consolidata drenata

Velocità di prova: 0,0002 mm/min

PROVINO 2							
Pressione di cella (kPa): 400				Back Pressure (kPa): 200			
LETTURA	$\epsilon$ (%)	Ac (cm <sup>2</sup> )	dV (cm <sup>3</sup> )	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	DV/V0 (%)	t (kPa)	s' (kPa)
1	0,00	11,40	0,00	0,00	0,00	0,00	200,00
2	0,11	11,41	0,04	34,20	0,05	17,10	217,10
3	0,21	11,42	0,07	65,60	0,08	32,80	232,80
4	0,34	11,44	0,10	98,00	0,12	49,00	249,00
5	0,47	11,45	0,13	128,60	0,15	64,30	264,30
6	0,62	11,47	0,15	161,90	0,17	80,95	280,95
7	0,78	11,49	0,19	193,30	0,22	96,65	296,65
8	0,94	11,51	0,24	218,50	0,28	109,25	309,25
9	1,13	11,53	0,28	240,00	0,32	120,00	320,00
10	1,33	11,55	0,33	262,70	0,38	131,35	331,35
11	1,62	11,59	0,38	288,10	0,44	144,05	344,05
12	1,88	11,62	0,40	307,10	0,46	153,55	353,55
13	2,10	11,64	0,48	325,60	0,55	162,80	362,80
14	2,32	11,67	0,52	343,90	0,60	171,95	371,95
15	2,55	11,70	0,59	359,40	0,68	179,70	379,70
16	2,84	11,73	0,63	373,80	0,73	186,90	386,90
17	3,10	11,76	0,67	387,30	0,77	193,65	393,65
18	3,40	11,80	0,71	397,90	0,82	198,95	398,95
19	3,72	11,84	0,75	413,50	0,86	206,75	406,75
20	4,01	11,88	0,82	423,10	0,94	211,55	411,55
21	4,26	11,91	0,88	434,90	1,01	217,45	417,45
22	4,55	11,94	0,97	437,60	1,12	218,80	418,80
23	4,84	11,98	1,06	439,20	1,22	219,60	419,60
24	5,14	12,02	1,18	440,30	1,36	220,15	420,15
25	5,46	12,06	1,29	438,40	1,49	219,20	419,20
26	5,82	12,10	1,41	435,30	1,62	217,65	417,65
27	6,14	12,15	1,55	432,30	1,78	216,15	416,15
28	6,38	12,18	1,66	429,60	1,91	214,80	414,80
29							
30							
31							
32							
33							
34							

Lo Sperimentatore  
Dott. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

**GEO ECO TEST**

LABORATORIO TERRE

**PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE****N° D'ORDINE:** 49/22**SONDAGGIO:** 1**CAMPIONE:** 1**PROFONDITA':** 2,6-3,2**N° CERTIFICATO:** 671/22**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro**DATA INIZIO:** 08/06/22**DATA FINE:** 24/06/22**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani**Descrizione del campione :** Limi sabbioso argillosi marrone rossiccio poco consolidati**Tipo prova:** consolidata drenata**Velocità di prova:** 0,0002 mm/min**PROVINO 3**

<b>Pressione di cella (kPa):</b>		<b>Back Pressure (kPa):</b>					
500		200					
LETTURA	$\epsilon$ (%)	Ac (cm2)	dV (cm3)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	DV/V0 (%)	t (kPa)	s' (kPa)
1	0,00	11,40	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00
2	0,09	11,41	0,01	40,50	0,01	20,25	320,25
3	0,18	11,42	0,03	76,40	0,03	38,20	338,20
4	0,30	11,43	0,06	116,90	0,07	58,45	358,45
5	0,40	11,45	0,09	157,40	0,10	78,70	378,70
6	0,50	11,46	0,11	196,00	0,13	98,00	398,00
7	0,63	11,47	0,14	233,80	0,16	116,90	416,90
8	0,77	11,49	0,16	273,40	0,18	136,70	436,70
9	0,88	11,50	0,18	304,90	0,21	152,45	452,45
10	1,08	11,52	0,23	356,20	0,26	178,10	478,10
11	1,36	11,56	0,28	421,50	0,32	210,75	510,75
12	1,65	11,59	0,32	472,20	0,37	236,10	536,10
13	1,98	11,63	0,36	522,90	0,41	261,45	561,45
14	2,30	11,67	0,41	552,50	0,47	276,25	576,25
15	2,70	11,72	0,47	586,40	0,54	293,20	593,20
16	3,12	11,77	0,53	619,00	0,61	309,50	609,50
17	3,52	11,82	0,57	625,10	0,66	312,55	612,55
18	3,90	11,86	0,62	629,80	0,71	314,90	614,90
19	4,26	11,91	0,66	633,60	0,76	316,80	616,80
20	4,61	11,95	0,74	635,70	0,85	317,85	617,85
21	4,92	11,99	0,84	632,20	0,97	316,10	616,10
22	5,28	12,04	0,95	628,50	1,09	314,25	614,25
23	5,66	12,08	1,07	625,70	1,23	312,85	612,85
24	5,99	12,13	1,16	620,40	1,34	310,20	610,20
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							

Lo Sperimentatore

Dott. David Severini

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

### SCHEDA RIASSUNTIVA DEL CAMPIONE

**N° D'ORDINE:** 49/22  
**SONDAGGIO:** 1  
**CAMPIONE:** 2  
**PROFONDITA':** 5,6-6,1  
**TITOLO DEL LAVORO:** Interventi Centro anziani  
**DESCRIZIONE:** Limi argillosi marrone giallastro

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma  
**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro  
**DATA INIZIO:** 08/06/22  
**DATA FINE:** 24/06/22

PARAMETRO GEOTECNICO	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA
PESO DI VOLUME APPARENTE	$\gamma$	16,38	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME SECCO	$\gamma_d$	10,94	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME SATURO	$\gamma_{sat}$	16,91	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME IMMERSO	$\gamma_{imm}$	6,91	kN/m <sup>3</sup>
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	$\gamma_s$	27,16	kN/m <sup>3</sup>
INDICE DEI VUOTI	e	1,483	
POROSITA'	n	59,73	%
GRADO DI SATURAZIONE INIZIALE	Sr	91,16	%
UMIDITA' NATURALE	w	49,77	%
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL	68,5	%
LIMITE DI PLASTICITA'	LP	47,3	%
INDICE DI PLASTICITA'	IP	21,2	%
LIMITE DI RITIRO	LR		%
INDICE DI CONSISTENZA	Ic	0,88	
ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO	$\phi'$	24	°
COESIONE DRENATA	c'	31	kPa
ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO	$\phi_{res}$	-	°
COESIONE RESIDUA	c <sub>res</sub>	-	kPa
COESIONE NON DRENATA	Cu	-	kPa
<b>ANALISI GRANULOMETRICA</b>			
PARTE GROSSOLANA	GHIAIA (%)	SABBIA (%)	LIMO+ARGILLA (%)
(% trattenuta al setaccio n°200)	0,63	9,51	89,86
PARTE FINA	SABBIA (%)	LIMO (%)	ARGILLA (%)
(% passante al setaccio n°200)	1,18	56,65	42,17
GRANULOMETRIA CUMULATIVA	GHIAIA (%)	SABBIA (%)	LIMO (%) ARGILLA (%)
	0,63	10,57	50,91 37,89
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
INDICE DI GRUPPO			

Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*David Severini*

*Fabio Bonazzi Bonaca*



# GEO ECO TEST

## LABORATORIO TERRE

Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Mail: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 2

**PROFONDITA':** 5,6-6,1

**TITOLO DEL LAVORO:** Interventi Centro anziani

**DESCRIZIONE:** Limi argillosi marrone giallastro

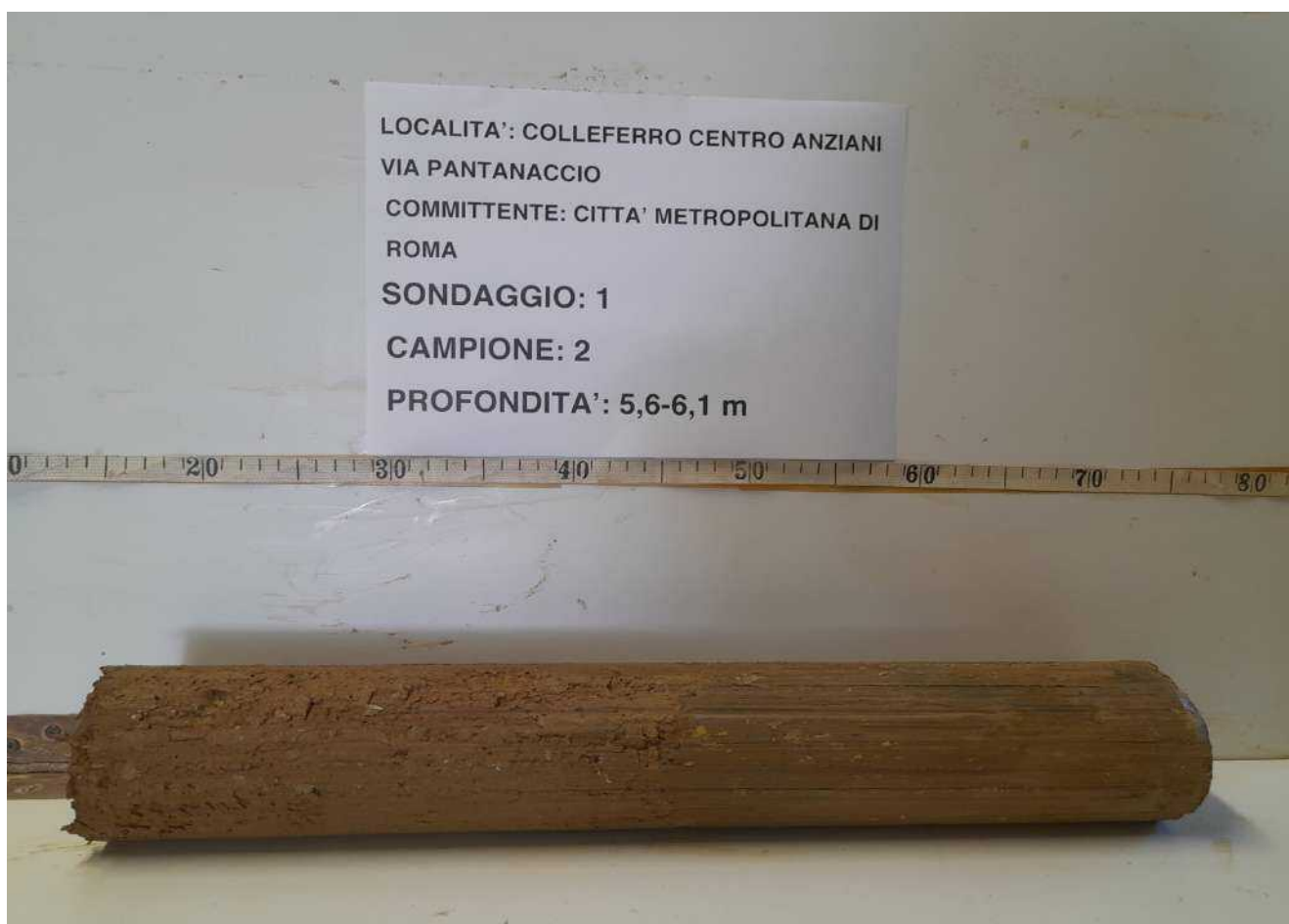
**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

QUALITA' DEL CAMPIONE	Q5
-----------------------	----



Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca





Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170

Email: geocotest@gmail.com

**MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA**  
**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME**  
**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANULI SOLIDI**

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 2

**PROFONDITA':** 5,6-6,1

**N° CERTIFICATO:** 672/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Limi argillosi marrone giallastro

**MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA**

Tara Contenitore	22,23 g
Massa umida del terreno + Tara	112,13 g
Massa secca del terreno + Tara	82,26 g
Massa Netta Secca del terreno	60,03 g
Massa del contenuto in Acqua nel terreno	29,88 g
<b>MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA (w)</b>	<b>49,77</b> %

**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME**

Volume Fustella	40,00 cm <sup>3</sup>
Tara Fustella	67,38 g
Massa del Terreno e della Fustella	132,92 g
<b>PESO DELL'UNITA' DI VOLUME (γ)</b>	<b>16,38</b> kN/m <sup>3</sup>

**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANULI SOLIDI**

	PROVA 1	PROVA 2
Volume del Picnometro	75,00	75,00 (cm <sup>3</sup> )
Tara Picnometro	48,38	29,94 (g)
Massa secca del terreno + Tara	73,38	49,95 (g)
Temperatura di prova	32,00	31,00 (°C)
Peso di volume Acqua T° (γ <sub>w</sub> )	0,99505	0,9954 (kN/m <sup>3</sup> )
Massa Netta Secca del terreno (p)	25,00	20,01 (g)
Massa acqua e picnometro (p1)	122,752	80,31 (g)
Massa acqua picnometro e terreno (p2)	138,674	92,92 (g)
<b>Peso dell'unità di volume dei granuli solidi (γ<sub>s</sub>)</b>	<b>27,41</b>	<b>26,92</b> (kN/m <sup>3</sup> )
<b>Valore medio (γ<sub>s</sub>)</b>	<b>27,16</b>	(kN/m <sup>3</sup> )

Lo sperimentatore  
 Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
 Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 2

**PROFONDITA':** 5,6-6,1

**N° CERTIFICATO:** 673/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione:** Limi argillosi marrone giallastro

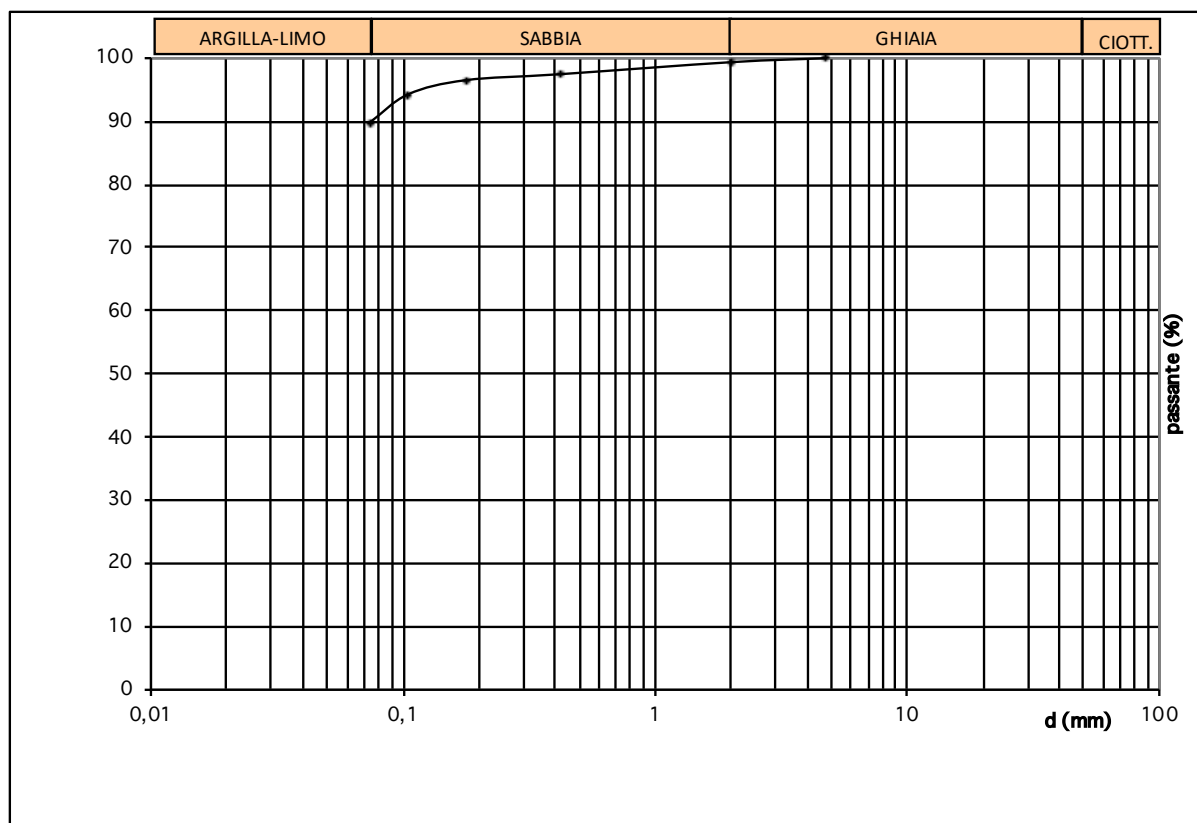
**Tipo di prova:** per via umida

**Peso totale del campione (g):** 945

**Umidità (%) :** 49,8

**Peso secco (g) :** 631

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Peso netto trattenuto (g)	Trattenuto (%)	Passante (%)
N4	4,76	0	0,00	100,00
N10	2,00	4	0,63	99,37
N40	0,42	16	2,54	97,46
N80	0,177	22	3,49	96,51
N140	0,105	36	5,71	94,29
N200	0,074	64	10,14	89,86



Lo sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Pagina 1/1



Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

N° D'ORDINE: 49/22

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': 5,6-6,1

N° CERTIFICATO: 674/22

COMMITTENTE: Città Metropolitana di Roma

LOCALITA': Via del Pantanaccio - Colleferro

DATA INIZIO: 08/06/22

DATA FINE: 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

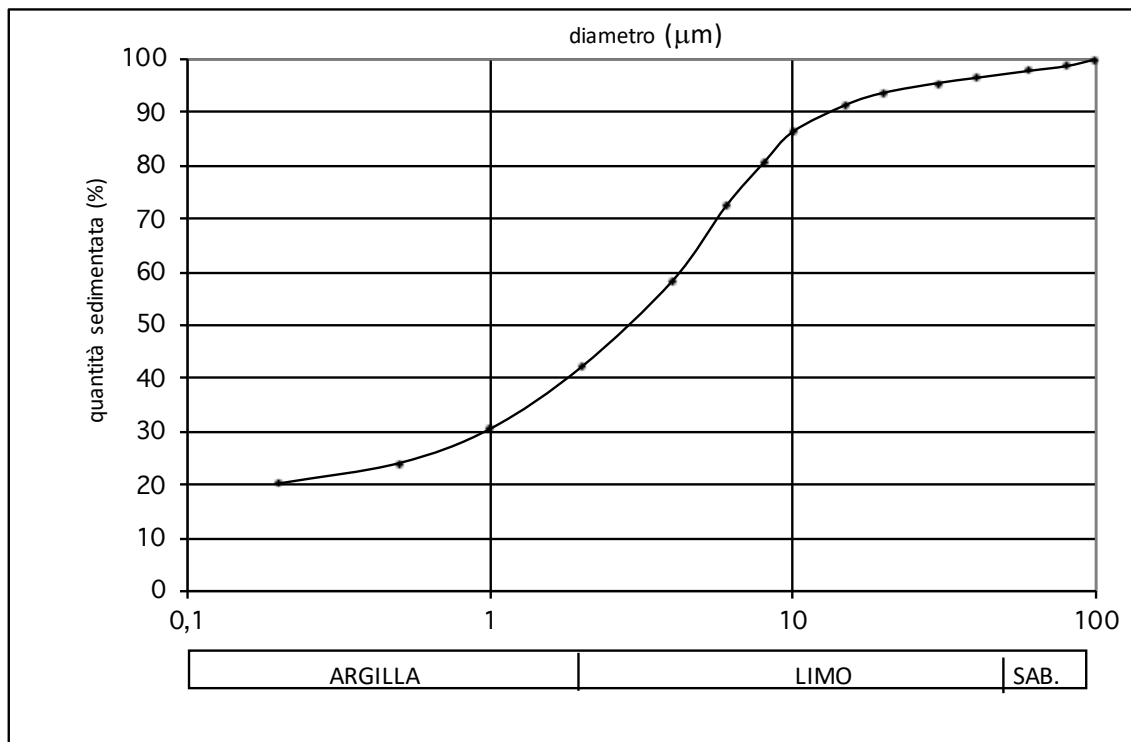
**Descrizione del campione:** Limi argillosi marrone giallastro

Peso totale del campione (g): 40

Temperatura di prova (°C): 20

Peso specifico dei granuli (kN/m<sup>3</sup>): 27,16

DIAMETRO ( $\mu\text{m}$ )	QUANTITA' %
0,2	20,26
0,5	24,09
1	30,55
2	42,17
4	58,39
6	72,40
8	80,58
10	86,42
15	91,48
20	93,73
30	95,52
40	96,49
60	97,82
80	98,72
100	100,00



Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Limi argillosi marrone giallastro

Peso totale del campione (g): 945

Peso secco (g) : 631

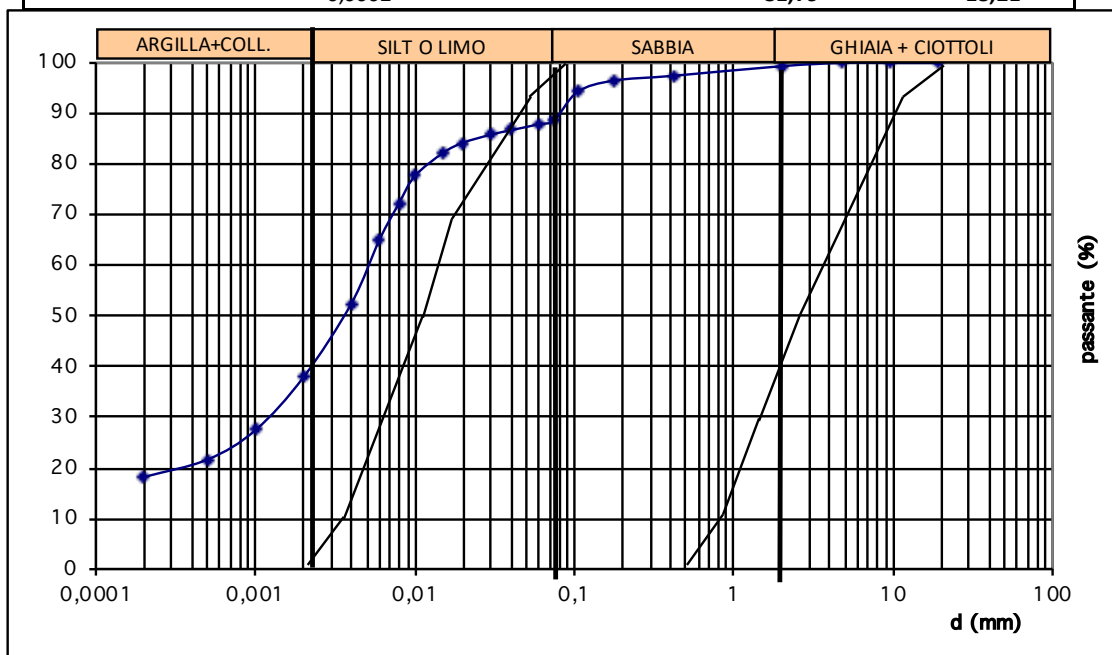
Peso per aerometri 40

Peso specifico (kN/m<sup>3</sup>): 27,16

Granulometria  
per via umida

Aerometria con  
densimetro

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Trattenuto (%)	Passante (%)
1 1/2	38,1	0,00	100,00
1	25,4	0,00	100,00
3/4	19,05	0,00	100,00
3/8	9,53	0,00	100,00
N4	4,76	0,00	100,00
N10	2,00	0,63	99,37
N40	0,42	2,54	97,46
N80	0,177	3,49	96,51
N140	0,105	5,71	94,29
N200	0,074	11,29	88,71
	0,06	12,10	87,90
	0,040	13,30	86,70
	0,03	14,17	85,83
	0,020	15,78	84,22
	0,015	17,80	82,20
	0,010	22,35	77,65
	0,008	27,59	72,41
	0,006	34,94	65,06
	0,004	47,53	52,47
	0,002	62,11	37,89
	0,001	72,55	27,45
	0,0005	78,35	21,65
	0,0002	81,79	18,21



Lo sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

*David Severini*

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*Fabio Bonazzi Bonaca*



**GEO ECO TEST**  
LABORATORIO TERRE

## DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA DI ATTERBERG

Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 2

**PROFONDITA':** 5,6-6,1

**N° CERTIFICATO:** 675/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

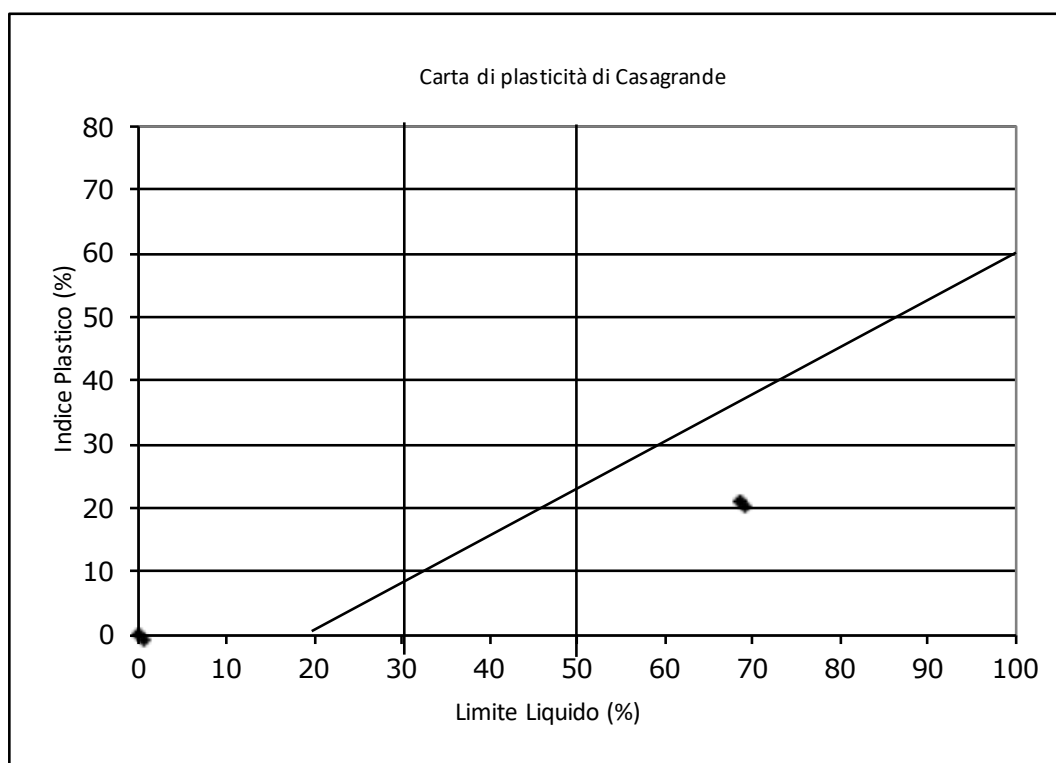
**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione:** Limi argillosi marrone giallastro



Contenuto naturale d'acqua	49,8	%
Limite Liquido	68,5	%
Limite Plastico	47,3	%
Indice Plastico	21,2	%
Limite di Ritiro		%
Indice di Consistenza	0,88	
Classificazione del Materiale:	Limi ad alta plasticità	

Lo sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 2

**PROFONDITA':** 5,6-6,1

**N° CERTIFICATO:** 676/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colferro

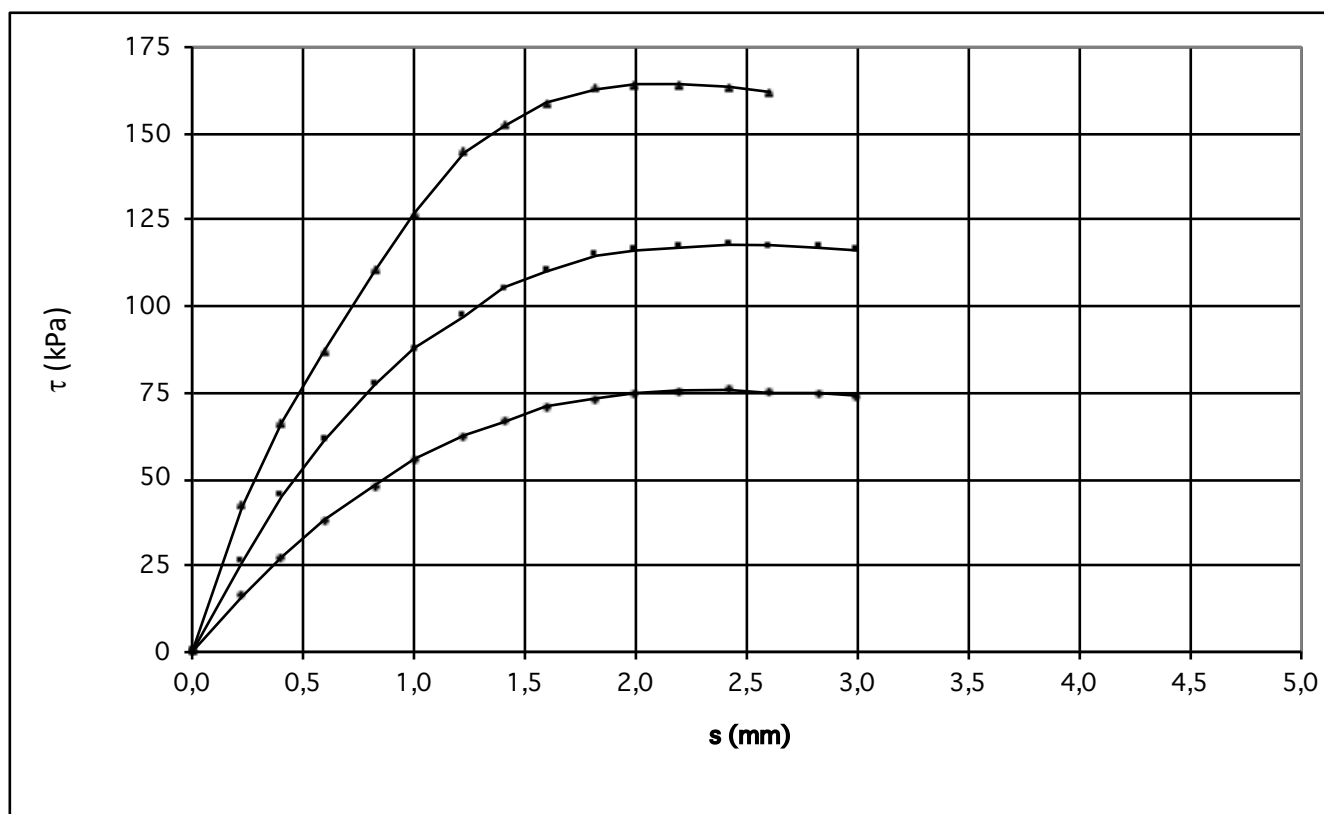
**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Limi argillosi marrone giallastro

PROVINO N.	1	2	3
Peso dell'unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	16,33	16,27	16,29
Contenuto naturale d'acqua (%)	49,77	49,77	49,77
Pressione verticale (kPa)	100	200	300
<b>CARATTERISTICHE DELLA PROVA</b>			
Velocità di deformazione (mm/min)	0,001		
Dimensione dei provini (cm)	2,00 x 6,00		
Tipo di prova eseguita:	CD		



Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

*David Severini*

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*Fabio Bonazzi Bonaca*



**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 2

**PROFONDITA':** 5,6-6,1

**N° CERTIFICATO:** 676/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Limi argillosi marrone giallastro

**VALORI DEGLI SFORZI DI TAGLIO**

Spostamento s (mm)	Provino 1 $\tau$ (kPa)	Provino 2 $\tau$ (kPa)	Provino 3 $\tau$ (kPa)
0,0	0,0	0,0	0,0
0,2	16,4	26,2	42,1
0,4	27,2	45,3	66,3
0,6	38,1	61,4	86,8
0,8	48,0	77,5	110,4
1,0	55,4	87,7	126,8
1,2	62,3	97,3	144,8
1,4	66,5	105,4	152,4
1,6	70,8	110,2	158,7
1,8	73,1	114,8	162,9
2,0	74,8	116,4	164,3
2,2	75,4	117,3	164,1
2,4	75,8	117,8	163,2
2,6	75,1	117,6	161,8
2,8	74,6	117,1	
3,0	73,9	116,2	
3,2			
3,4			
3,6			
3,8			
4,0			
4,2			
4,4			
4,6			
4,8			
5,0			

Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

pagina 2/2





Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

### SCHEDA RIASSUNTIVA DEL CAMPIONE

**N° D'ORDINE:** 49/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**SONDAGGIO:** 1

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**CAMPIONE:** 3

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**PROFONDITA':** 9,0-9,5

**DATA FINE:** 24/06/22

**TITOLO DEL LAVORO:** Interventi Centro anziani

**DESCRIZIONE:** Sabbie ghiaiose in matrice limosa marrone

PARAMETRO GEOTECNICO	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA
PESO DI VOLUME APPARENTE	$\gamma$	16,30	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME SECCO	$\gamma_d$	11,89	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME SATURO	$\gamma_{sat}$	17,38	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME IMMERSO	$\gamma_{imm}$	7,38	kN/m <sup>3</sup>
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	$\gamma_s$	26,36	kN/m <sup>3</sup>
INDICE DEI VUOTI	e	1,217	
POROSITA'	n	54,90	%
GRADO DI SATURAZIONE INIZIALE	Sr	80,24	%
UMIDITA' NATURALE	w	37,05	%
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL	NP	%
LIMITE DI PLASTICITA'	LP	NP	%
INDICE DI PLASTICITA'	IP	NP	%
LIMITE DI RITIRO	LR		%
INDICE DI CONSISTENZA	Ic		
ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO	$\phi'$	32	°
COESIONE DRENATA	c'	4	kPa
ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO	$\phi_{res}$	-	°
COESIONE RESIDUA	c <sub>res</sub>	-	kPa
COESIONE NON DRENATA	Cu	-	kPa
<b>ANALISI GRANULOMETRICA</b>			
PARTE GROSSOLANA	GHIAIA (%)	SABBIA (%)	LIMO+ARGILLA (%)
(% trattenuta al setaccio n°200)	20,87	64,91	14,22
PARTE FINA	SABBIA (%)	LIMO (%)	ARGILLA (%)
(% passante al setaccio n°200)	3,78	65,68	30,54
GRANULOMETRIA CUMULATIVA	GHIAIA (%)	SABBIA (%)	LIMO (%) ARGILLA (%)
	20,87	65,45	9,34 4,34
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
INDICE DI GRUPPO			

Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*David Severini*

*Fabio Bonazzi Bonaca*



# GEO ECO TEST

## LABORATORIO TERRE

Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Mail: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 3

**PROFONDITA':** 9,0-9,5

**TITOLO DEL LAVORO:** Interventi Centro anziani

**DESCRIZIONE:** Sabbie ghiaiose in matrice limosa marrone

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

QUALITA' DEL CAMPIONE	Q5
-----------------------	----



Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170

Email: geocotest@gmail.com

**MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA**  
**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME**  
**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANULI SOLIDI**

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 3

**PROFONDITA':** 9,0-9,5

**N° CERTIFICATO:** 678/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Sabbie ghiaiose in matrice limosa marrone

**MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA**

Tara Contenitore	69,82 g
Massa umida del terreno + Tara	271,35 g
Massa secca del terreno + Tara	216,87 g
Massa Netta Secca del terreno	147,05 g
Massa del contenuto in Acqua nel terreno	54,48 g
<b>MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA (w)</b>	<b>37,05</b> %

**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME**

Volume Fustella	40,00 cm <sup>3</sup>
Tara Fustella	58,91 g
Massa del Terreno e della Fustella	124,09 g
<b>PESO DELL'UNITA' DI VOLUME (γ)</b>	<b>16,30</b> kN/m <sup>3</sup>

**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANULI SOLIDI**

	PROVA 1	PROVA 2
Volume del Picnometro	75,00	75,00 (cm <sup>3</sup> )
Tara Picnometro	48,38	29,94 (g)
Massa secca del terreno + Tara	73,35	51,38 (g)
Temperatura di prova	32,00	32,00 (°C)
Peso di volume Acqua T° (γ <sub>w</sub> )	0,99505	0,9951 (kN/m <sup>3</sup> )
Massa Netta Secca del terreno (p)	24,97	21,43 (g)
Massa acqua e picnometro (p1)	122,752	80,30 (g)
Massa acqua picnometro e terreno (p2)	138,344	93,60 (g)
<b>Peso dell'unità di volume dei granuli solidi (γ<sub>s</sub>)</b>	<b>26,49</b>	<b>26,23</b> (kN/m <sup>3</sup> )
<b>Valore medio (γ<sub>s</sub>)</b>	<b>26,36</b>	(kN/m <sup>3</sup> )

Lo sperimentatore  
 Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
 Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*David Severini*

*Fabio Bonazzi Bonaca*



Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 3

**PROFONDITA':** 9,0-9,5

**N° CERTIFICATO:** 679/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Sabbie ghiaiose in matrice limosa marrone

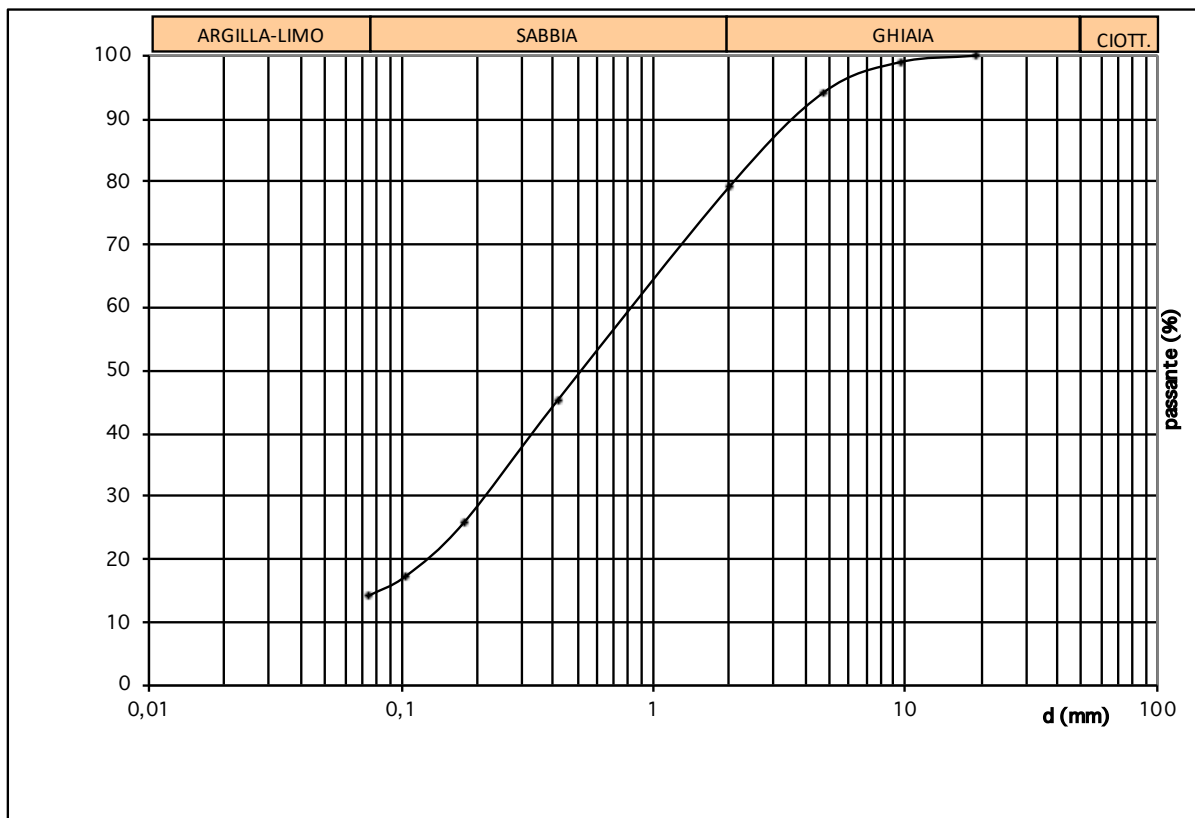
**Tipo di prova:** per via umida

**Peso totale del campione (g):** 1064

**Umidità (%) :** 37,0

**Peso secco (g) :** 776

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Peso netto trattenuto (g)	Trattenuto (%)	Passante (%)
3/4	19,05	0	0,00	100,00
3/8	9,53	8	1,03	98,97
N4	4,76	45	5,80	94,20
N10	2,00	162	20,87	79,13
N40	0,42	424	54,61	45,39
N80	0,177	576	74,19	25,81
N140	0,105	641	82,56	17,44
N200	0,074	666	85,78	14,22



Lo sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Pagina 1/1



## ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

N° D'ORDINE: 49/22

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': 9,0-9,5

N° CERTIFICATO: 680/22

COMMITTENTE: Città Metropolitana di Roma

LOCALITA': Via del Pantanaccio - Colferro

DATA INIZIO: 08/06/22

DATA FINE: 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

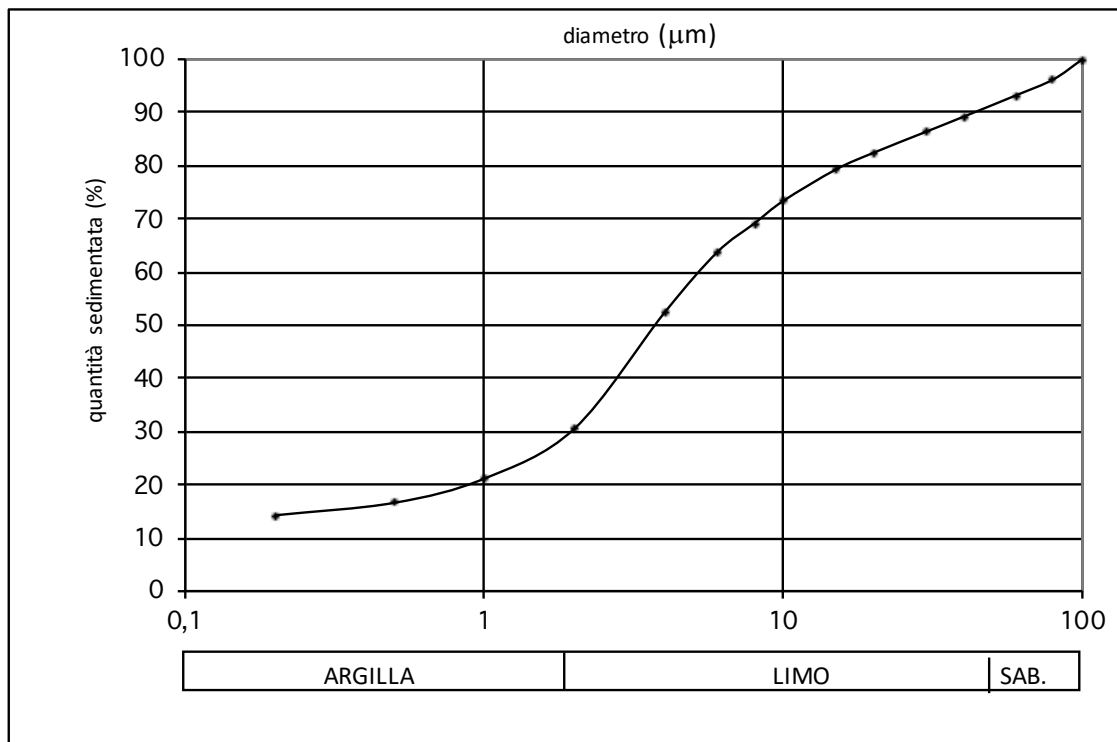
**Descrizione del campione:** Sabbie ghiaiose in matrice limosa marrone

Peso totale del campione (g): 40

Temperatura di prova (°C): 20

Peso specifico dei granuli (kN/m<sup>3</sup>): 26,36

DIAMETRO ( $\mu\text{m}$ )		QUANTITA' %
0,2	Argilla	14,28
0,5		16,62
1		21,17
2		30,54
4	Limo	52,33
6		63,69
8		69,14
10		73,38
15		79,29
20		82,41
30		86,37
40		89,19
60		93,22
80	Sabbia	96,22
100		100,00



Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Sabbie ghiaiose in matrice limosa marrone

Peso totale del campione (g): 1064

Peso secco (g) : 776

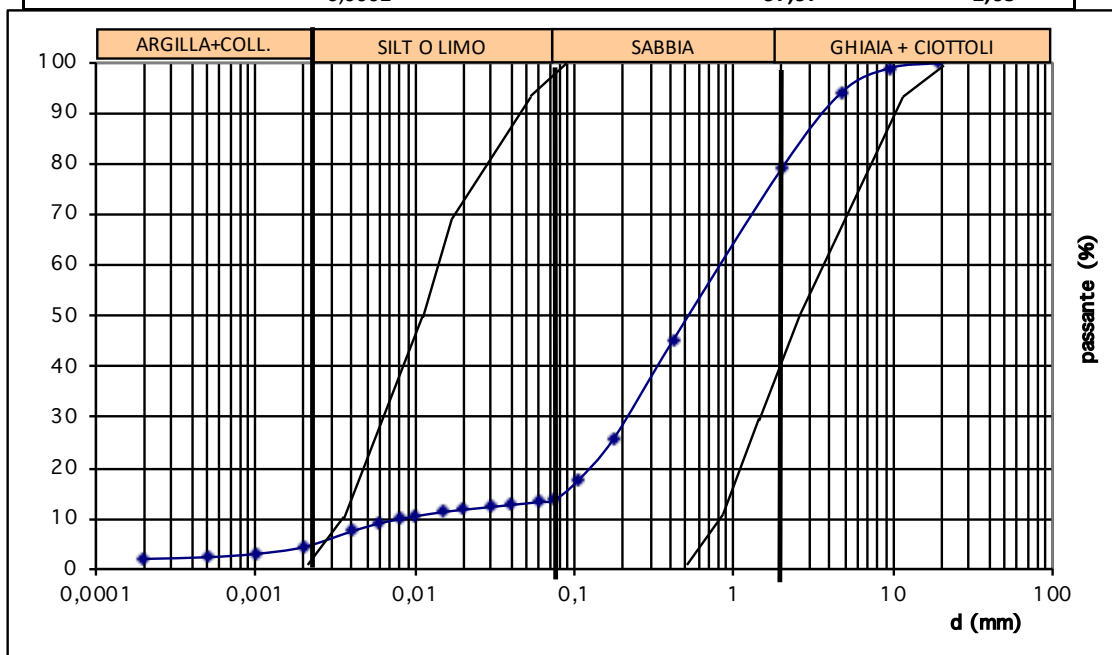
Peso per aerometri 40

Peso specifico (kN/m3): 26,36

Granulometria  
per via umida

Aerometria con  
densimetro

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Trattenuto (%)	Passante (%)
1 1/2	38,1	0,00	100,00
1	25,4	0,00	100,00
3/4	19,05	0,00	100,00
3/8	9,53	1,03	98,97
N4	4,76	5,80	94,20
N10	2,00	20,87	79,13
N40	0,42	54,61	45,39
N80	0,177	74,19	25,81
N140	0,105	82,56	17,44
N200	0,074	86,32	13,68
	0,06	86,75	13,25
	0,040	87,32	12,68
	0,03	87,72	12,28
	0,020	88,28	11,72
	0,015	88,73	11,27
	0,010	89,57	10,43
	0,008	90,17	9,83
	0,006	90,95	9,05
	0,004	92,56	7,44
	0,002	95,66	4,34
	0,001	96,99	3,01
	0,0005	97,64	2,36
	0,0002	97,97	2,03



Lo sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

*David Severini*

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*Fabio Bonazzi Bonaca*



**GEO ECO TEST**  
LABORATORIO TERRE

## DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA DI ATTERBERG

Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 3

**PROFONDITA':** 9,0-9,5

**N° CERTIFICATO:** 681/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

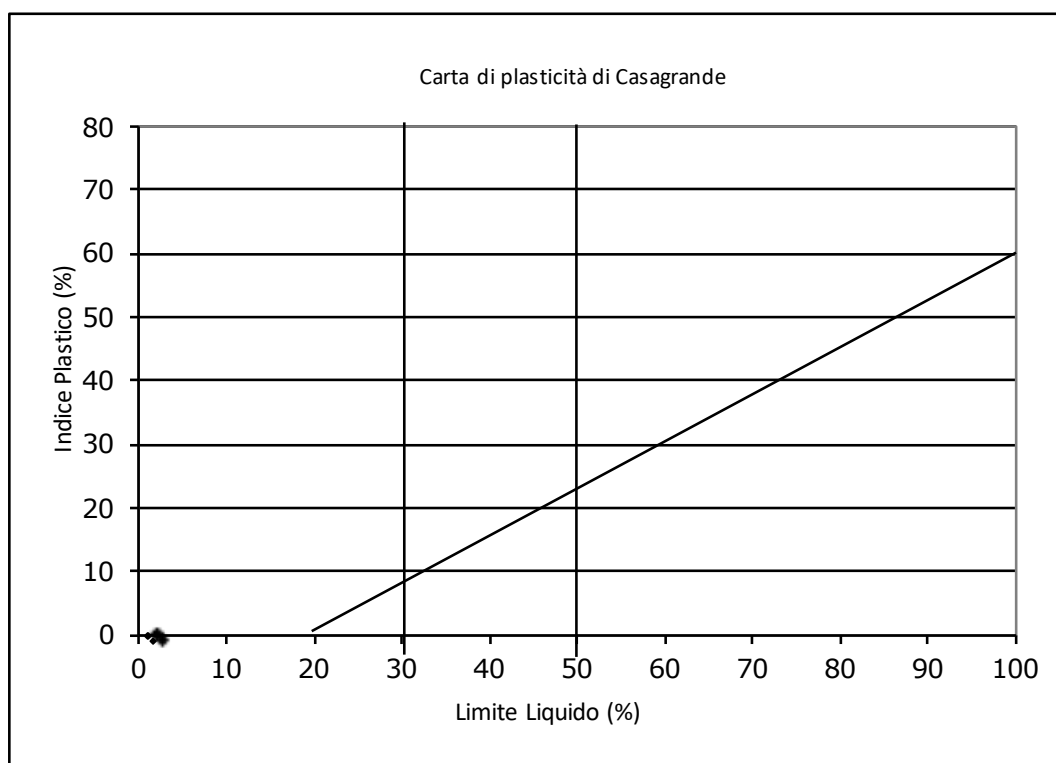
**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Sabbie ghiaiose in matrice limosa marrone



Contenuto naturale d'acqua	37,0	%
Limite Liquido	NP	%
Limite Plastico	NP	%
Indice Plastico	NP	%
Limite di Ritiro		%
Indice di Consistenza		
Classificazione del Materiale:	Materiali non plastici	

Lo sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca





N° D'ORDINE: 49/22

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': 9,0-9,5

N° CERTIFICATO: 682/22

COMMITTENTE: Città Metropolitana di Roma

LOCALITA': Via del Pantanaccio - Colleferro

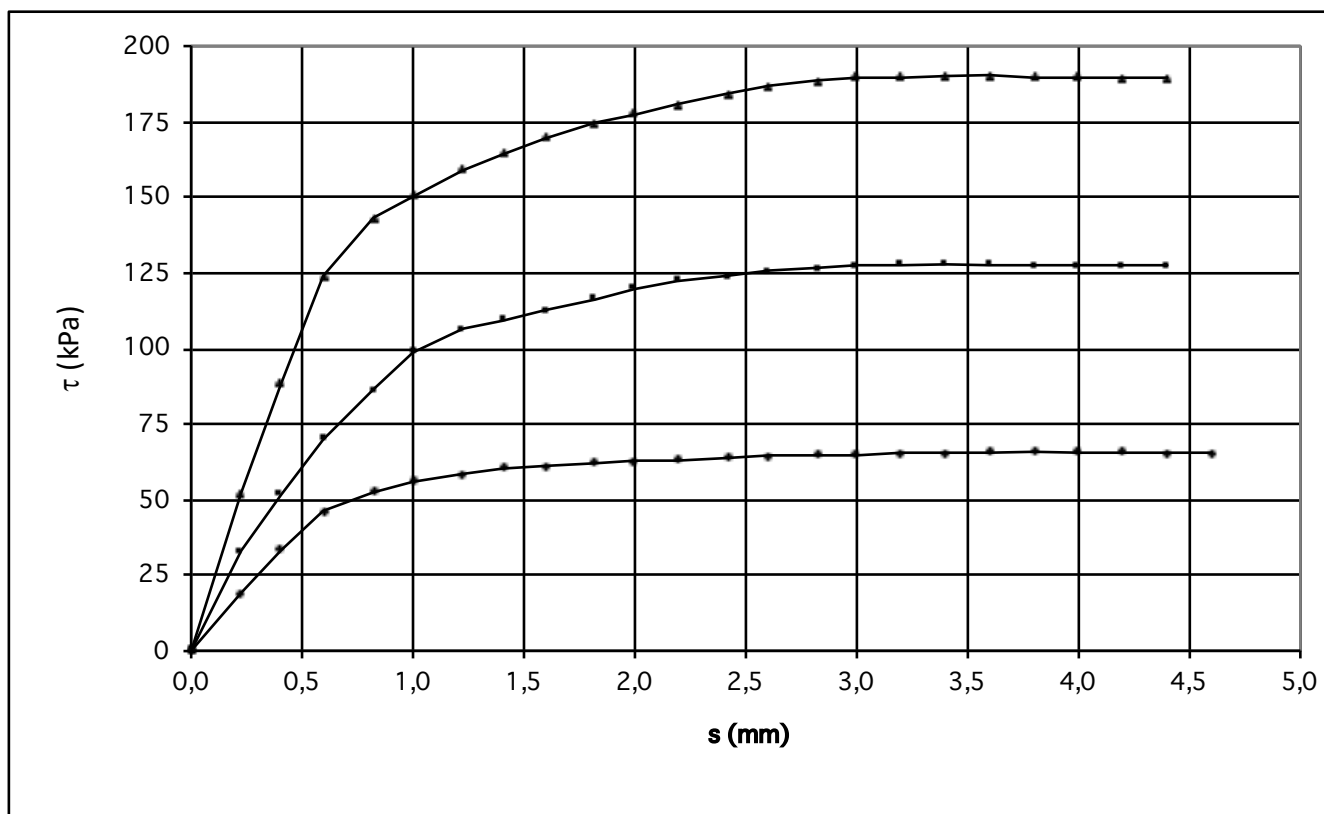
DATA INIZIO: 08/06/22

DATA FINE: 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione:** Sabbie ghiaiose in matrice limosa marrone

PROVINO N.	1	2	3
Peso dell'unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	16,24	16,25	16,26
Contenuto naturale d'acqua (%)	37,05	37,05	37,05
Pressione verticale (kPa)	100	200	300
<b>CARATTERISTICHE DELLA PROVA</b>			
Velocità di deformazione (mm/min)	0,005		
Dimensione dei provini (cm)	2,00 x 6,00		
Tipo di prova eseguita:	CD		



Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 3

**PROFONDITA':** 9,0-9,5

**N° CERTIFICATO:** 682/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Sabbie ghiaiose in matrice limosa marrone

**VALORI DEGLI SFORZI DI TAGLIO**

Spostamento s (mm)	Provino 1 $\tau$ (kPa)	Provino 2 $\tau$ (kPa)	Provino 3 $\tau$ (kPa)
0,0	0,0	0,0	0,0
0,2	18,9	32,8	52,1
0,4	33,2	51,9	88,4
0,6	46,2	70,2	123,6
0,8	52,4	86,3	143,2
1,0	55,9	99,1	150,4
1,2	58,2	106,2	159,2
1,4	60,4	109,2	164,4
1,6	60,9	112,5	169,8
1,8	62,1	116,4	174,3
2,0	62,7	119,7	177,4
2,2	63,2	122,5	180,8
2,4	64,0	123,8	184,1
2,6	64,4	125,4	186,7
2,8	64,7	126,5	188,5
3,0	64,9	127,2	189,6
3,2	65,1	127,7	189,9
3,4	65,2	127,8	190,1
3,6	65,7	127,6	190,0
3,8	65,8	127,5	189,8
4,0	65,6	127,4	189,7
4,2	65,5	127,3	189,5
4,4	65,4	127,1	189,3
4,6	65,3		
4,8			
5,0			

Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

pagina 2/2



Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

### SCHEDA RIASSUNTIVA DEL CAMPIONE

**N° D'ORDINE:** 49/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**SONDAGGIO:** 1

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**CAMPIONE:** 4

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**PROFONDITA':** 23,6-24,1

**DATA FINE:** 24/06/22

**TITOLO DEL LAVORO:** Interventi Centro anziani

**DESCRIZIONE:** Argille organiche marrone scuro

PARAMETRO GEOTECNICO	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA
PESO DI VOLUME APPARENTE	$\gamma$	15,27	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME SECCO	$\gamma_d$	9,23	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME SATURO	$\gamma_{sat}$	15,52	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME IMMERSO	$\gamma_{imm}$	5,52	kN/m <sup>3</sup>
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	$\gamma_s$	24,89	kN/m <sup>3</sup>
INDICE DEI VUOTI	e	1,698	
POROSITA'	n	62,94	%
GRADO DI SATURAZIONE INIZIALE	Sr	95,96	%
UMIDITA' NATURALE	w	65,46	%
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL	59,8	%
LIMITE DI PLASTICITA'	LP	51,0	%
INDICE DI PLASTICITA'	IP	8,8	%
LIMITE DI RITIRO	LR		%
INDICE DI CONSISTENZA	Ic	-0,64	
ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO	$\phi'$	21	°
COESIONE DRENATA	c'	41	kPa
ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO	$\phi_{res}$	-	°
COESIONE RESIDUA	c <sub>res</sub>	-	kPa
COESIONE NON DRENATA	Cu	-	kPa
<b>ANALISI GRANULOMETRICA</b>			
PARTE GROSSOLANA	GHIAIA (%)	SABBIA (%)	LIMO+ARGILLA (%)
(% trattenuta al setaccio n°200)	0,37	9,14	90,49
PARTE FINA	SABBIA (%)	LIMO (%)	ARGILLA (%)
(% passante al setaccio n°200)	0,63	42,09	57,28
GRANULOMETRIA CUMULATIVA	GHIAIA (%)	SABBIA (%)	LIMO (%) ARGILLA (%)
	0,37	9,71	38,09 51,83
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
INDICE DI GRUPPO			

Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*David Severini*

*Fabio Bonazzi Bonaca*



# GEO ECO TEST

## LABORATORIO TERRE

Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Mail: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 4

**PROFONDITA':** 23,6-24,1

**TITOLO DEL LAVORO:** Interventi Centro anziani

**DESCRIZIONE:** Argille organiche marrone scuro

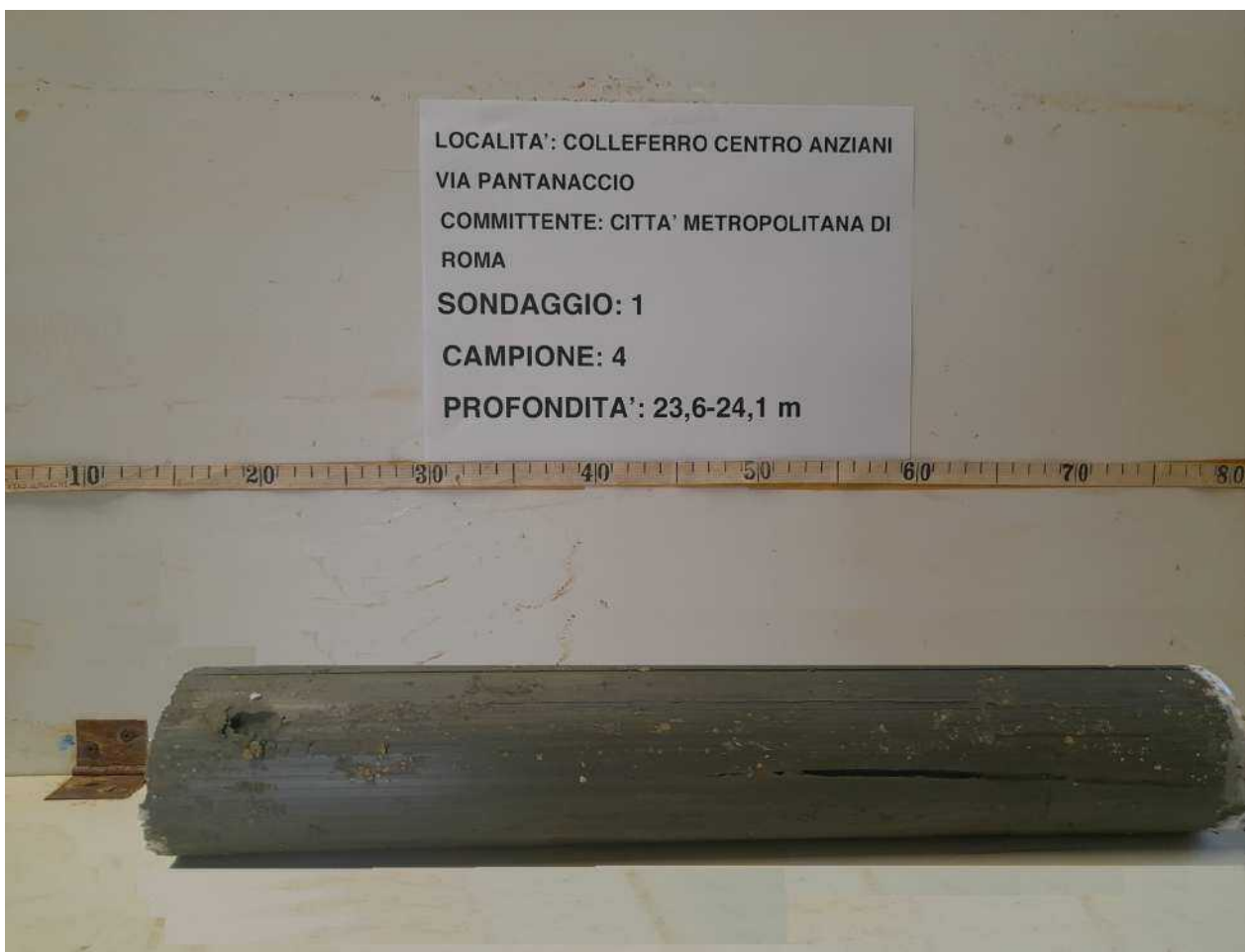
**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

QUALITA' DEL CAMPIONE	Q5
-----------------------	----



Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170

Email: geocotest@gmail.com

**MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA**  
**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME**  
**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANULI SOLIDI**

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 4

**PROFONDITA':** 23,6-24,1

**N° CERTIFICATO:** 683/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Argille organiche marrone scuro

**MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA**

Tara Contenitore	20,88 g
Massa umida del terreno + Tara	126,00 g
Massa secca del terreno + Tara	84,41 g
Massa Netta Secca del terreno	63,53 g
Massa del contenuto in Acqua nel terreno	41,59 g
<b>MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA (w)</b>	<b>65,46</b> %

**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME**

Volume Fustella	40,00 cm <sup>3</sup>
Tara Fustella	58,91 g
Massa del Terreno e della Fustella	119,97 g
<b>PESO DELL'UNITA' DI VOLUME (γ)</b>	<b>15,27</b> kN/m <sup>3</sup>

**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANULI SOLIDI**

	PROVA 1	PROVA 2
Volume del Picnometro	75,00	75,00 (cm <sup>3</sup> )
Tara Picnometro	48,38	29,94 (g)
Massa secca del terreno + Tara	73,39	49,94 (g)
Temperatura di prova	33,00	32,00 (°C)
Peso di volume Acqua T° (γ <sub>w</sub> )	0,99473	0,9951 (kN/m <sup>3</sup> )
Massa Netta Secca del terreno (p)	25,01	20,00 (g)
Massa acqua e picnometro (p1)	122,73	80,30 (g)
Massa acqua picnometro e terreno (p2)	138,035	92,06 (g)
<b>Peso dell'unità di volume dei granuli solidi (γ<sub>s</sub>)</b>	<b>25,64</b>	<b>24,15</b> (kN/m <sup>3</sup> )
<b>Valore medio (γ<sub>s</sub>)</b>	<b>24,89</b>	(kN/m <sup>3</sup> )

Lo sperimentatore  
 Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
 Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*David Severini*

*Fabio Bonazzi Bonaca*



Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 4

**PROFONDITA':** 23,6-24,1

**N° CERTIFICATO:** 684/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione:** Argille organiche marrone scuro

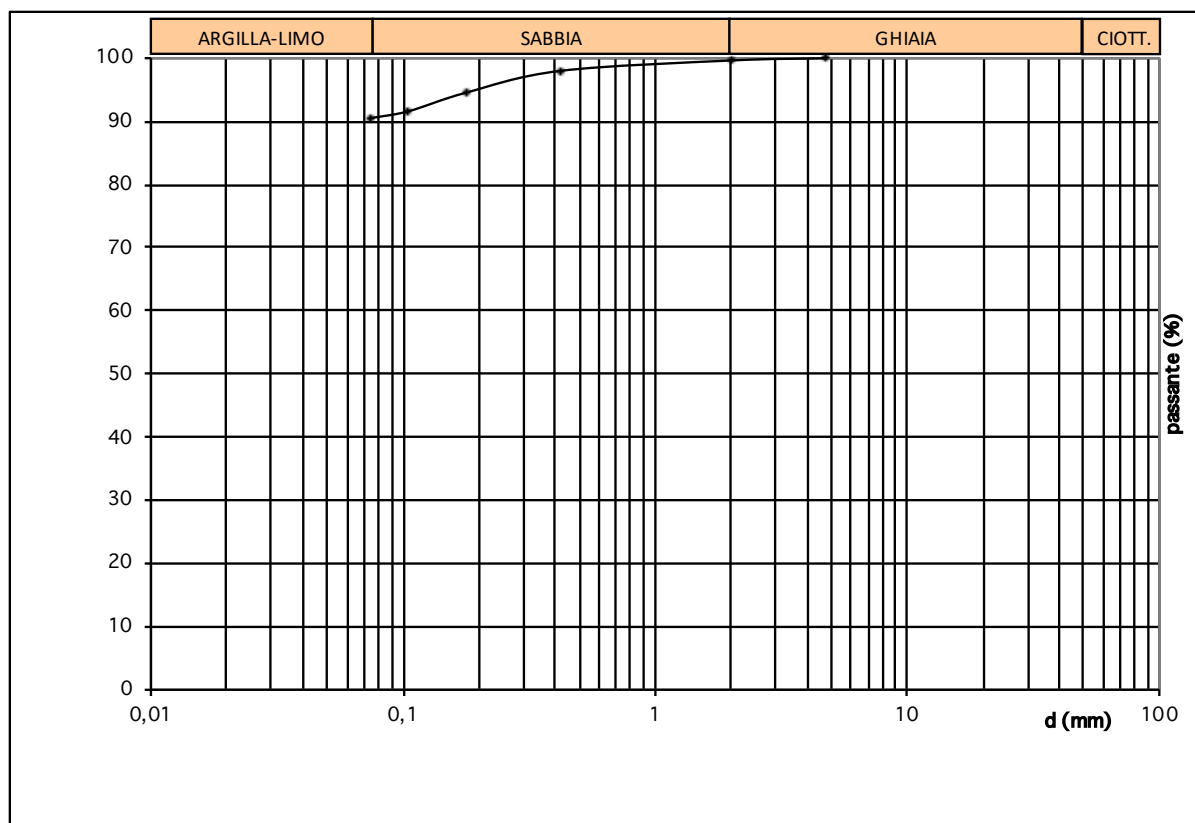
**Tipo di prova:** per via umida

**Peso totale del campione (g):** 905

**Umidità (%) :** 65,5

**Peso secco (g) :** 547

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Peso netto trattenuto (g)	Trattenuto (%)	Passante (%)
N4	4,76	0	0,00	100,00
N10	2,00	2	0,37	99,63
N40	0,42	11	2,01	97,99
N80	0,177	30	5,48	94,52
N140	0,105	46	8,41	91,59
N200	0,074	52	9,51	90,49



Lo sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Pagina 1/1



## ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

N° D'ORDINE: 49/22

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 4

PROFONDITA': 23,6-24,1

N° CERTIFICATO: 685/22

COMMITTENTE: Città Metropolitana

LOCALITA': Via del Pantanaccio

DATA INIZIO: 08/06/22

DATA FINE: 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

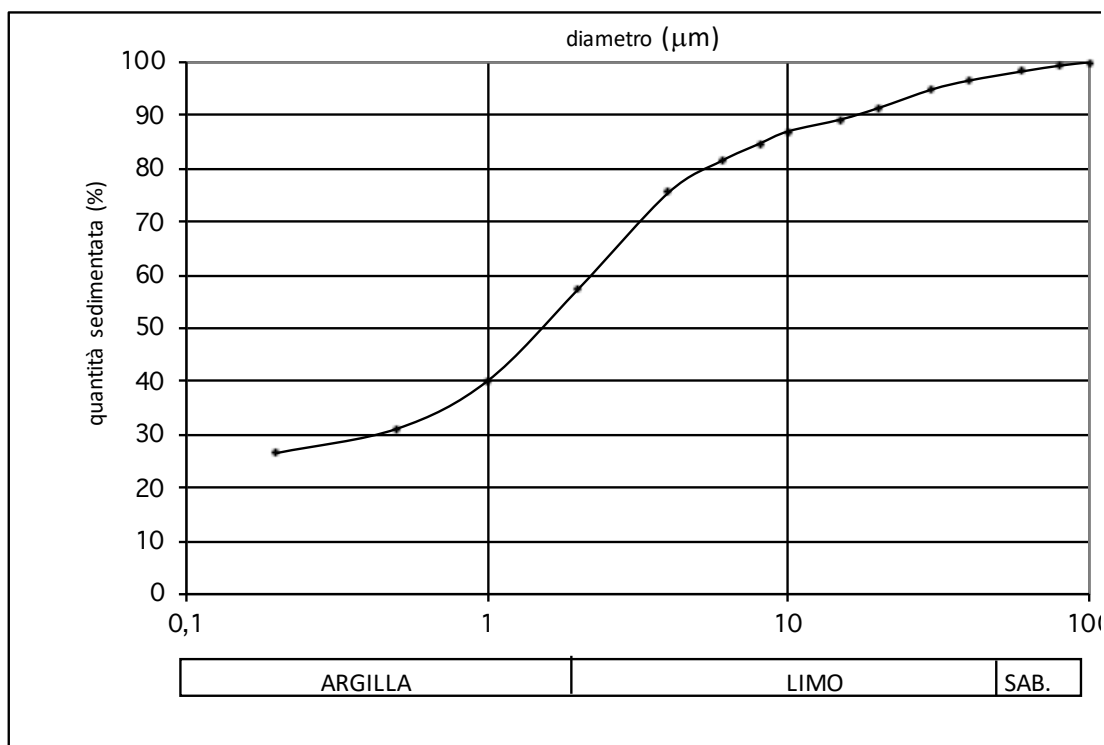
**Descrizione del campione:** Argille organiche marrone scuro

Peso totale del campione (g): 40

Temperatura di prova (°C): 20

Peso specifico dei granuli (kN/m<sup>3</sup>): 24,89

DIAMETRO ( $\mu\text{m}$ )	QUANTITA' %
0,2	26,55
0,5	31,09
1	40,06
2	57,28
4	75,49
6	81,45
8	84,66
10	87,02
15	89,27
20	91,42
30	94,88
40	96,57
60	98,29
80	99,37
100	100,00



Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il Dir

Ing.



tana di Roma  
cio - Colleferro

0

ettore del Laboratorio  
Fabio Bonazzi Bonaca

*Fabio Bonazzi*



Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170

Email: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 4

**PROFONDITA':** 23,6-24,1

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Argille organiche marrone scuro

Peso totale del campione (g): 905

Peso secco (g) : 547

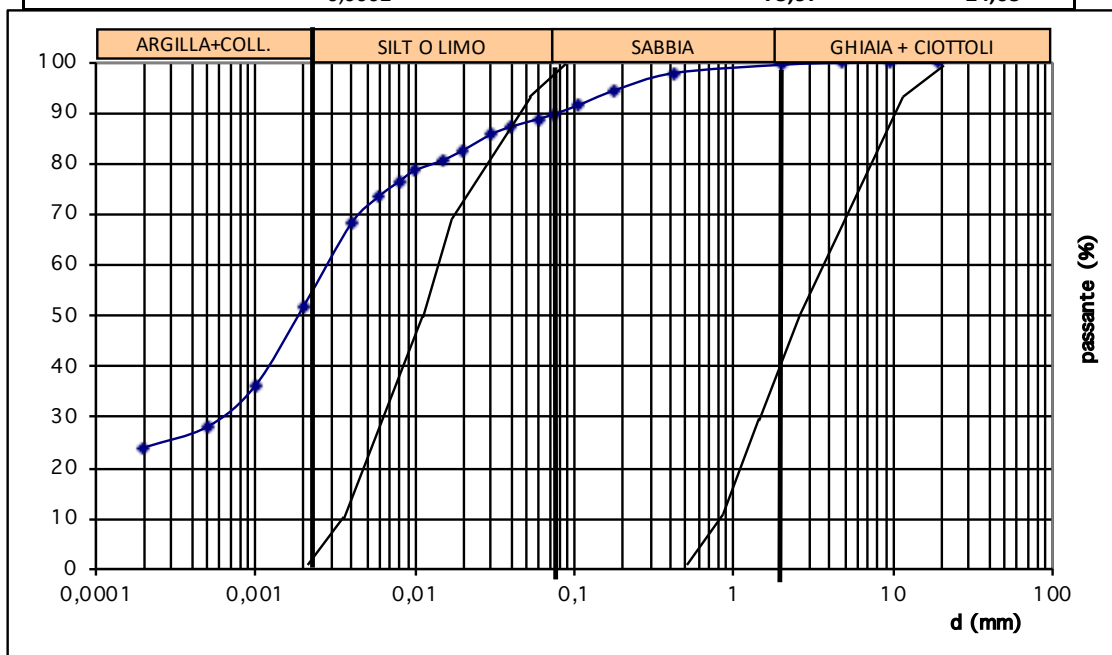
Peso per aerometri 40

Peso specifico (kN/m3): 24,89

Granulometria  
per via umida

Aerometria con  
densimetro

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Trattenuto (%)	Passante (%)
1 1/2	38,1	0,00	100,00
1	25,4	0,00	100,00
3/4	19,05	0,00	100,00
3/8	9,53	0,00	100,00
N4	4,76	0,00	100,00
N10	2,00	0,37	99,63
N40	0,42	2,01	97,99
N80	0,177	5,48	94,52
N140	0,105	8,41	91,59
N200	0,074	10,08	89,92
	0,06	11,05	88,95
	0,040	12,61	87,39
	0,03	14,14	85,86
	0,020	17,27	82,73
	0,015	19,22	80,78
	0,010	21,25	78,75
	0,008	23,39	76,61
	0,006	26,29	73,71
	0,004	31,69	68,31
	0,002	48,17	51,83
	0,001	63,75	36,25
	0,0005	71,87	28,13
	0,0002	75,97	24,03



Lo sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

*David Severini*

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*Fabio Bonazzi Bonaca*



**GEO ECO TEST**  
LABORATORIO TERRE

## DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA DI ATTERBERG

Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 2

**PROFONDITA':** 5,6-6,1

**N° CERTIFICATO:** 675/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

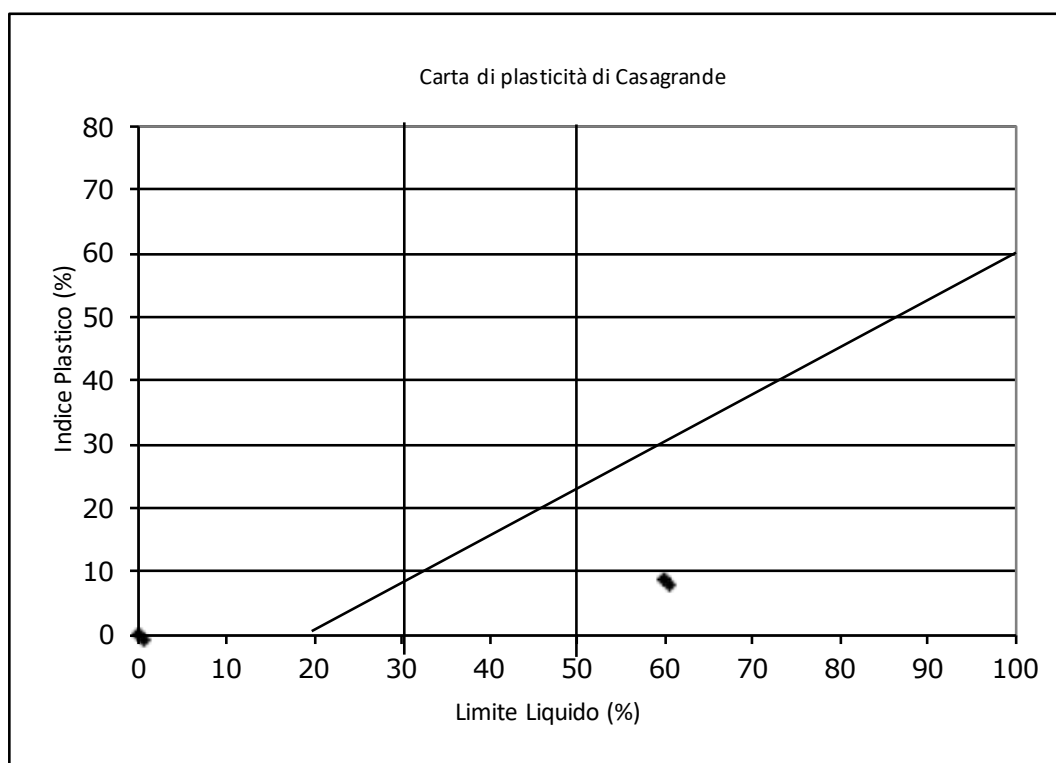
**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Limi argillosi marrone giallastro



Contenuto naturale d'acqua	65,5	%
Limite Liquido	59,8	%
Limite Plastico	51,0	%
Indice Plastico	8,8	%
Limite di Ritiro		%
Indice di Consistenza	-0,64	
Classificazione del Materiale:	Argille organiche	

Lo sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



N° D'ORDINE: 49/22

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 4

PROFONDITA': 23,6-24,1

N° CERTIFICATO: 687/22

COMMITTENTE: Città Metropolitana di Roma

LOCALITA': Via del Pantanaccio - Colleferro

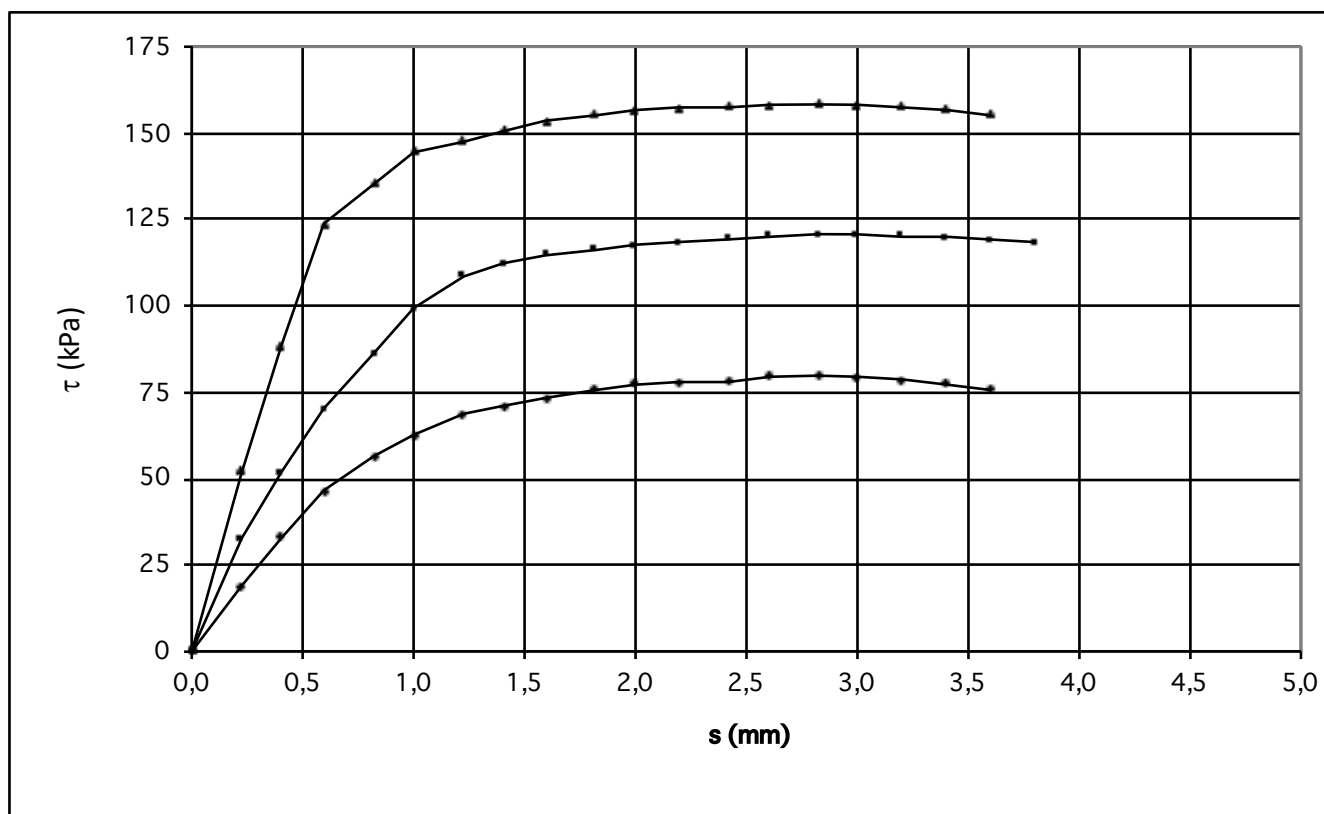
DATA INIZIO: 08/06/22

DATA FINE: 24/06/22

Titolo del lavoro: Interventi Centro anziani

Descrizione del campione: Argille organiche marrone scuro

PROVINO N.	1	2	3
Peso dell'unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	15,26	15,27	15,29
Contenuto naturale d'acqua (%)	65,46	65,46	65,46
Pressione verticale (kPa)	100	200	300
<b>CARATTERISTICHE DELLA PROVA</b>			
Velocità di deformazione (mm/min)	0,001		
Dimensione dei provini (cm)	2,00 x 6,00		
Tipo di prova eseguita:	CD		



Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 4

**PROFONDITA':** 23,6-24,1

**N° CERTIFICATO:** 687/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Argille organiche marrone scuro

**VALORI DEGLI SFORZI DI TAGLIO**

Spostamento s (mm)	Provino 1 $\tau$ (kPa)	Provino 2 $\tau$ (kPa)	Provino 3 $\tau$ (kPa)
0,0	0,0	0,0	0,0
0,2	18,9	32,8	52,1
0,4	33,2	51,9	88,4
0,6	46,3	70,2	123,6
0,8	56,5	86,3	135,6
1,0	62,5	99,1	144,8
1,2	68,4	108,7	147,7
1,4	70,9	112,3	150,9
1,6	73,2	114,9	153,6
1,8	75,8	116,2	155,2
2,0	77,2	117,5	156,4
2,2	77,9	118,4	157,2
2,4	78,2	119,3	157,6
2,6	79,5	120,1	158,1
2,8	79,8	120,4	158,3
3,0	79,4	120,7	157,9
3,2	78,6	120,3	157,5
3,4	77,3	119,8	156,8
3,6	75,8	119,2	155,2
3,8		118,4	
4,0			
4,2			
4,4			
4,6			
4,8			
5,0			

Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

pagina 2/2



Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

### SCHEDA RIASSUNTIVA DEL CAMPIONE

**N° D'ORDINE:** 49/22 **COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma  
**SONDAGGIO:** 2 **LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro  
**CAMPIONE:** 1 **DATA INIZIO:** 08/06/22  
**PROFONDITA':** 1,5-2,0 **DATA FINE:** 24/06/22  
**TITOLO DEL LAVORO:** Interventi Centro anziani  
**DESCRIZIONE:** Limi sabbioso argillosi marrone rossiccio

PARAMETRO GEOTECNICO	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA
PESO DI VOLUME APPARENTE	$\gamma$	16,02	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME SECCO	$\gamma_d$	10,66	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME SATURO	$\gamma_{sat}$	16,70	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME IMMERSO	$\gamma_{imm}$	6,70	kN/m <sup>3</sup>
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	$\gamma_s$	26,89	kN/m <sup>3</sup>
INDICE DEI VUOTI	e	1,522	
POROSITA'	n	60,35	%
GRADO DI SATURAZIONE INIZIALE	Sr	88,73	%
UMIDITA' NATURALE	w	50,23	%
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL	NP	%
LIMITE DI PLASTICITA'	LP	NP	%
INDICE DI PLASTICITA'	IP	NP	%
LIMITE DI RITIRO	LR		%
INDICE DI CONSISTENZA	Ic		
ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO	$\phi'$	23	°
COESIONE DRENATA	c'	21	kPa
ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO	$\phi_{res}$	-	°
COESIONE RESIDUA	c <sub>res</sub>	-	kPa
COESIONE NON DRENATA	c <sub>u</sub>	74,0	kPa
<b>ANALISI GRANULOMETRICA</b>			
PARTE GROSSOLANA	GHIAIA (%)	SABBIA (%)	LIMO+ARGILLA (%)
(% trattenuta al setaccio n°200)	1,55	22,46	75,99
PARTE FINA	SABBIA (%)	LIMO (%)	ARGILLA (%)
(% passante al setaccio n°200)	2,96	65,95	31,09
GRANULOMETRIA CUMULATIVA	GHIAIA (%)	SABBIA (%)	LIMO (%) ARGILLA (%)
	1,55	24,71	50,12 23,63
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
INDICE DI GRUPPO			

Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*David Severini*

*Fabio Bonazzi Bonaca*



# GEO ECO TEST

## LABORATORIO TERRE

Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Mail: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 2

**CAMPIONE:** 1

**PROFONDITA':** 1,5-2,0

**TITOLO DEL LAVORO:** Interventi Centro anziani

**DESCRIZIONE:** Limi sabbioso argillosi marrone rossiccio

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

QUALITA' DEL CAMPIONE	Q5
-----------------------	----



Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca





Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170

Email: geocotest@gmail.com

**MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA**  
**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME**  
**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANULI SOLIDI**

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 2

**CAMPIONE:** 1

**PROFONDITA':** 1,5-2,0

**N° CERTIFICATO:** 688/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione:** Limi sabbioso argillosi marrone rossiccio

**MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA**

Tara Contenitore	19,22 g
Massa umida del terreno + Tara	123,81 g
Massa secca del terreno + Tara	88,84 g
Massa Netta Secca del terreno	69,62 g
Massa del contenuto in Acqua nel terreno	34,97 g
<b>MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA (w)</b>	<b>50,23</b> %

**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME**

Volume Fustella	80,00 cm <sup>3</sup>
Tara Fustella	84,30 g
Massa del Terreno e della Fustella	212,42 g
<b>PESO DELL'UNITA' DI VOLUME (γ)</b>	<b>16,02</b> kN/m <sup>3</sup>

**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANULI SOLIDI**

	PROVA 1	PROVA 2
Volume del Picnometro	75,00	75,00 (cm <sup>3</sup> )
Tara Picnometro	48,39	29,94 (g)
Massa secca del terreno + Tara	73,38	49,96 (g)
Temperatura di prova	34,00	33,00 (°C)
Peso di volume Acqua T° (γ <sub>w</sub> )	0,9944	0,9947 (kN/m <sup>3</sup> )
Massa Netta Secca del terreno (p)	24,99	20,01 (g)
Massa acqua e picnometro (p1)	122,708	80,29 (g)
Massa acqua picnometro e terreno (p2)	138,53	92,84 (g)
<b>Peso dell'unità di volume dei granuli solidi (γ<sub>s</sub>)</b>	<b>27,11</b>	<b>26,67</b> (kN/m <sup>3</sup> )
<b>Valore medio (γ<sub>s</sub>)</b>	<b>26,89</b>	(kN/m <sup>3</sup> )

Lo sperimentatore  
 Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
 Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 2

**CAMPIONE:** 1

**PROFONDITA':** 1,5-2,0

**N° CERTIFICATO:** 689/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione:** Limi sabbioso argillosi marrone rossiccio

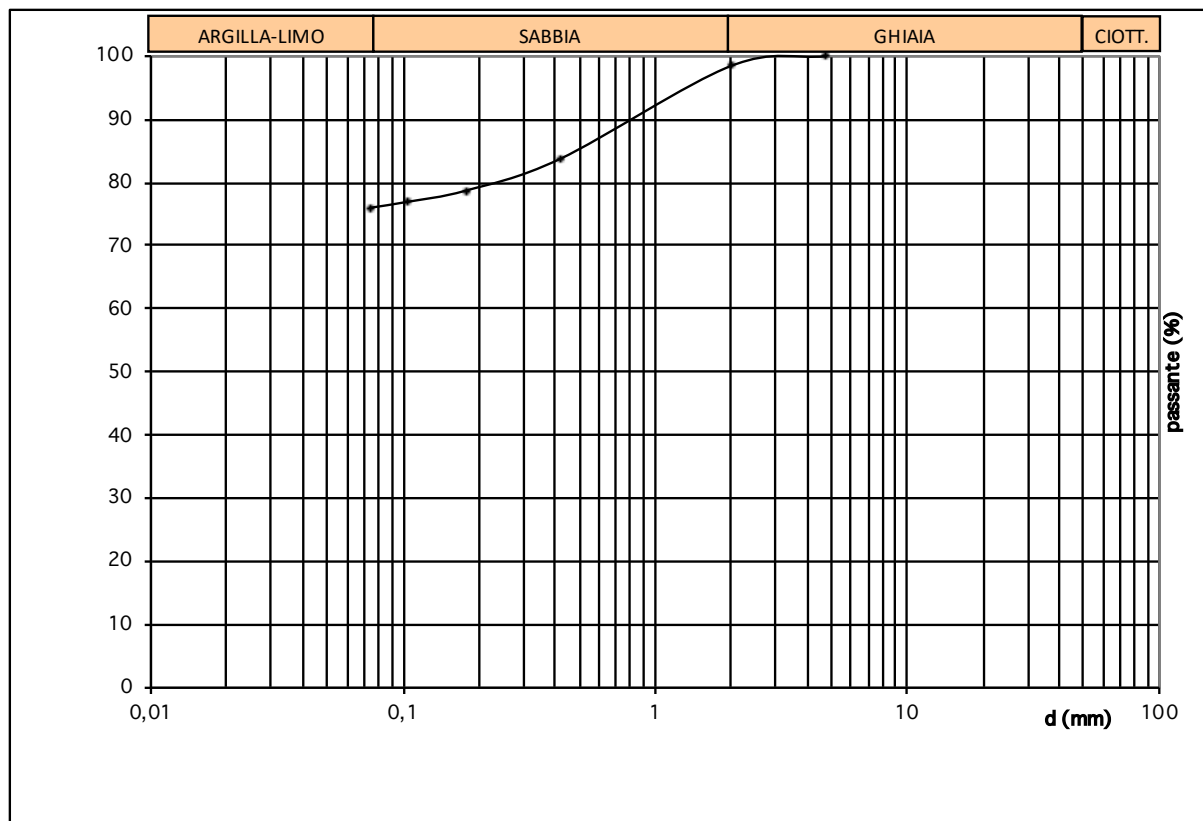
**Tipo di prova:** per via umida

**Peso totale del campione (g):** 776

**Umidità (%) :** 50,2

**Peso secco (g) :** 517

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Peso netto trattenuto (g)	Trattenuto (%)	Passante (%)
N4	4,76	0	0,00	100,00
N10	2,00	8	1,55	98,45
N40	0,42	84	16,26	83,74
N80	0,177	110	21,30	78,70
N140	0,105	119	23,04	76,96
N200	0,074	124	24,01	75,99



Lo sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Pagina 1/1



**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

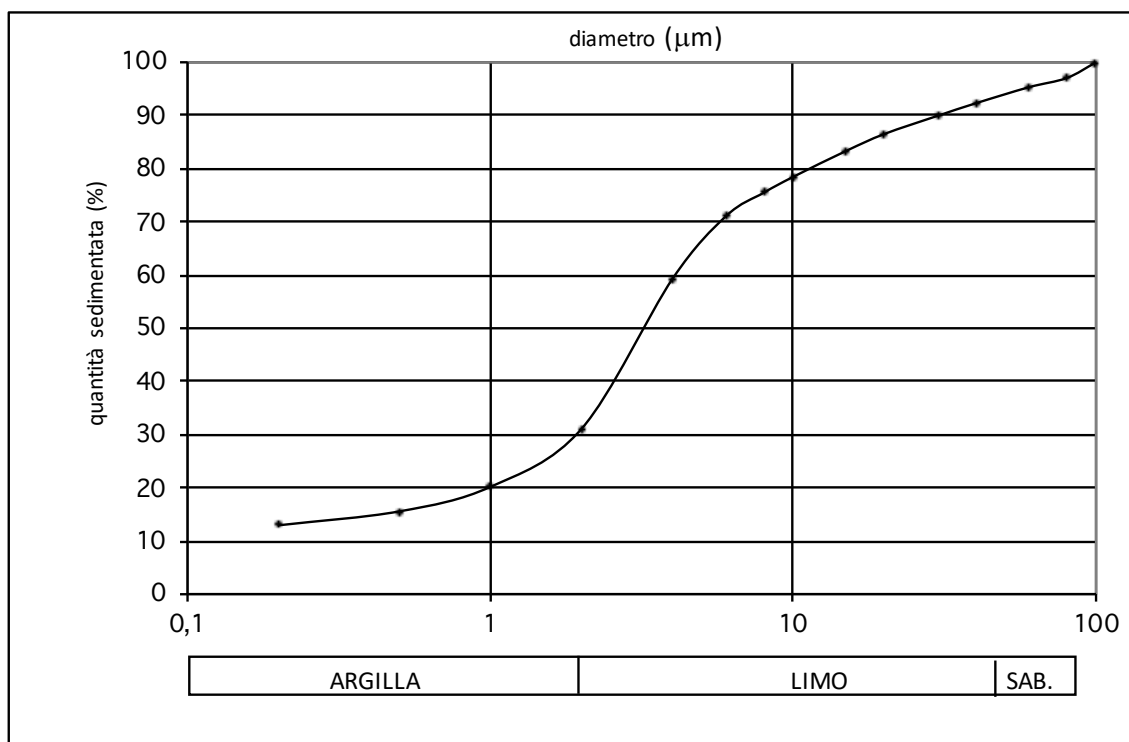
**Descrizione del campione:** Limi sabbiosi argillosi marrone rossiccio

Peso totale del campione (g): 40

Temperatura di prova (°C): 20

Peso specifico dei granuli (kN/m<sup>3</sup>): 26,89

DIAMETRO ( $\mu\text{m}$ )	QUANTITA' %
0,2	12,96
0,5	15,57
1	20,18
2	31,09
4	59,35
6	71,08
8	75,49
10	78,46
15	83,37
20	86,52
30	89,94
40	92,28
60	95,31
80	97,04
100	100,00



Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170

Email: geoecotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 2

**CAMPIONE:** 1

**PROFONDITA':** 1,5-2,0

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Limi sabbioso argillosi marrone rossiccio

Peso totale del campione (g): 776

Peso secco (g) : 517

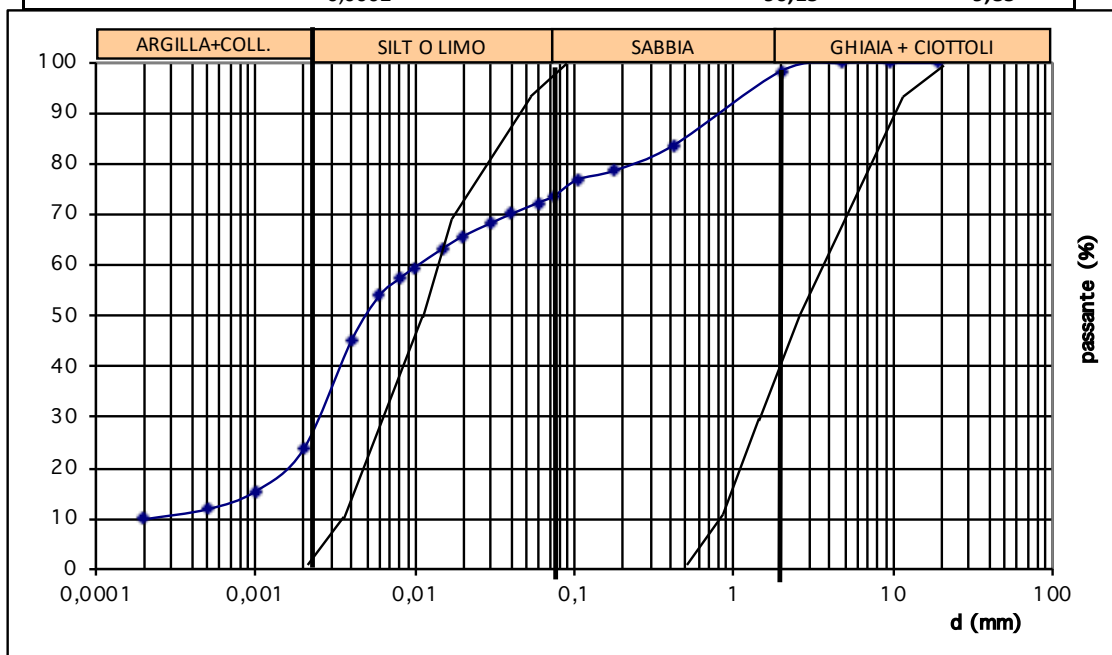
Peso per aerometri 40

Peso specifico (kN/m<sup>3</sup>): 26,98

Granulometria  
per via umida

Aerometria con  
densimetro

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Trattenuto (%)	Passante (%)
1 1/2	38,1	0,00	100,00
1	25,4	0,00	100,00
3/4	19,05	0,00	100,00
3/8	9,53	0,00	100,00
N4	4,76	0,00	100,00
N10	2,00	1,55	98,45
N40	0,42	16,26	83,74
N80	0,177	21,30	78,70
N140	0,105	23,04	76,96
N200	0,074	26,26	73,74
	0,06	27,57	72,43
	0,040	29,87	70,13
	0,03	31,65	68,35
	0,020	34,25	65,75
	0,015	36,64	63,36
	0,010	40,38	59,62
	0,008	42,63	57,37
	0,006	45,98	54,02
	0,004	54,90	45,10
	0,002	76,38	23,62
	0,001	84,66	15,34
	0,0005	88,17	11,83
	0,0002	90,15	9,85



Lo sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

*David Severini*

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*Fabio Bonazzi Bonaca*



**GEO ECO TEST**  
LABORATORIO TERRE

## DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA DI ATTERBERG

Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 2

**CAMPIONE:** 1

**PROFONDITA':** 1,5-2,0

**N° CERTIFICATO:** 691/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

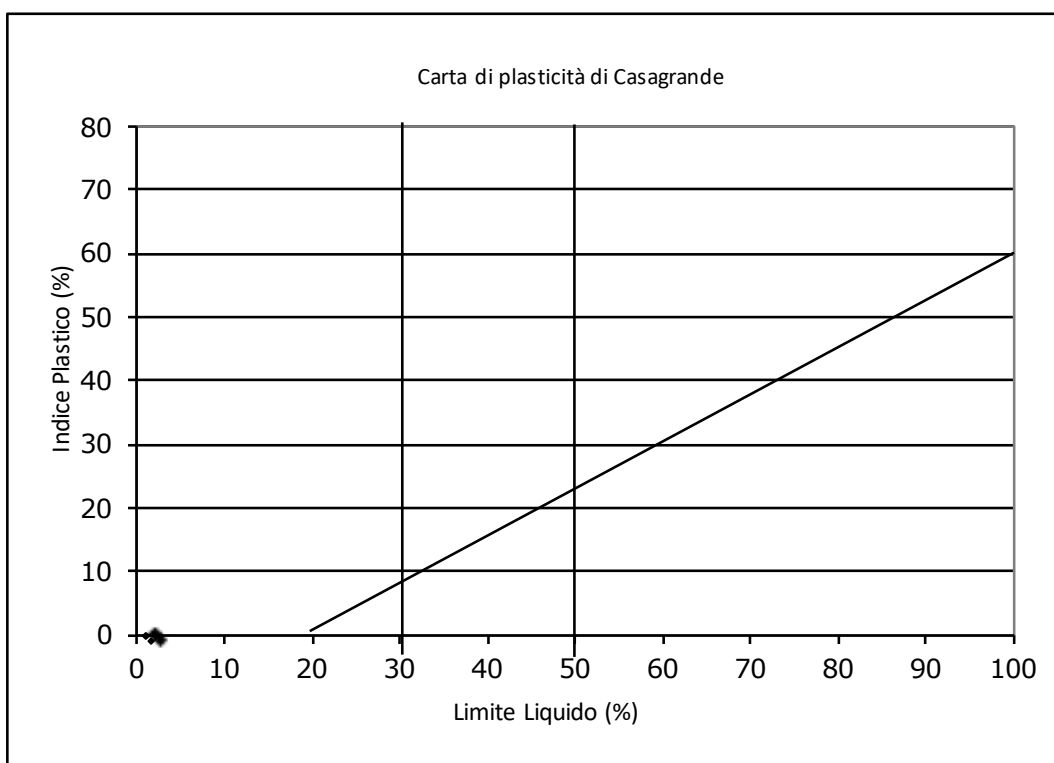
**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Limi sabbioso argillosi marrone rossiccio



Contenuto naturale d'acqua	50,2	%
Limite Liquido	NP	%
Limite Plastico	NP	%
Indice Plastico	NP	%
Limite di Ritiro		%
Indice di Consistenza		%
Classificazione del Materiale:	Limi non plastici	

Lo sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



## PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ORDINE: 49/22

N° CERTIFICATO: 692/22

SONDAGGIO: 2

COMMITTENTE: Città Metropolitana di Roma

CAMPIONE: 1

LOCALITA': Via del Pantanaccio - Colleferro

PROFONDITA': 1,5-2,0

DATA INIZIO: 08/06/22

DATA FINE: 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione:** Limi sabbioso argillosi marrone rossiccio

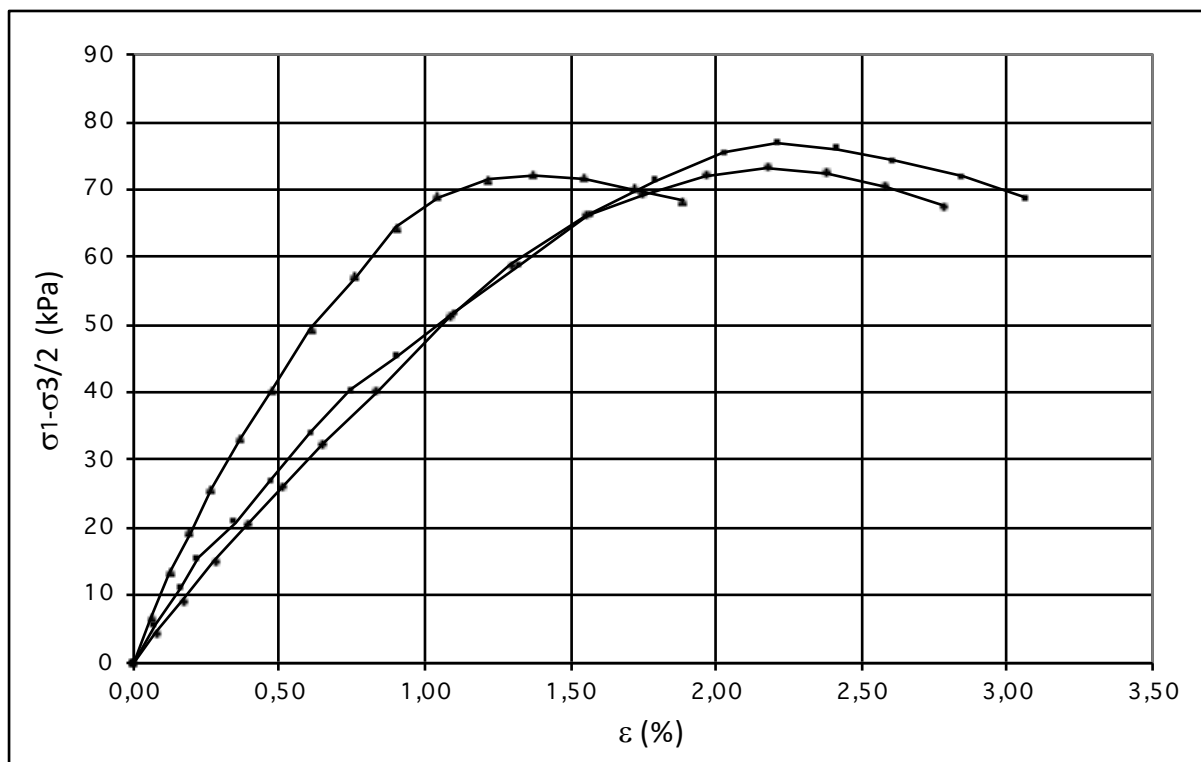
Velocità di prova (mm/min): 0,1

### Dati provino

	H in (mm)	A in (cm <sup>2</sup> )	$\gamma$ in (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ in (g/cm <sup>3</sup> )	W in (%)	W fin (%)	Sr in (%)	Sr fin (%)
Provino 1	76,2	11,4	1,60	1,06	50,87	50,72	89,20	89,40
Provino 2	76,2	11,4	1,60	1,07	50,32	50,10	88,98	89,08
Provino 3	76,2	11,4	1,60	1,06	50,79	50,50	88,98	89,00

### Dati rottura

	$\sigma_{1c}$ (kPa)	$\sigma_{3c}$ (kPa)	$\epsilon$ (%)	$\sigma_{1-\sigma_{3/2}}$ (kPa)	A (cm <sup>2</sup> )
Provino 1	273,20	200	2,18	73,20	11,65
Provino 2	376,90	300	2,21	76,90	11,66
Provino 3	472,10	400	1,37	72,10	11,56



Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*David Severini*

*Fabio Bonazzi Bonaca*

**GEO ECO TEST**

LABORATORIO TERRE

**PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE****N° D'ORDINE:** 49/22**SONDAGGIO:** 2**CAMPIONE:** 1**PROFONDITA':** 1,5-2,0**N° CERTIFICATO:** 692/22**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro**DATA INIZIO:** 08/06/22**DATA FINE:** 24/06/22**Titolo del lavoro:****Descrizione del campione :**

n°lettura	Pressione di cella: 200 kPa		Pressione di cella: 300 kPa		Pressione di cella: 400 kPa	
	$\varepsilon$ (%)	$\sigma_1 - \sigma_3/2$ (kPa)	$\varepsilon$ (%)	$\sigma_1 - \sigma_3/2$ (kPa)	$\varepsilon$ (%)	$\sigma_1 - \sigma_3/2$ (kPa)
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,08	4,50	0,07	5,70	0,06	6,60
3	0,17	9,10	0,16	10,90	0,12	13,30
4	0,28	15,00	0,22	15,50	0,19	19,30
5	0,39	20,50	0,35	20,90	0,27	25,70
6	0,51	26,20	0,47	26,90	0,37	33,30
7	0,65	32,40	0,61	34,10	0,47	40,20
8	0,83	40,20	0,75	40,30	0,61	49,40
9	1,09	51,20	0,90	45,20	0,76	57,10
10	1,29	58,80	1,11	51,70	0,90	64,30
11	1,55	66,20	1,33	58,80	1,04	68,90
12	1,75	69,30	1,57	66,40	1,22	71,50
13	1,96	72,10	1,79	71,30	1,37	72,10
14	2,18	73,20	2,03	75,50	1,55	71,70
15	2,38	72,40	2,21	76,90	1,72	70,20
16	2,58	70,50	2,42	76,10	1,89	68,40
17	2,78	67,60	2,61	74,30		
18			2,85	71,90		
19			3,07	68,80		
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170

Email: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 2

**PROFONDITA':** 5,6-6,1

**N° CERTIFICATO:** 677/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Limi argillosi marrone giallastro

**Dati provino**

SEZIONE PROVINO	40,00	cm2
ALTEZZA INIZIALE	20,00	mm
ALTEZZA FINALE (dopo fase di carico)	17,14	mm
ALTEZZA FINALE (dopo fase di scarico)	20,00	mm
PESO TARA 1	84,30	g
PESO LORDO UMIDO INIZIALE	212,42	g
PESO TARA 2	84,30	g
PESO LORDO UMIDO FINALE	205,39	g
PESO LORDO SECCO	169,58	g
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	$\gamma_s$ 26,89	kN/m3
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME INIZIALE	$\gamma_n$ 16,02	kN/m3
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME FINALE	$\gamma_f$ 16,21	kN/m3
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME SECCO	$\gamma_d$ 10,66	kN/m3
CONTENUTO D'ACQUA INIZIALE	w0 50,23	%
CONTENUTO D'ACQUA FINALE	wf 51,43	%
SATURAZIONE INIZIALE	S0 88,73	%
SATURAZIONE FINALE	Sf 99,28	%
INDICE DEI VUOTI INIZIALE	e0 1,522	
INDICE DEI VUOTI FINALE	ef 1,137	
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME SECCO FINALE	$\gamma_{df}$ 11,42	kN/m3

**METODO CASAGRANDE**
**Risultati**

$\sigma$ (kPa)	$\Delta H$ (mm)	s (%)	e	M (MPa)	cv (cm2/sec)	k (cm/sec)	c $\alpha$	Cc (kPa)
12,5	0,091	0,455	1,511	2,735	3,63E-03	1,33E-04		
25	0,142	0,710	1,504	4,867	1,05E-03	2,15E-05	0,0283	0,0214
50	0,246	1,230	1,491	4,749	2,15E-03	4,53E-05	0,0503	0,0436
100	0,428	2,141	1,468	5,374	3,98E-03	7,40E-05	0,1006	0,0763
200	0,696	3,480	1,434	7,206	6,23E-03	8,64E-05	0,1079	0,1122
400	1,114	5,570	1,382	9,036	3,77E-03	4,17E-05	0,1153	0,1751
800	1,768	8,840	1,299	11,151	9,54E-03	8,56E-05	0,2515	0,2740
1600	3,055	15,275	1,137	10,533	8,61E-03	8,18E-05	0,3249	0,5392
800	2,943	14,715	1,151					
200	2,604	13,020	1,194					
50	2,339	11,695	1,227					


Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini



Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca





**GEO ECO TEST**

LABORATORIO TERRE

Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170

Email: geoecotest@gmail.com

## PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

N° D'ORDINE: 49/22

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': 5,6-6,1

N° CERTIFICATO: 677/22

COMMITTENTE: Città Metropolitana di Roma

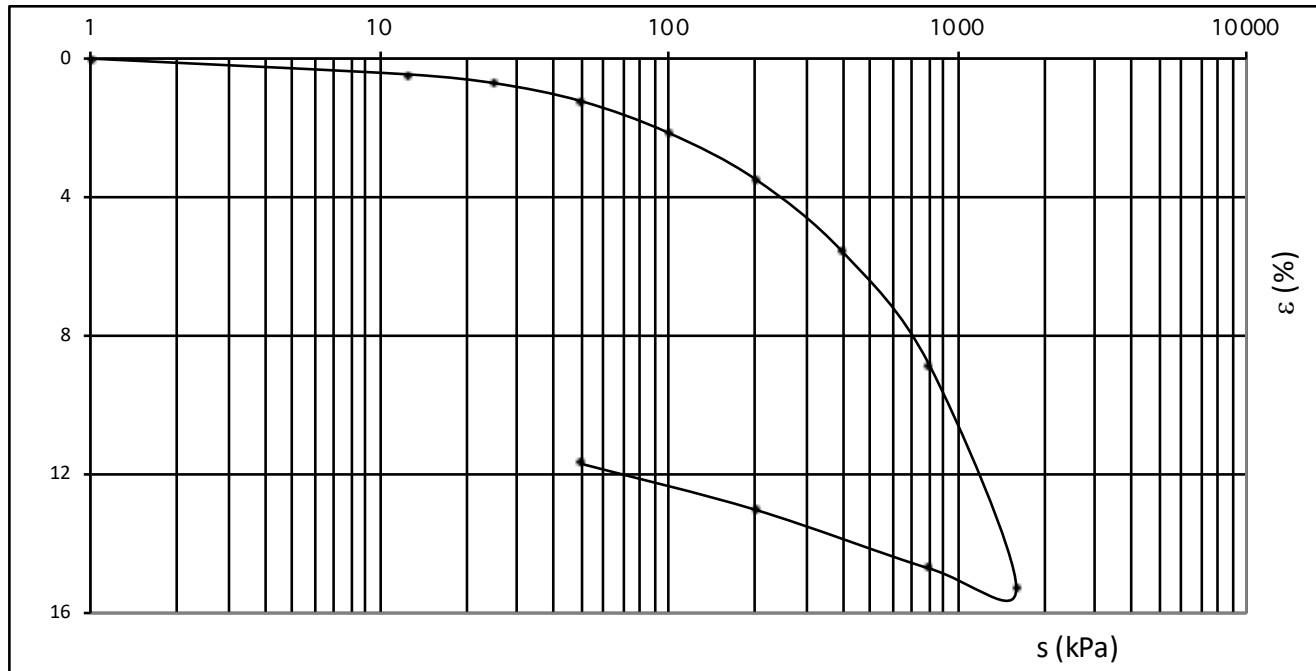
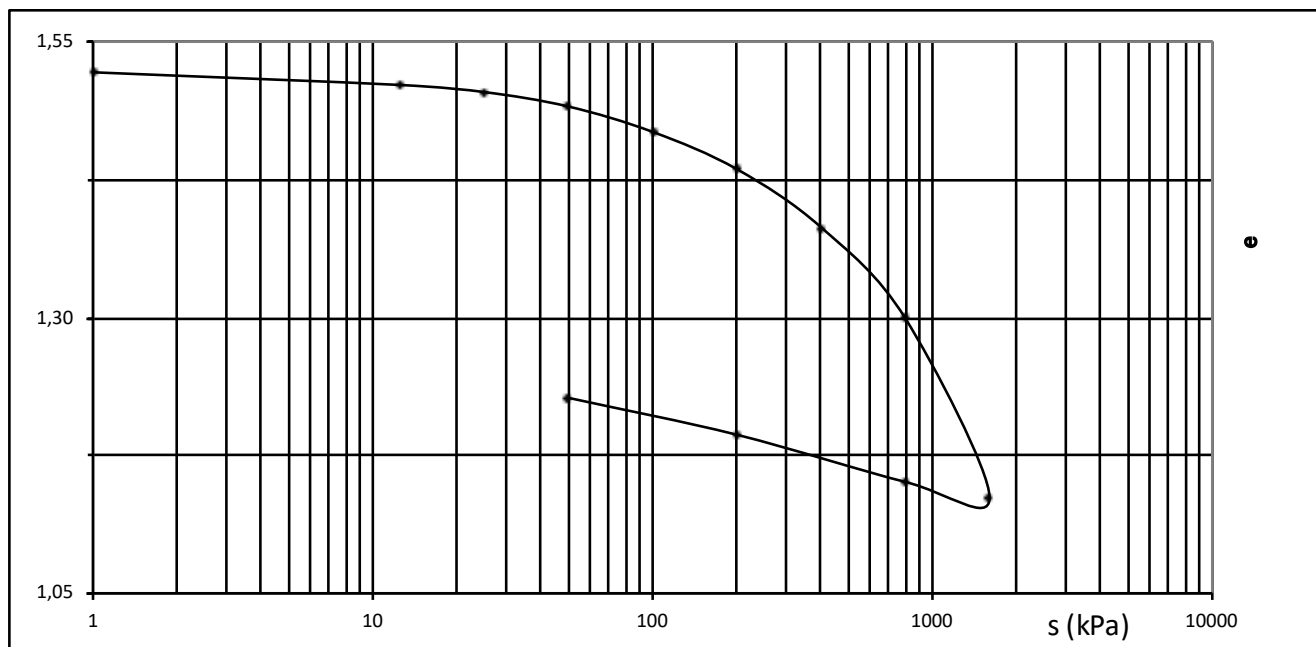
LOCALITA': Via del Pantanaccio - Colleferro

DATA INIZIO: 08/06/22

DATA FINE: 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione:** Limi argillosi marrone giallastro



Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

pagina 2/4



**GEO ECO TEST**

LABORATORIO TERRE

Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170

Email: geocotest@gmail.com

## PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

N° D'ORDINE: 49/22

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': 5,6-6,1

N° CERTIFICATO: 677/22

COMMITTENTE: Città Metropolitana di Roma

LOCALITA': Via del Pantanaccio - Colleferro

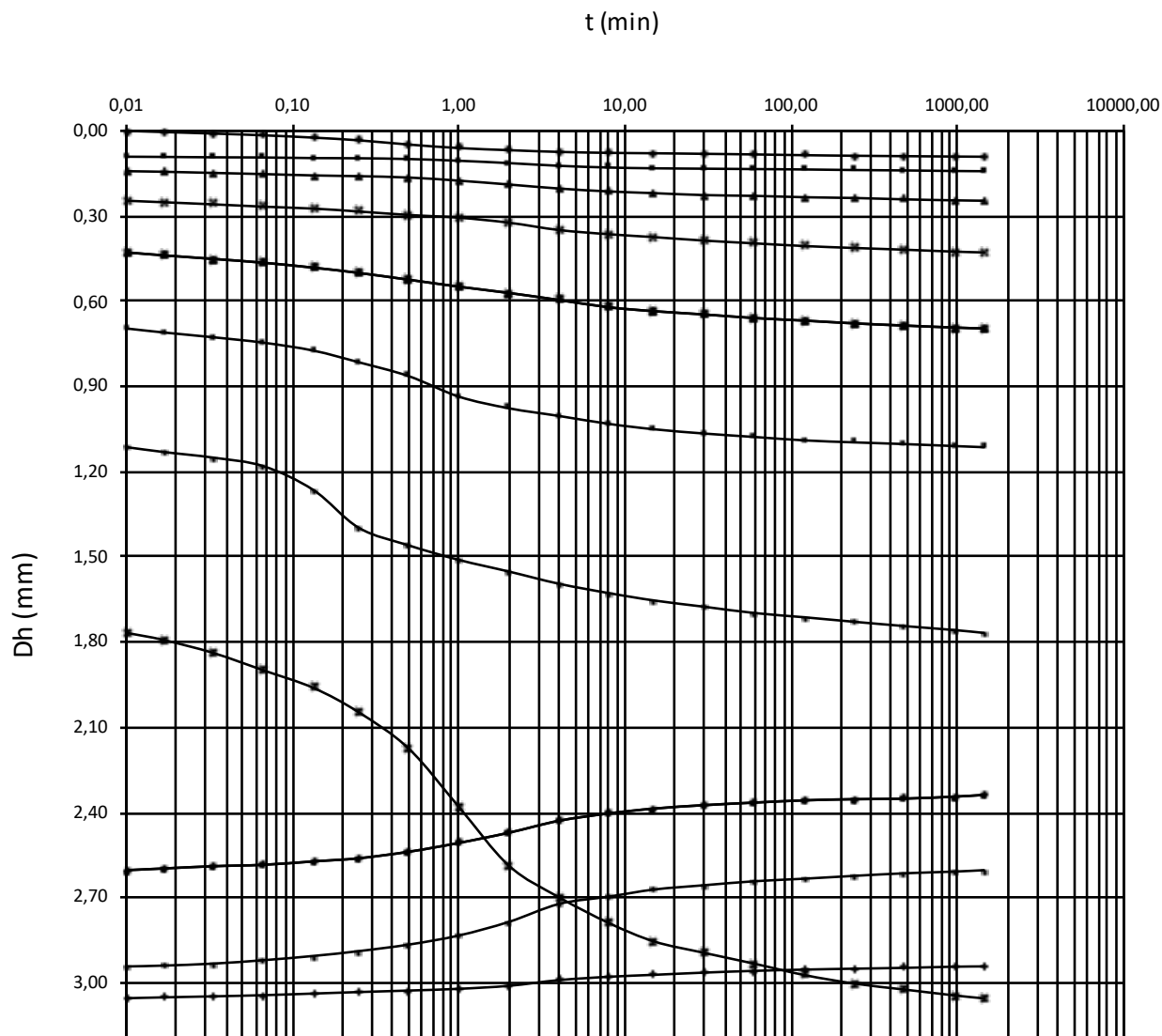
DATA INIZIO: 08/06/22

DATA FINE: 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione:** Limi argillosi marrone giallastro

### CURVE EDOMETRICHE



Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

*David Severini*

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*Fabio Bonazzi Bonaca*

**GEO ECO TEST**

LABORATORIO TERRE

Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170

Email: geoecotest@gmail.com

**PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA****N° D'ORDINE:** 49/22**SONDAGGIO:** 1**CAMPIONE:** 2**PROFONDITA':** 5,6-6,1**N° CERTIFICATO:** 677/22**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro**DATA INIZIO:** 08/06/22**DATA FINE:** 24/06/22**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani**Descrizione del campione:** Limi argillosi marrone giallastro

VALORI DELLE CURVE EDOMETRICHE							
tempi (min)	12,5	25	50	100	200	400	800
0,01	0,0000	0,0910	0,1420	0,2460	0,4281	0,6960	1,1140
0,02	0,0041	0,0917	0,1440	0,2514	0,4383	0,7100	1,1310
0,03	0,0095	0,0931	0,1481	0,2588	0,4510	0,7270	1,1510
0,07	0,0156	0,0937	0,1522	0,2670	0,4644	0,7460	1,1810
0,13	0,0238	0,0958	0,1569	0,2738	0,4819	0,7740	1,2650
0,25	0,0333	0,0965	0,1596	0,2840	0,5003	0,8150	1,3980
0,50	0,0482	0,0992	0,1644	0,2962	0,5243	0,8640	1,4600
1	0,0605	0,1053	0,1753	0,3057	0,5488	0,9360	1,5110
2	0,0679	0,1135	0,1889	0,3234	0,5708	0,9770	1,5520
4	0,0740	0,1230	0,2031	0,3492	0,5957	1,0040	1,5950
8	0,0774	0,1291	0,2133	0,3641	0,6213	1,0320	1,6280
15	0,0788	0,1318	0,2194	0,3743	0,6352	1,0510	1,6540
30	0,0808	0,1332	0,2262	0,3865	0,6466	1,0660	1,6760
60	0,0829	0,1345	0,2289	0,3961	0,6592	1,0780	1,6980
120	0,0856	0,1359	0,2337	0,4056	0,6682	1,0900	1,7130
240	0,0876	0,1379	0,2364	0,4124	0,6780	1,0970	1,7290
480	0,0890	0,1393	0,2412	0,4185	0,6857	1,1030	1,7440
960	0,0904	0,1413	0,2446	0,4253	0,6927	1,1100	1,7580
1440	0,0910	0,1420	0,2460	0,4281	0,6960	1,1140	1,7680
tempi (min)	1600	800	200	50			
0,01	1,7680	3,0550	2,9430	2,6040			
0,02	1,7930	3,0520	2,9400	2,5980			
0,03	1,8390	3,0484	2,9330	2,5900			
0,07	1,9000	3,0443	2,9210	2,5850			
0,13	1,9620	3,0386	2,9060	2,5730			
0,25	2,0480	3,0333	2,8890	2,5620			
0,50	2,1760	3,0280	2,8660	2,5390			
1	2,3810	3,0219	2,8340	2,5080			
2	2,5880	3,0113	2,7860	2,4720			
4	2,6990	2,9913	2,7230	2,4300			
8	2,7900	2,9795	2,6970	2,4040			
15	2,8550	2,9726	2,6720	2,3870			
30	2,8950	2,9648	2,6570	2,3750			
60	2,9330	2,9587	2,6430	2,3660			
120	2,9730	2,9542	2,6340	2,3580			
240	3,0030	2,9510	2,6240	2,3540			
480	3,0240	2,9481	2,6150	2,3520			
960	3,0447	2,9440	2,6090	2,3450			
1440	3,0550	2,9430	2,6040	2,3390			

Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

pagina 4/4



Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

### SCHEDA RIASSUNTIVA DEL CAMPIONE

**N° D'ORDINE:** 49/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**SONDAGGIO:** 2

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**CAMPIONE:** 2

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**PROFONDITA':** 7,5-89,0

**DATA FINE:** 24/06/22

**TITOLO DEL LAVORO:** Interventi Centro anziani

**DESCRIZIONE:** Limi argillosi marrone rossastri con livelli sabbiosi verdognoli poco consolidati

PARAMETRO GEOTECNICO	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA
PESO DI VOLUME APPARENTE	$\gamma$	15,40	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME SECCO	$\gamma_d$	9,79	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME SATURO	$\gamma_{sat}$	16,05	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME IMMERSO	$\gamma_{imm}$	6,05	kN/m <sup>3</sup>
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	$\gamma_s$	26,14	kN/m <sup>3</sup>
INDICE DEI VUOTI	e	1,669	
POROSITA'	n	62,53	%
GRADO DI SATURAZIONE INIZIALE	Sr	89,61	%
UMIDITA' NATURALE	w	57,22	%
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL	61,4	%
LIMITE DI PLASTICITA'	LP	42,3	%
INDICE DI PLASTICITA'	IP	19,1	%
LIMITE DI RITIRO	LR		%
INDICE DI CONSISTENZA	Ic	0,22	
ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO	$\phi'$	25	°
COESIONE DRENATA	c'	26	kPa
ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO	$\phi_{res}$	-	°
COESIONE RESIDUA	c <sub>res</sub>	-	kPa
COESIONE NON DRENATA	Cu	-	kPa
<b>ANALISI GRANULOMETRICA</b>			
PARTE GROSSOLANA	GHIAIA (%)	SABBIA (%)	LIMO+ARGILLA (%)
(% trattenuta al setaccio n°200)	0,73	16,68	82,59
PARTE FINA	SABBIA (%)	LIMO (%)	ARGILLA (%)
(% passante al setaccio n°200)	1,64	54,68	43,68
GRANULOMETRIA CUMULATIVA	GHIAIA (%)	SABBIA (%)	LIMO (%) ARGILLA (%)
	0,73	18,03	45,16 36,08
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
INDICE DI GRUPPO			

Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*David Severini*

*Fabio Bonazzi Bonaca*



# GEO ECO TEST

## LABORATORIO TERRE

Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Mail: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 2

**CAMPIONE:** 2

**PROFONDITA':** 7,5-89,0

**TITOLO DEL LAVORO:** Interventi Centro anziani

**DESCRIZIONE:** Limi argillosi marrone rossastri con livelli sabbiosi verdognoli poco consolidati

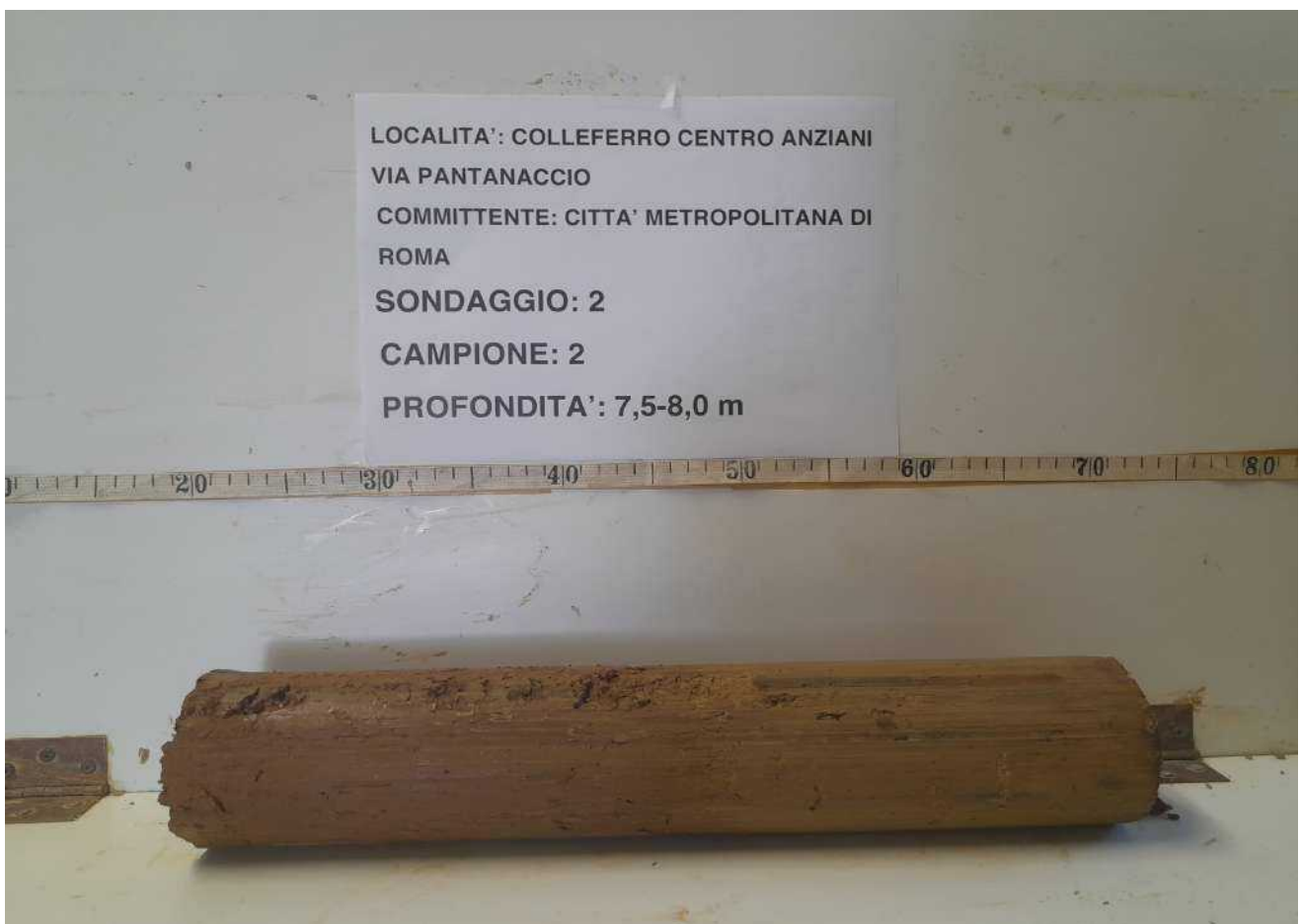
**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

QUALITA' DEL CAMPIONE	Q5
-----------------------	----



Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170

Email: geocotest@gmail.com

**MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA**  
**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME**  
**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANULI SOLIDI**

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 2

**CAMPIONE:** 2

**PROFONDITA':** 7,5-8,0

**N° CERTIFICATO:** 694/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione:** Limi argillosi marrone rossastri con livelli sabbiosi verdognoli poco consolidati

**MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA**

Tara Contenitore	20,88 g
Massa umida del terreno + Tara	146,30 g
Massa secca del terreno + Tara	100,65 g
Massa Netta Secca del terreno	79,78 g
Massa del contenuto in Acqua nel terreno	45,65 g
<b>MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA (w)</b>	<b>57,22</b> %

**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME**

Volume Fustella	40,00 cm <sup>3</sup>
Tara Fustella	58,92 g
Massa del Terreno e della Fustella	120,50 g
<b>PESO DELL'UNITA' DI VOLUME (γ)</b>	<b>15,40</b> kN/m <sup>3</sup>

**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANULI SOLIDI**

	PROVA 1	PROVA 2
Volume del Picnometro	75,00	75,00 (cm <sup>3</sup> )
Tara Picnometro	48,38	29,94 (g)
Massa secca del terreno + Tara	73,41	50,62 (g)
Temperatura di prova	32,00	31,00 (°C)
Peso di volume Acqua T° (γ <sub>w</sub> )	0,99505	0,9954 (kN/m <sup>3</sup> )
Massa Netta Secca del terreno (p)	25,04	20,68 (g)
Massa acqua e picnometro (p1)	122,752	80,31 (g)
Massa acqua picnometro e terreno (p2)	138,241	93,13 (g)
<b>Peso dell'unità di volume dei granuli solidi (γ<sub>s</sub>)</b>	<b>26,10</b>	<b>26,18</b> (kN/m <sup>3</sup> )
<b>Valore medio (γ<sub>s</sub>)</b>	<b>26,14</b>	(kN/m <sup>3</sup> )

Lo sperimentatore  
 Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
 Ing. Fabio Bonazzi Bonaca





Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 2

**CAMPIONE:** 2

**PROFONDITA':** 7,5-8,0

**N° CERTIFICATO:** 695/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione:** Limi argillosi marrone rossastri con livelli sabbiosi verdognoli poco consolidati

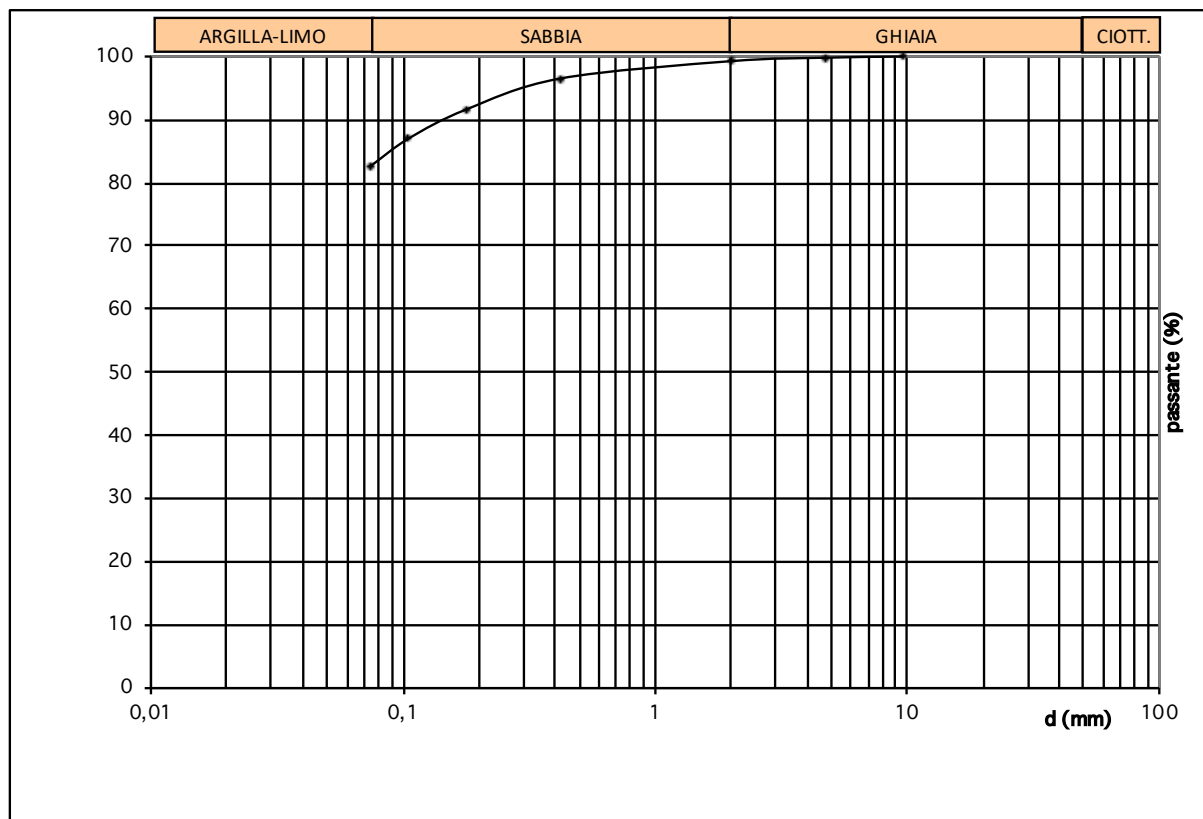
**Tipo di prova:** per via umida

**Peso totale del campione (g):** 858

**Umidità (%) :** 57,2

**Peso secco (g) :** 546

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Peso netto trattenuto (g)	Trattenuto (%)	Passante (%)
3/8	9,53	0	0,00	100,00
N4	4,76	1	0,18	99,82
N10	2,00	4	0,73	99,27
N40	0,42	19	3,48	96,52
N80	0,177	46	8,43	91,57
N140	0,105	71	13,01	86,99
N200	0,074	95	17,41	82,59



Lo sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Pagina 1/1



## ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

N° D'ORDINE: 49/22

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': 7,5-8,0

N° CERTIFICATO: 696/22

COMMITTENTE: Città Metropolitana di Roma

LOCALITA': Via del Pantanaccio - Colleferro

DATA INIZIO: 08/06/22

DATA FINE: 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

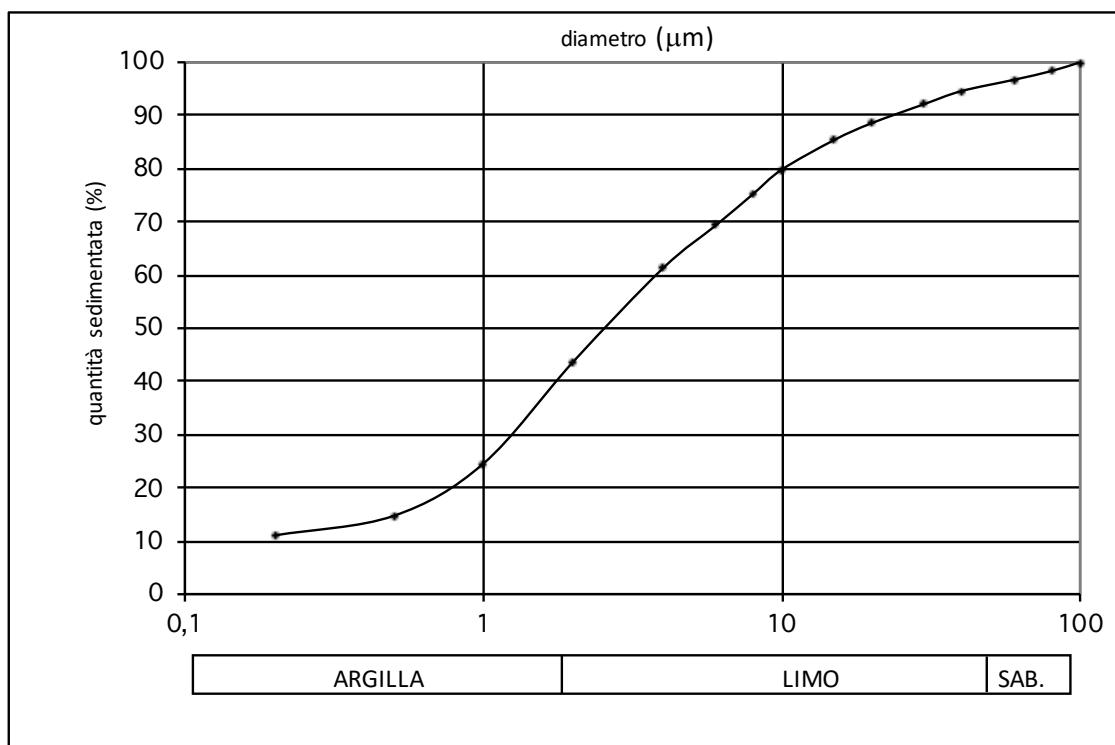
**Descrizione del campione:** Limi argillosi marrone rossastri con livelli sabbiosi verdognoli poco consolidati

Peso totale del campione (g): 40

Temperatura di prova (°C): 20

Peso specifico dei granuli (kN/m<sup>3</sup>): 26,14

DIAMETRO ( $\mu\text{m}$ )		QUANTITA' %
0,2	Argilla	11,06
0,5		14,72
1		24,54
2		43,68
4	Limo	61,27
6		69,29
8		75,18
10		79,81
15		85,39
20		88,54
30		92,12
40		94,58
60		96,71
80	Sabbia	98,34
100		100,00



Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Limi argillosi marrone rossastri con livelli sabbiosi verdognoli poco consolidati

Peso totale del campione (g): 858

Peso secco (g) : 546

Peso per aerometri 40

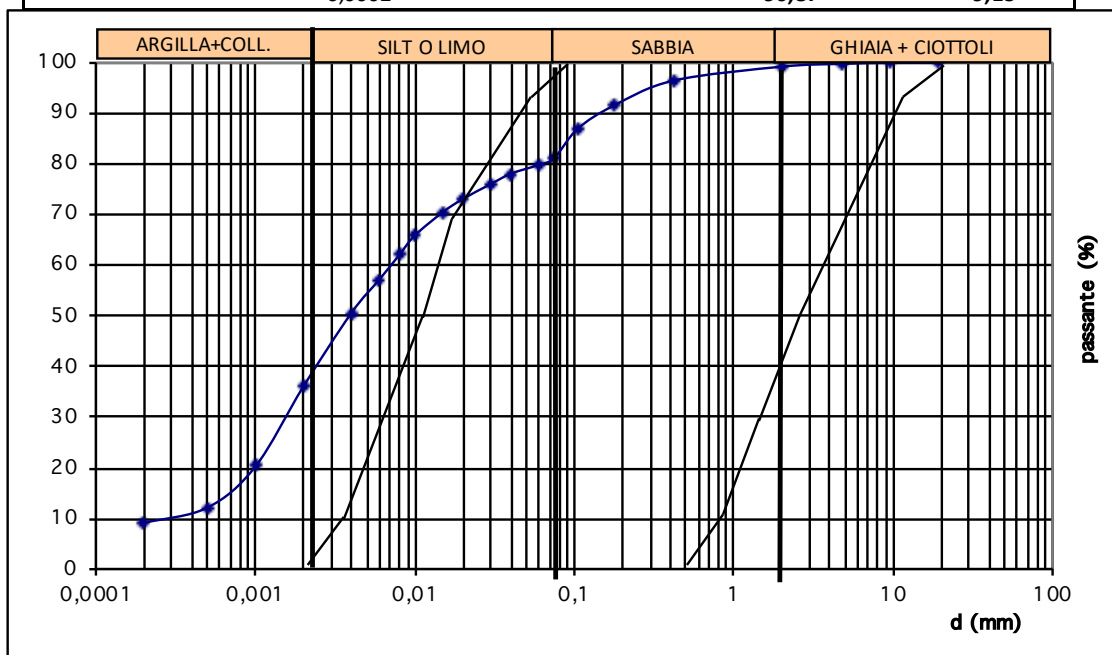
Peso specifico (kN/m<sup>3</sup>): 26,14

Granulometria  
per via umida

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Trattenuto (%)	Passante (%)
1 1/2	38,1	0,00	100,00
1	25,4	0,00	100,00
3/4	19,05	0,00	100,00
3/8	9,53	0,00	100,00
N4	4,76	0,18	99,82
N10	2,00	0,73	99,27
N40	0,42	3,48	96,52
N80	0,177	8,43	91,57
N140	0,105	13,01	86,99
N200	0,074	18,78	81,22

Aerometria con  
densimetro

	0,06	20,13	79,87
	0,040	21,88	78,12
	0,03	23,92	76,08
	0,020	26,87	73,13
	0,015	29,47	70,53
	0,010	34,08	65,92
	0,008	37,91	62,09
	0,006	42,77	57,23
	0,004	49,40	50,60
	0,002	63,92	36,08
	0,001	79,73	20,27
	0,0005	87,84	12,16
	0,0002	90,87	9,13



Lo sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

*David Severini*

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*Fabio Bonazzi Bonaca*



**GEO ECO TEST**  
LABORATORIO TERRE

## DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA DI ATTERBERG

Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 2

**CAMPIONE:** 2

**PROFONDITA':** 7,5-8,0

**N° CERTIFICATO:** 697/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

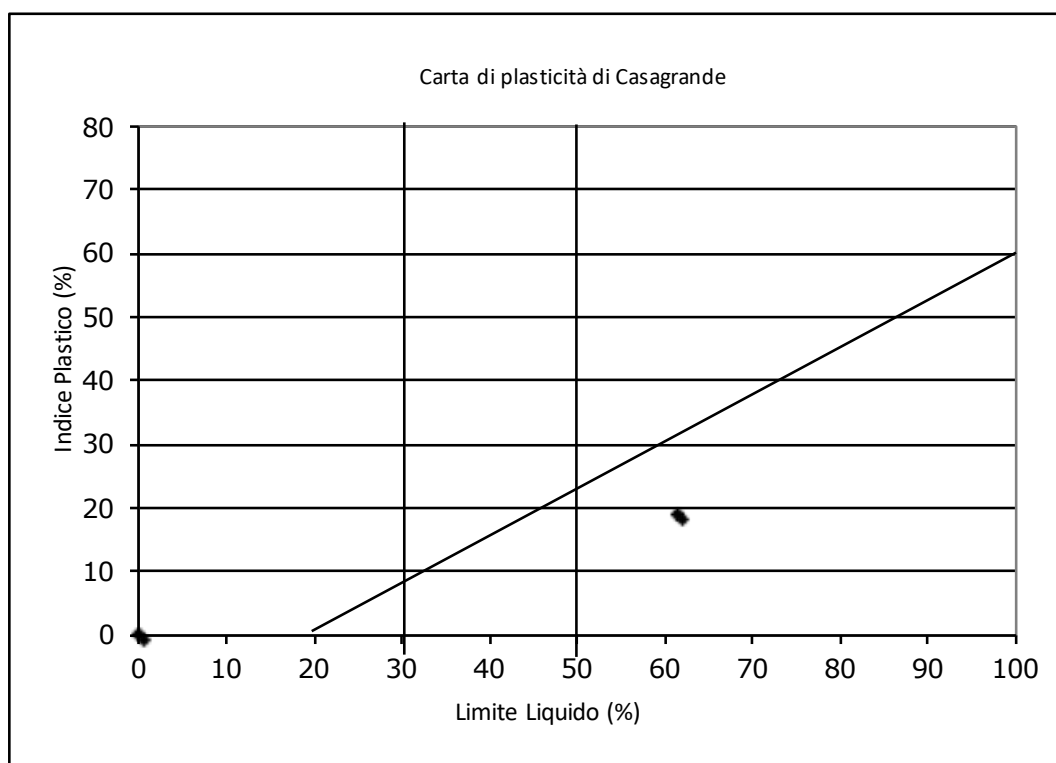
**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione:** Limi argillosi marrone rossastri con livelli sabbiosi verdognoli poco consolidati



Contenuto naturale d'acqua	49,8	%
Limite Liquido	61,4	%
Limite Plastico	42,3	%
Indice Plastico	19,1	%
Limite di Ritiro		%
Indice di Consistenza	0,61	
Classificazione del Materiale:	Limi ad alta plasticità	

Lo sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

**GEO ECO TEST**

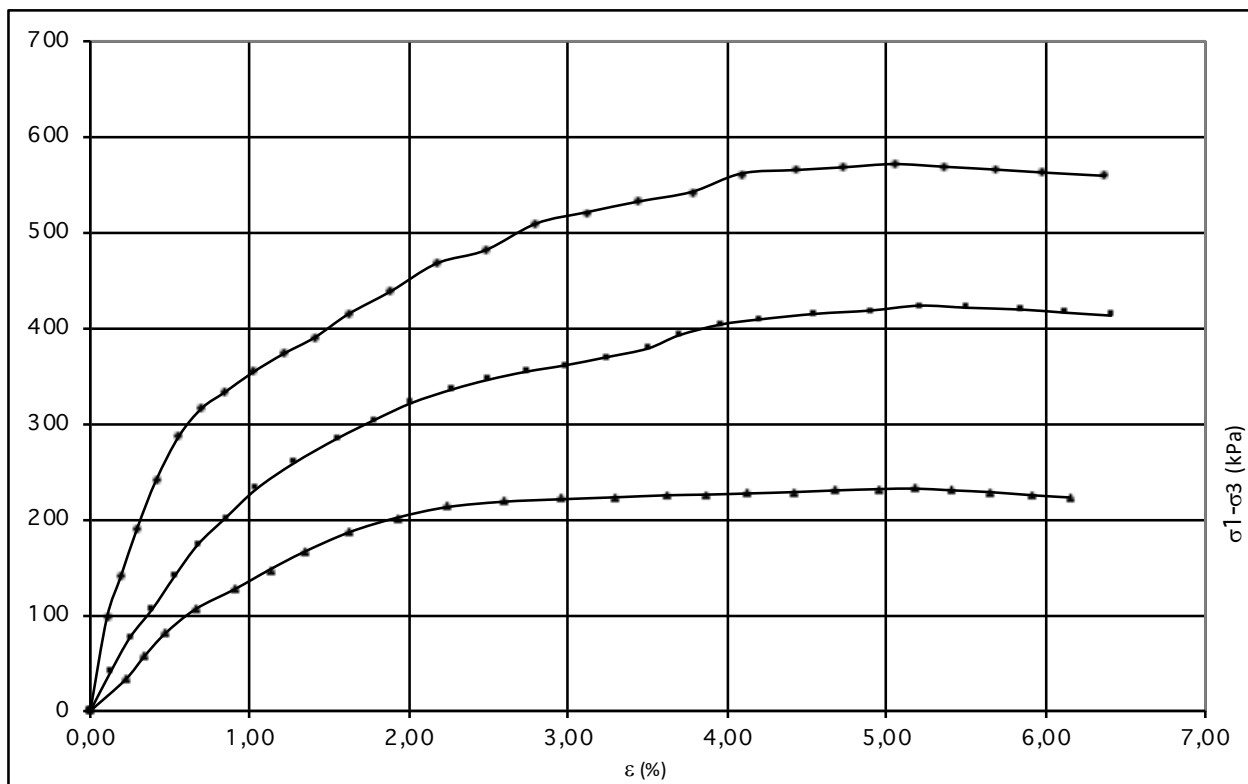
LABORATORIO TERRE

**PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE****N° D'ORDINE:** 49/22**SONDAGGIO:** 2**CAMPIONE:** 2**PROFONDITA':** 7,5-8,0**N° CERTIFICATO:** 698/22**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colferro**DATA INIZIO:** 08/06/22**DATA FINE:** 24/06/22**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani**Descrizione del campione:** Limi argillosi marrone rossastri con livelli sabbiosi verdognoli poco consolidati**Tipo prova:** consolidata drenata**Velocità di prova:** 0,0002 mm/min**Dati provino**

	H in (mm)	A in (cm <sup>2</sup> )	$\gamma$ in (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ in (g/cm <sup>3</sup> )	W in (%)	W fin (%)	Sr in (%)	Sr fin (%)
Provino 1	76,2	11,4	1,54	0,97	57,86	63,51	89,67	99,24
Provino 2	76,2	11,4	1,53	0,97	57,74	63,73	88,99	99,03
Provino 3	76,2	11,4	1,53	0,97	57,79	63,63	89,20	99,01

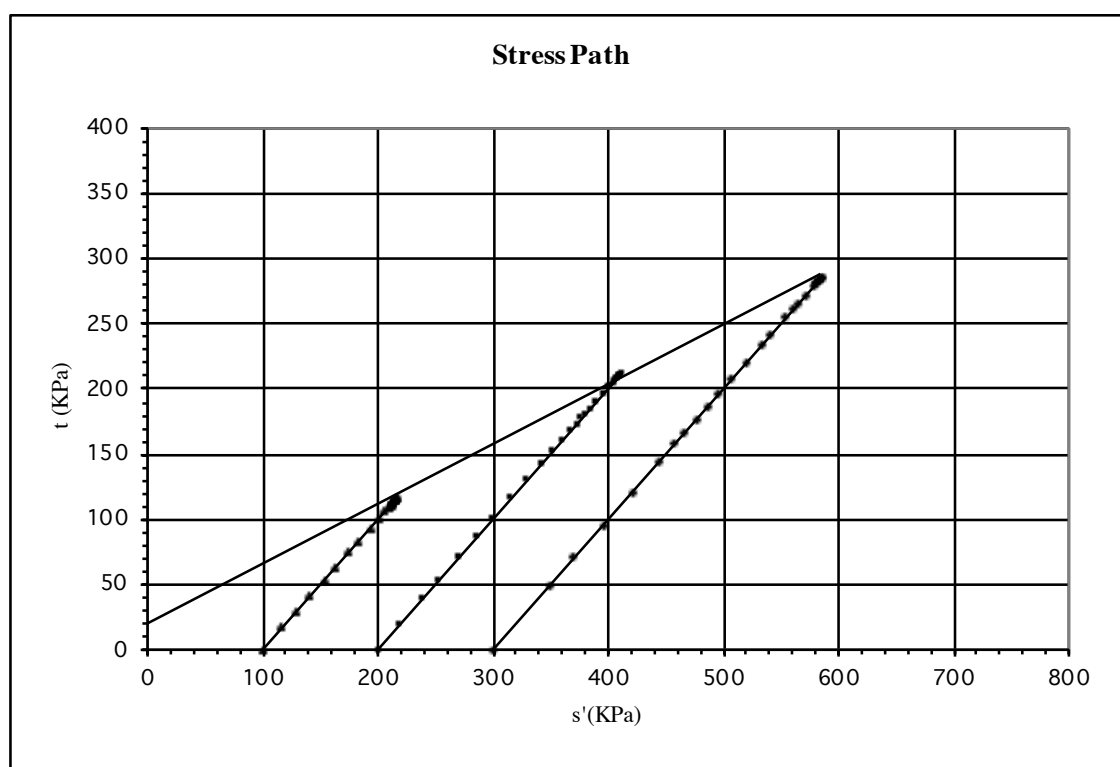
**Dati rottura**

	$\sigma_{1c}$ (kPa)	$\sigma_{3c}$ (kPa)	BP (kPa)	$\epsilon$ (%)	$\sigma_{1-\sigma_3}$ (kPa)	dV (cm <sup>3</sup> )	DV/V0 (%)	Ac (cm <sup>2</sup> )
Provino 1	532,4	300	200	5,17	232,40	5,01	5,77	12,022
Provino 2	823,6	400	200	5,21	423,60	4,42	5,09	12,026
Provino 3	1071,6	500	200	5,04	571,60	3,28	3,78	12,006

Lo Sperimentatore  
Dott. David SeveriniIl Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

**GEO ECO TEST**

LABORATORIO TERRE

**PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE****N° D'ORDINE:** 49/22**SONDAGGIO:** 2**CAMPIONE:** 2**PROFONDITA':** 7,5-8,0**N° CERTIFICATO:** 698/22**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro**DATA INIZIO:** 08/06/22**DATA FINE:** 24/06/22**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani**Descrizione del campione :** Limi argillosi marrone rossastri con livelli sabbiosi verdognoli poco consolidati**Tipo prova:** consolidata drenata**Velocità di prova:** 0,0002 mm/min

$\phi'$	$c'$
25	26

Lo Sperimentatore  
Dott. David Severini

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Procedura UNI CEN ISO/TS 17892-9:2005

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

pagina 2/7

Mod. 0901-11a



**GEO ECO TEST**

LABORATORIO TERRE

**PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE**

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 2

**CAMPIONE:** 2

**PROFONDITA':** 7,5-8,0

**N° CERTIFICATO:** 698/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

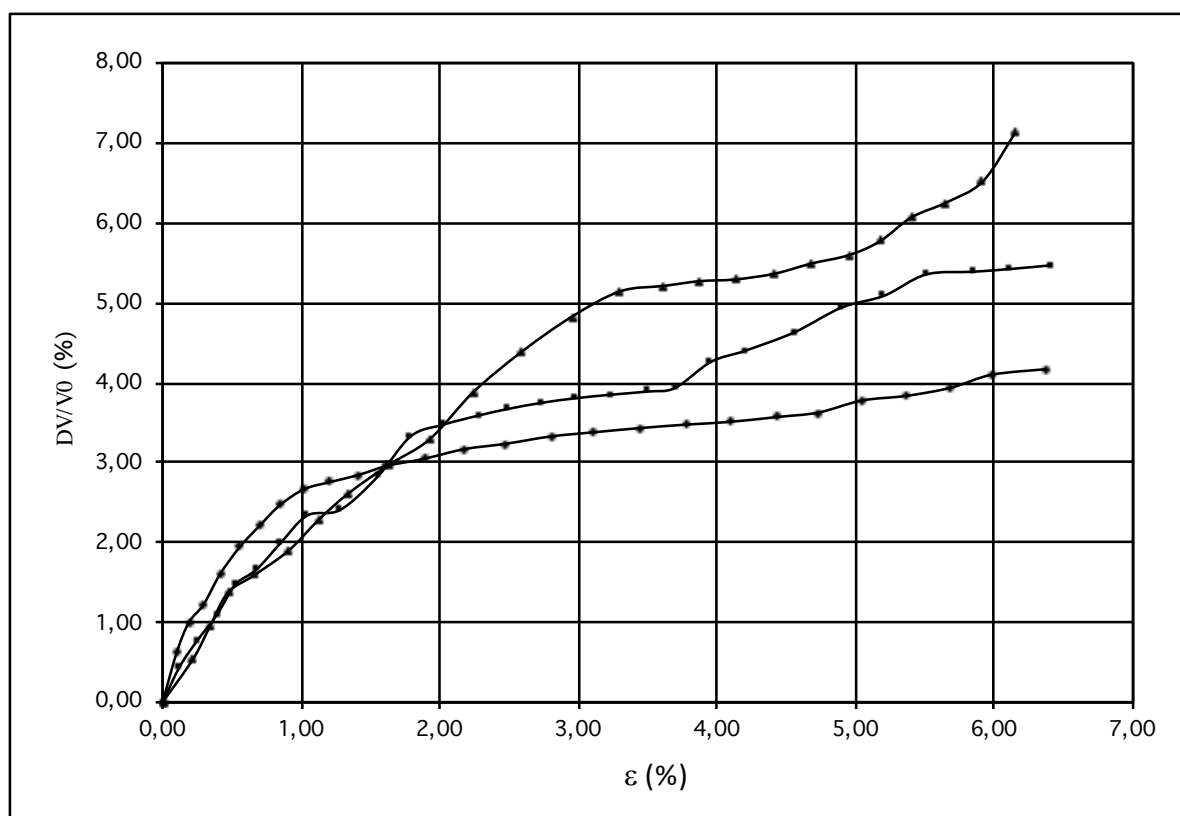
**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Limi argillosi marrone rossastri con livelli sabbiosi verdognoli poco consolidati

**Tipo prova:** consolidata drenata

**Velocità di prova:** 0,0002 mm/min



Lo Sperimentatore  
Dott. David Severini

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

pagina 3/7





**GEO ECO TEST**

LABORATORIO TERRE

## PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ORDINE: 49/22

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': 7,5-8,0

N° CERTIFICATO: 698/22

COMMITTENTE: Città Metropolitana di Roma

LOCALITA': Via del Pantanaccio - Colleferro

DATA INIZIO: 08/06/22

DATA FINE: 24/06/22

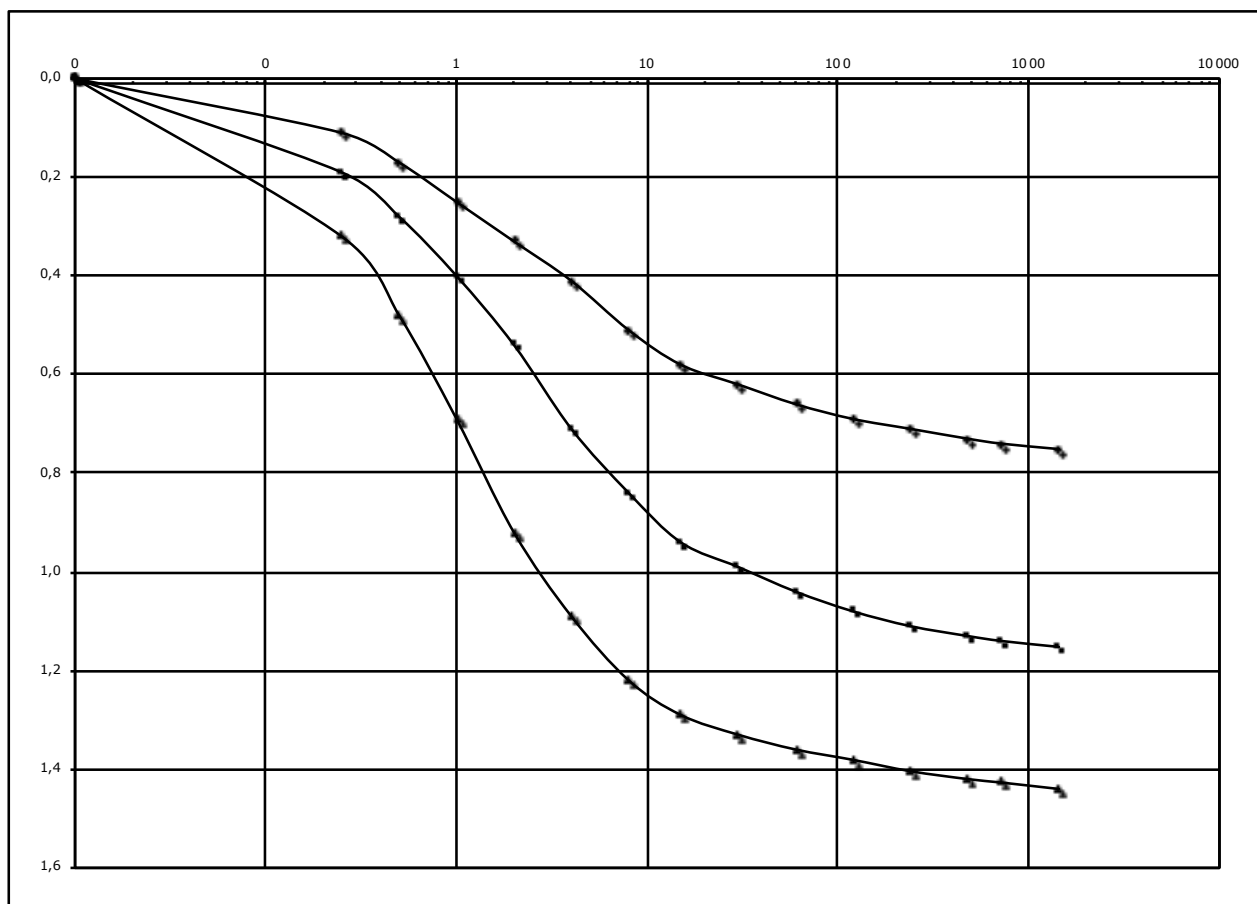
**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Limi argillosi marrone rossastri con livelli sabbiosi verdognoli poco consolidati

**Tipo prova:** consolidata drenata

**Velocità di prova:** 0,0002 mm/min

### Fase di consolidazione Prova Triassiale CD



Lo Sperimentatore  
Dott. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

**GEO ECO TEST**

LABORATORIO TERRE

**PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE****N° D'ORDINE:** 49/22**SONDAGGIO:** 2**CAMPIONE:** 2**PROFONDITA':** 7,5-8,0**N° CERTIFICATO:** 698/22**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro**DATA INIZIO:** 08/06/22**DATA FINE:** 24/06/22**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani**Descrizione del campione :** Limi argillosi marrone rossastri con livelli sabbiosi verdognoli poco consolidati**Tipo prova:** consolidata drenata**Velocità di prova:** 0,0002 mm/min**PROVINO 1**

<b>Pressione di cella (kPa):</b>		300		<b>Back Pressure (kPa):</b>		200	
<b>LETTURA</b>	<b>ε (%)</b>	<b>Ac (cm2)</b>	<b>dV (cm3)</b>	<b>σ1-σ3 (kPa)</b>	<b>DV/V0 (%)</b>	<b>t (kPa)</b>	<b>s' (kPa)</b>
1	0,00	11,40	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2	0,22	11,43	0,47	32,60	0,541	16,30	116,30
3	0,34	11,44	0,82	57,20	0,944	28,60	128,60
4	0,47	11,45	1,19	80,90	1,370	40,45	140,45
5	0,66	11,48	1,38	106,30	1,589	53,15	153,15
6	0,91	11,50	1,65	127,50	1,899	63,75	163,75
7	1,13	11,53	1,99	148,00	2,291	74,00	174,00
8	1,34	11,55	2,27	166,00	2,613	83,00	183,00
9	1,63	11,59	2,58	187,00	2,970	93,50	193,50
10	1,93	11,62	2,86	202,00	3,292	101,00	201,00
11	2,24	11,66	3,37	213,00	3,879	106,50	206,50
12	2,59	11,70	3,81	218,60	4,386	109,30	209,30
13	2,95	11,75	4,19	221,20	4,823	110,60	210,60
14	3,30	11,79	4,47	223,30	5,143	111,65	211,65
15	3,62	11,83	4,53	225,40	5,212	112,70	212,70
16	3,87	11,86	4,58	226,10	5,270	113,05	213,05
17	4,13	11,89	4,60	227,30	5,291	113,65	213,65
18	4,41	11,93	4,66	228,70	5,364	114,35	214,35
19	4,68	11,96	4,77	230,50	5,491	115,25	215,25
20	4,95	11,99	4,86	231,80	5,595	115,90	215,90
21	5,17	12,02	5,01	232,40	5,767	116,20	216,20
22	5,40	12,05	5,27	230,60	6,067	115,30	215,30
23	5,65	12,08	5,43	228,70	6,251	114,35	214,35
24	5,92	12,12	5,66	225,40	6,516	112,70	212,70
25	6,15	12,15	6,19	223,10	7,126	111,55	211,55
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							

Lo Sperimentatore

Dott. David Severini

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

**GEO ECO TEST**

LABORATORIO TERRE

**PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE****N° D'ORDINE:** 49/22**SONDAGGIO:** 2**CAMPIONE:** 2**PROFONDITA':** 7,5-8,0**N° CERTIFICATO:** 698/22**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro**DATA INIZIO:** 08/06/22**DATA FINE:** 24/06/22**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani**Descrizione del campione :** Limi argillosi marrone rossastri con livelli sabbiosi verdognoli poco consolidati**Tipo prova:** consolidata drenata**Velocità di prova:** 0,0002 mm/min**PROVINO 2**

<b>Pressione di cella (kPa):</b>		<b>400</b>		<b>Back Pressure (kPa):</b>		<b>200</b>	
<b>LETTURA</b>	<b><math>\epsilon</math> (%)</b>	<b>Ac (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>dV (cm<sup>3</sup>)</b>	<b><math>\sigma_1 - \sigma_3</math> (kPa)</b>	<b>DV/V0 (%)</b>	<b>t (kPa)</b>	<b>s' (kPa)</b>
1	0,00	11,40	0,00	0,00	0,00	0,00	200,00
2	0,13	11,41	0,39	40,00	0,45	20,00	220,00
3	0,25	11,43	0,67	77,00	0,77	38,50	238,50
4	0,39	11,44	0,95	107,00	1,09	53,50	253,50
5	0,53	11,46	1,28	140,00	1,47	70,00	270,00
6	0,68	11,48	1,44	174,00	1,66	87,00	287,00
7	0,85	11,50	1,73	202,00	1,99	101,00	301,00
8	1,04	11,52	2,03	232,00	2,34	116,00	316,00
9	1,28	11,55	2,09	259,10	2,41	129,55	329,55
10	1,55	11,58	2,45	284,70	2,82	142,35	342,35
11	1,79	11,61	2,89	304,60	3,33	152,30	352,30
12	2,02	11,64	3,02	322,10	3,47	161,05	361,05
13	2,28	11,67	3,12	336,40	3,59	168,20	368,20
14	2,50	11,69	3,19	346,20	3,67	173,10	373,10
15	2,74	11,72	3,26	354,70	3,75	177,35	377,35
16	2,98	11,75	3,31	361,20	3,80	180,60	380,60
17	3,24	11,78	3,34	369,70	3,85	184,85	384,85
18	3,50	11,81	3,38	378,80	3,89	189,40	389,40
19	3,70	11,84	3,42	392,60	3,93	196,30	396,30
20	3,96	11,87	3,70	403,80	4,26	201,90	401,90
21	4,20	11,90	3,82	409,20	4,40	204,60	404,60
22	4,56	11,94	4,02	415,10	4,63	207,55	407,55
23	4,90	11,99	4,29	418,50	4,94	209,25	409,25
24	5,21	12,03	4,42	423,60	5,09	211,80	411,80
25	5,51	12,06	4,65	421,40	5,35	210,70	410,70
26	5,85	12,11	4,68	419,50	5,39	209,75	409,75
27	6,12	12,14	4,71	416,30	5,42	208,15	408,15
28	6,41	12,18	4,75	413,20	5,47	206,60	406,60
29							
30							
31							
32							
33							
34							

Lo Sperimentatore  
Dott. David SeveriniIl Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



**GEO ECO TEST**  
LABORATORIO TERRE

## PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ORDINE: 49/22

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': 7,5-8,0

N° CERTIFICATO: 698/22

COMMITTENTE: Città Metropolitana di Roma

LOCALITA': Via del Pantanaccio - Colleferro

DATA INIZIO: 08/06/22

DATA FINE: 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Limi argillosi marrone rossastri con livelli sabbiosi verdognoli poco consolidati

**Tipo prova:** consolidata drenata

**Velocità di prova:** 0,0002 mm/min

### PROVINO 3

Pressione di cella (kPa):		500		Back Pressure (kPa):		200	
LETTURA	$\epsilon$ (%)	Ac (cm <sup>2</sup> )	dV (cm <sup>3</sup> )	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	DV/V0 (%)	t (kPa)	s' (kPa)
1	0,00	11,40	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00
2	0,10	11,41	0,55	97,30	0,63	48,65	348,65
3	0,19	11,42	0,87	140,30	1,00	70,15	370,15
4	0,30	11,43	1,06	191,20	1,22	95,60	395,60
5	0,41	11,45	1,39	241,50	1,60	120,75	420,75
6	0,56	11,46	1,69	287,60	1,95	143,80	443,80
7	0,70	11,48	1,92	316,60	2,21	158,30	458,30
8	0,85	11,50	2,14	333,20	2,46	166,60	466,60
9	1,02	11,52	2,32	353,90	2,67	176,95	476,95
10	1,21	11,54	2,39	373,10	2,76	186,55	486,55
11	1,41	11,56	2,47	390,50	2,84	195,25	495,25
12	1,62	11,59	2,57	414,60	2,96	207,30	507,30
13	1,89	11,62	2,65	438,80	3,05	219,40	519,40
14	2,18	11,65	2,75	467,80	3,17	233,90	533,90
15	2,48	11,69	2,81	481,40	3,24	240,70	540,70
16	2,80	11,73	2,89	509,50	3,33	254,75	554,75
17	3,12	11,77	2,94	521,30	3,38	260,65	560,65
18	3,44	11,81	2,98	532,50	3,43	266,25	566,25
19	3,78	11,85	3,02	542,60	3,47	271,30	571,30
20	4,09	11,89	3,05	561,80	3,51	280,90	580,90
21	4,43	11,93	3,10	565,40	3,57	282,70	582,70
22	4,73	11,97	3,15	568,30	3,63	284,15	584,15
23	5,04	12,01	3,28	571,60	3,78	285,80	585,80
24	5,36	12,05	3,33	568,80	3,83	284,40	584,40
25	5,69	12,09	3,42	565,80	3,94	282,90	582,90
26	5,98	12,13	3,56	562,80	4,10	281,40	581,40
27	6,37	12,18	3,62	559,30	4,17	279,65	579,65
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							

Lo Sperimentatore

Dott. David Severini

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

### SCHEDA RIASSUNTIVA DEL CAMPIONE

**N° D'ORDINE:** 49/22 **COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma  
**SONDAGGIO:** 2 **LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro  
**CAMPIONE:** 3 **DATA INIZIO:** 08/06/22  
**PROFONDITA':** 14,0-14,5 **DATA FINE:** 24/06/22  
**TITOLO DEL LAVORO:** Interventi Centro anziani  
**DESCRIZIONE:** Limi sabbiosi verdognoli marroni con clasti sparsi

PARAMETRO GEOTECNICO	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA
PESO DI VOLUME APPARENTE	$\gamma$	15,34	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME SECCO	$\gamma_d$	9,85	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME SATURO	$\gamma_{sat}$	16,05	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME IMMERSO	$\gamma_{imm}$	6,05	kN/m <sup>3</sup>
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	$\gamma_s$	25,92	kN/m <sup>3</sup>
INDICE DEI VUOTI	e	1,632	
POROSITA'	n	62,01	%
GRADO DI SATURAZIONE INIZIALE	Sr	88,60	%
UMIDITA' NATURALE	w	55,80	%
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL	NP	%
LIMITE DI PLASTICITA'	LP	NP	%
INDICE DI PLASTICITA'	IP	NP	%
LIMITE DI RITIRO	LR		%
INDICE DI CONSISTENZA	Ic		
ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO	$\phi'$	28	°
COESIONE DRENATA	c'	14	kPa
ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO	$\phi_{res}$	-	°
COESIONE RESIDUA	c <sub>res</sub>	-	kPa
COESIONE NON DRENATA	Cu	-	kPa
<b>ANALISI GRANULOMETRICA</b>			
PARTE GROSSOLANA	GHIAIA (%)	SABBIA (%)	LIMO+ARGILLA (%)
(% trattenuta al setaccio n°200)	8,00	28,72	63,28
PARTE FINA	SABBIA (%)	LIMO (%)	ARGILLA (%)
(% passante al setaccio n°200)	1,64	68,08	30,28
GRANULOMETRIA CUMULATIVA	GHIAIA (%)	SABBIA (%)	LIMO (%) ARGILLA (%)
	8,00	29,76	43,08 19,16
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
INDICE DI GRUPPO			

Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*David Severini*

*Fabio Bonazzi Bonaca*



# GEO ECO TEST

## LABORATORIO TERRE

Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Mail: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 2

**CAMPIONE:** 3

**PROFONDITA':** 14,0-14,5

**TITOLO DEL LAVORO:** Interventi Centro anziani

**DESCRIZIONE:** Limi sabbiosi verdognoli marroni con clasti sparsi

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

QUALITA' DEL CAMPIONE	Q5
-----------------------	----



Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

*David Severini*

Il direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*Fabio Bonazzi Bonaca*



Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170

Email: geocotest@gmail.com

**MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA**  
**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME**  
**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANULI SOLIDI**

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 2

**CAMPIONE:** 3

**PROFONDITA':** 14,0-14,5

**N° CERTIFICATO:** 699/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Limi sabbiosi verdognoli marroni con clasti sparsi

**MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA**

Tara Contenitore	20,21 g
Massa umida del terreno + Tara	101,78 g
Massa secca del terreno + Tara	72,57 g
Massa Netta Secca del terreno	52,35 g
Massa del contenuto in Acqua nel terreno	29,21 g
<b>MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA (w)</b>	<b>55,80</b> %

**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME**

Volume Fustella	40,00 cm <sup>3</sup>
Tara Fustella	58,90 g
Massa del Terreno e della Fustella	120,26 g
<b>PESO DELL'UNITA' DI VOLUME (γ)</b>	<b>15,34</b> kN/m <sup>3</sup>

**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANULI SOLIDI**

	PROVA 1	PROVA 2
Volume del Picnometro	75,00	75,00 (cm <sup>3</sup> )
Tara Picnometro	48,38	29,93 (g)
Massa secca del terreno + Tara	73,45	50,58 (g)
Temperatura di prova	33,00	32,00 (°C)
Peso di volume Acqua T° (γ <sub>w</sub> )	0,99473	0,9951 (kN/m <sup>3</sup> )
Massa Netta Secca del terreno (p)	25,06	20,65 (g)
Massa acqua e picnometro (p1)	122,73	80,30 (g)
Massa acqua picnometro e terreno (p2)	138,169	93,02 (g)
<b>Peso dell'unità di volume dei granuli solidi (γ<sub>s</sub>)</b>	<b>25,90</b>	<b>25,93</b> (kN/m <sup>3</sup> )
<b>Valore medio (γ<sub>s</sub>)</b>	<b>25,92</b>	(kN/m <sup>3</sup> )

Lo sperimentatore  
 Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
 Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*David Severini*

*Fabio Bonazzi Bonaca*





Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 2

**CAMPIONE:** 3

**PROFONDITA':** 14,0-14,5

**N° CERTIFICATO:** 700/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione:** Limi sabbiosi verdognoli marroni con clasti sparsi

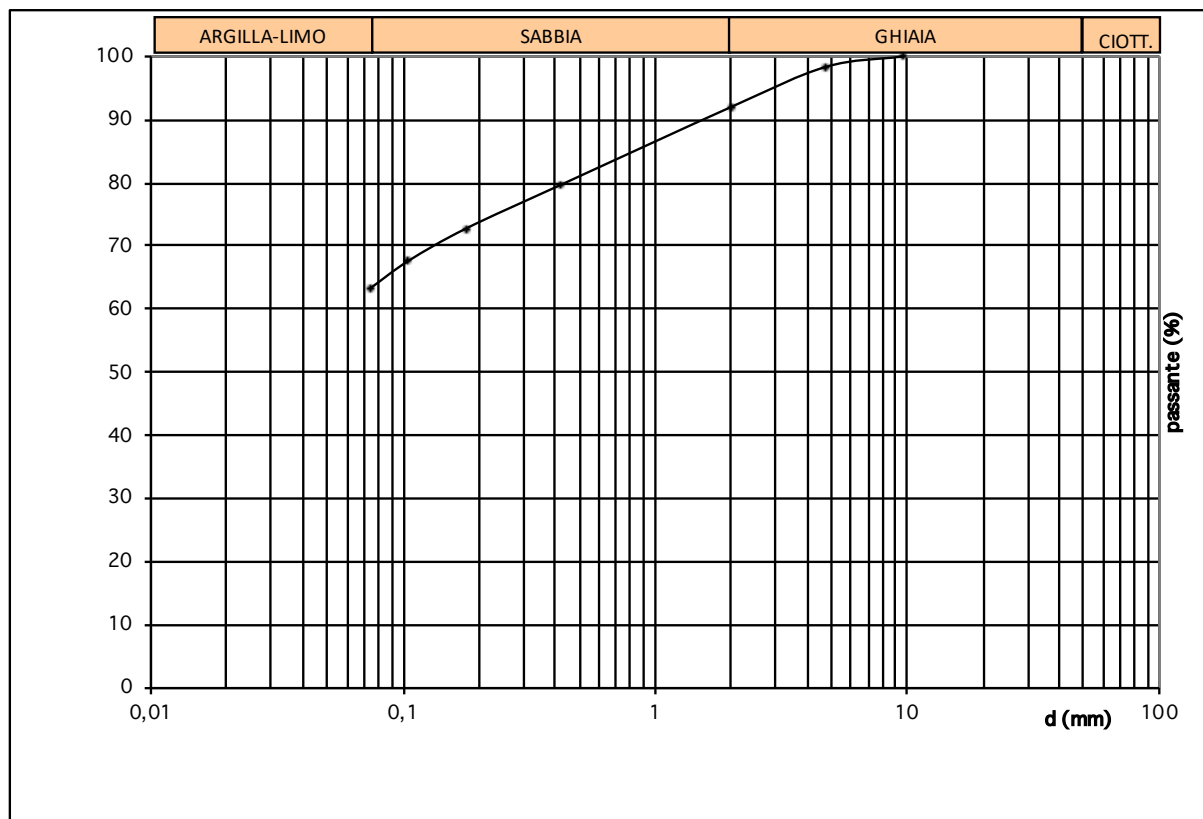
**Tipo di prova:** per via umida

**Peso totale del campione (g):** 857

**Umidità (%) :** 55,8

**Peso secco (g) :** 550

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Peso netto trattenuto (g)	Trattenuto (%)	Passante (%)
3/8	9,53	0	0,00	100,00
N4	4,76	9	1,64	98,36
N10	2,00	44	8,00	92,00
N40	0,42	112	20,36	79,64
N80	0,177	150	27,27	72,73
N140	0,105	178	32,36	67,64
N200	0,074	202	36,72	63,28



Lo sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Pagina 1/1



**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

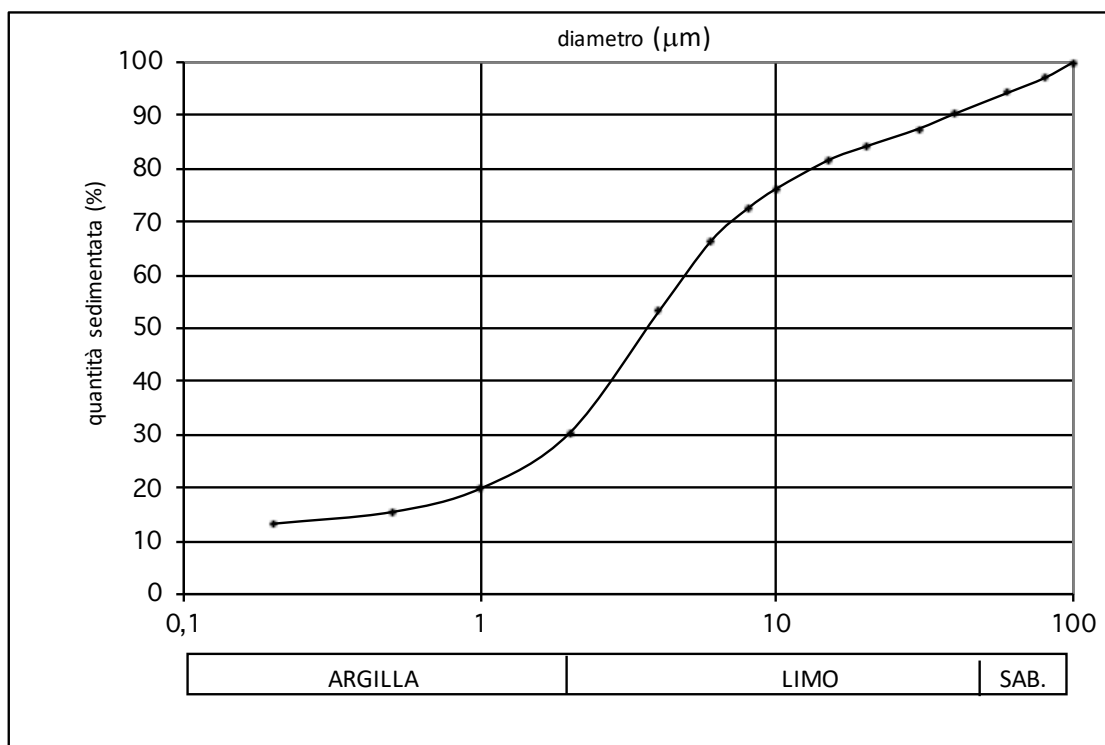
**Descrizione del campione:** Limi sabbiosi verdognoli marroni con clasti sparsi

Peso totale del campione (g): 40

Temperatura di prova (°C): 20

Peso specifico dei granuli (kN/m<sup>3</sup>): 25,92

DIAMETRO ( $\mu\text{m}$ )		QUANTITA' %
0,2	Argilla	13,25
0,5		15,42
1		19,85
2		30,28
4	Limo	53,14
6		66,38
8		72,54
10		76,28
15		81,64
20		84,18
30		87,47
40		90,36
60		94,24
80	Sabbia	97,04
100		100,00



Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170

Email: geoecotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 2

**CAMPIONE:** 3

**PROFONDITA':** 14,0-14,5

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Limi sabbiosi verdognoli marroni con clasti sparsi

Peso totale del campione (g): 857

Peso secco (g) : 550

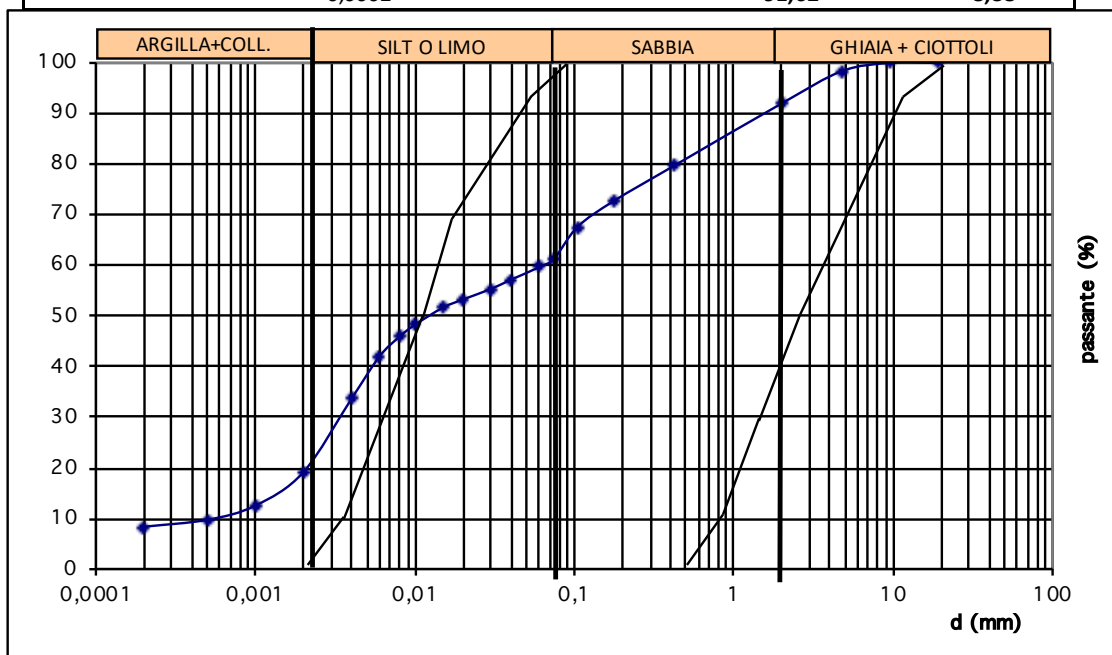
Peso per aerometri 40

Peso specifico (kN/m<sup>3</sup>): 25,92

Granulometria  
per via umida

Aerometria con  
densimetro

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Trattenuto (%)	Passante (%)
1 1/2	38,1	0,00	100,00
1	25,4	0,00	100,00
3/4	19,05	0,00	100,00
3/8	9,53	0,00	100,00
N4	4,76	1,64	98,36
N10	2,00	8,00	92,00
N40	0,42	20,36	79,64
N80	0,177	27,27	72,73
N140	0,105	32,36	67,64
N200	0,074	38,60	61,40
	0,06	40,37	59,63
	0,040	42,82	57,18
	0,03	44,65	55,35
	0,020	46,73	53,27
	0,015	48,34	51,66
	0,010	51,73	48,27
	0,008	54,10	45,90
	0,006	58,00	42,00
	0,004	66,37	33,63
	0,002	80,84	19,16
	0,001	87,44	12,56
	0,0005	90,24	9,76
	0,0002	91,62	8,38



Lo sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

*David Severini*

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*Fabio Bonazzi Bonaca*



**GEO ECO TEST**  
LABORATORIO TERRE

## DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA DI ATTERBERG

Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

**N° D'ORDINE:** 49/22

**N° CERTIFICATO:** 702/22

**SONDAGGIO:** 2

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**CAMPIONE:** 3

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

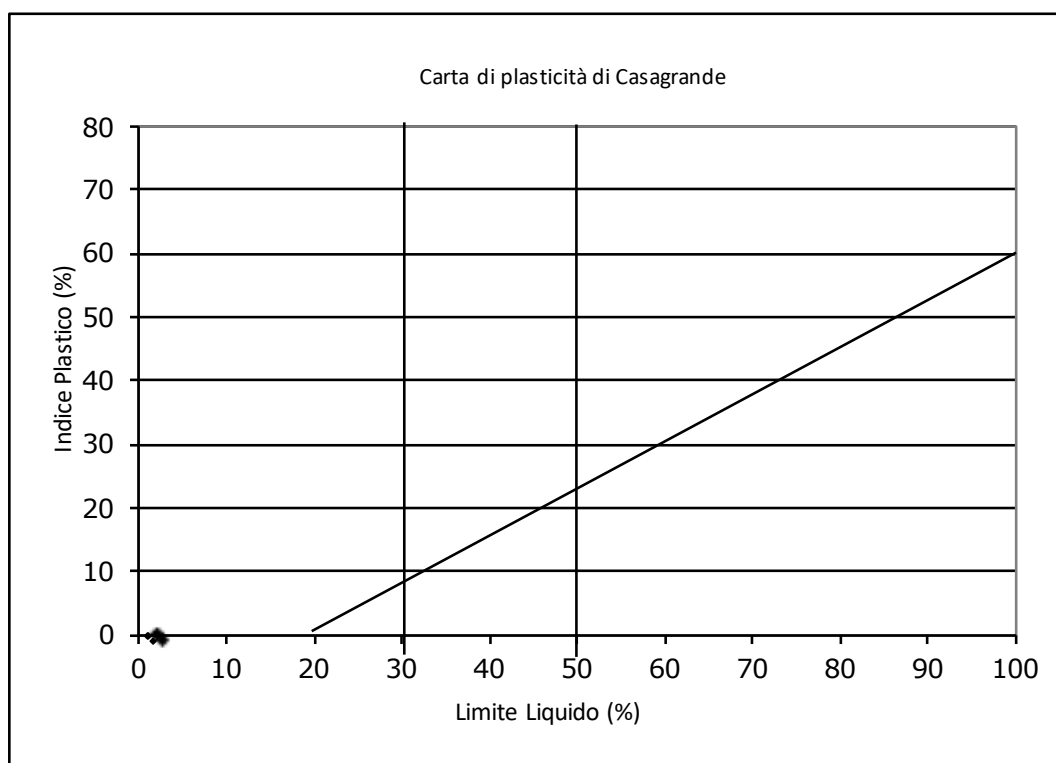
**PROFONDITA':** 14,0-14,5

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione:** Limi sabbiosi verdognoli marroni con clasti sparsi



Contenuto naturale d'acqua	55,8	%
Limite Liquido	NP	%
Limite Plastico	NP	%
Indice Plastico	NP	%
Limite di Ritiro		%
Indice di Consistenza		
Classificazione del Materiale:	Limi non plastici	

Lo sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 2

**CAMPIONE:** 3

**PROFONDITA':** 14,0-14,5

**N° CERTIFICATO:** 703/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

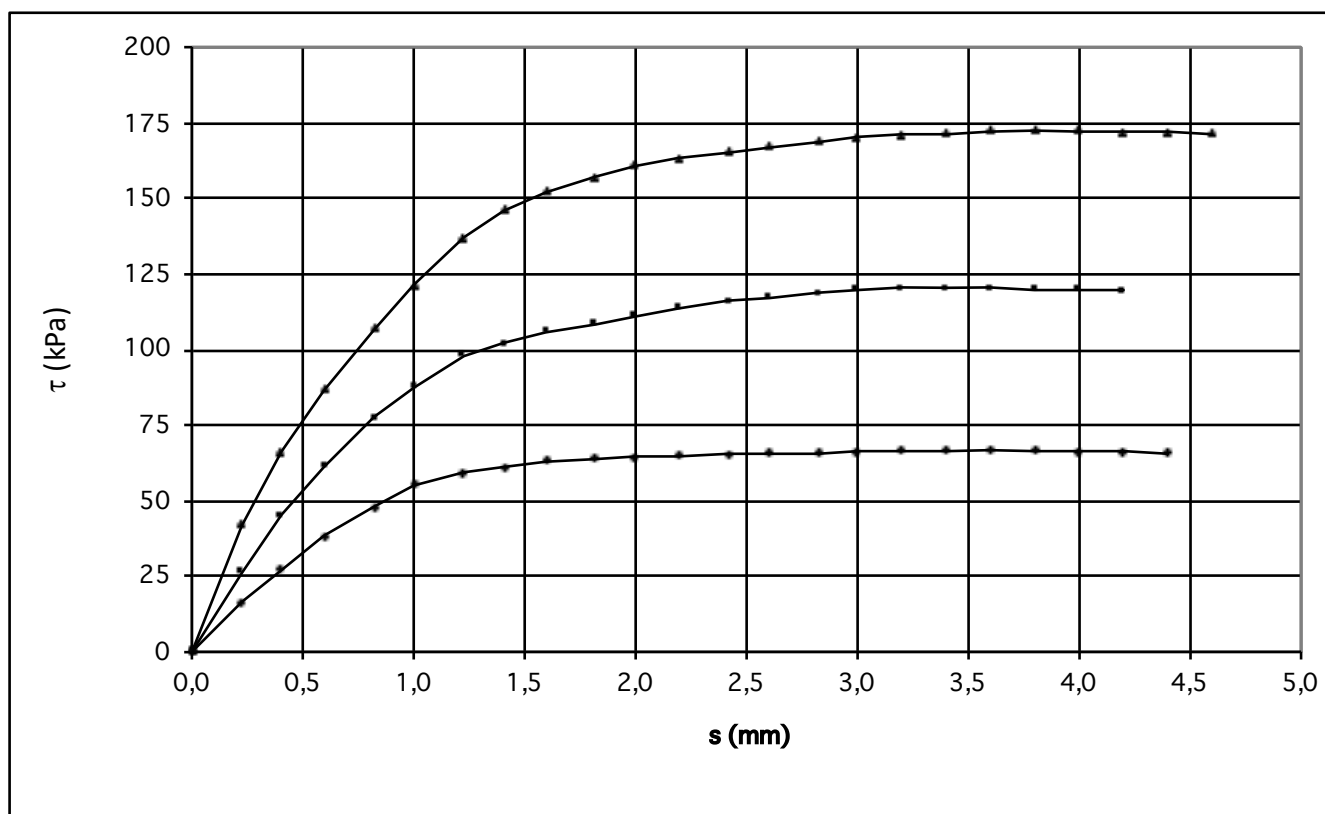
**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione:** Limi sabbiosi verdognoli marroni con clasti sparsi

PROVINO N.	1	2	3
Peso dell'unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	15,36	15,30	15,32
Contenuto naturale d'acqua (%)	55,80	55,80	55,80
Pressione verticale (kPa)	100	200	300
<b>CARATTERISTICHE DELLA PROVA</b>			
Velocità di deformazione (mm/min)	0,003		
Dimensione dei provini (cm)	2,00 x 6,00		
Tipo di prova eseguita:	CD		



Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

**N° D'ORDINE:** 49/22

**SONDAGGIO:** 2

**CAMPIONE:** 3

**PROFONDITA':** 14,0-14,5

**N° CERTIFICATO:** 703/22

**COMMITTENTE:** Città Metropolitana di Roma

**LOCALITA':** Via del Pantanaccio - Colleferro

**DATA INIZIO:** 08/06/22

**DATA FINE:** 24/06/22

**Titolo del lavoro:** Interventi Centro anziani

**Descrizione del campione :** Limi sabbiosi verdognoli marroni con clasti sparsi

**VALORI DEGLI SFORZI DI TAGLIO**

Spostamento s (mm)	Provino 1 $\tau$ (kPa)	Provino 2 $\tau$ (kPa)	Provino 3 $\tau$ (kPa)
0,0	0,0	0,0	0,0
0,2	16,4	26,2	42,1
0,4	27,2	45,3	66,3
0,6	38,1	61,4	86,8
0,8	48,0	77,5	106,9
1,0	55,2	87,7	121,3
1,2	59,3	98,1	136,8
1,4	60,7	102,1	146,2
1,6	63,1	105,8	152,4
1,8	63,9	108,5	157,2
2,0	64,5	111,2	160,8
2,2	64,9	113,7	163,2
2,4	65,2	115,8	165,4
2,6	65,5	117,2	167,2
2,8	65,8	118,5	168,9
3,0	66,2	119,8	170,3
3,2	66,4	120,3	171,1
3,4	66,6	120,4	171,6
3,6	66,7	120,2	172,3
3,8	66,5	119,9	172,4
4,0	66,3	119,7	172,2
4,2	66,1	119,5	171,9
4,4	65,9		171,7
4,6			171,5
4,8			
5,0			

Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

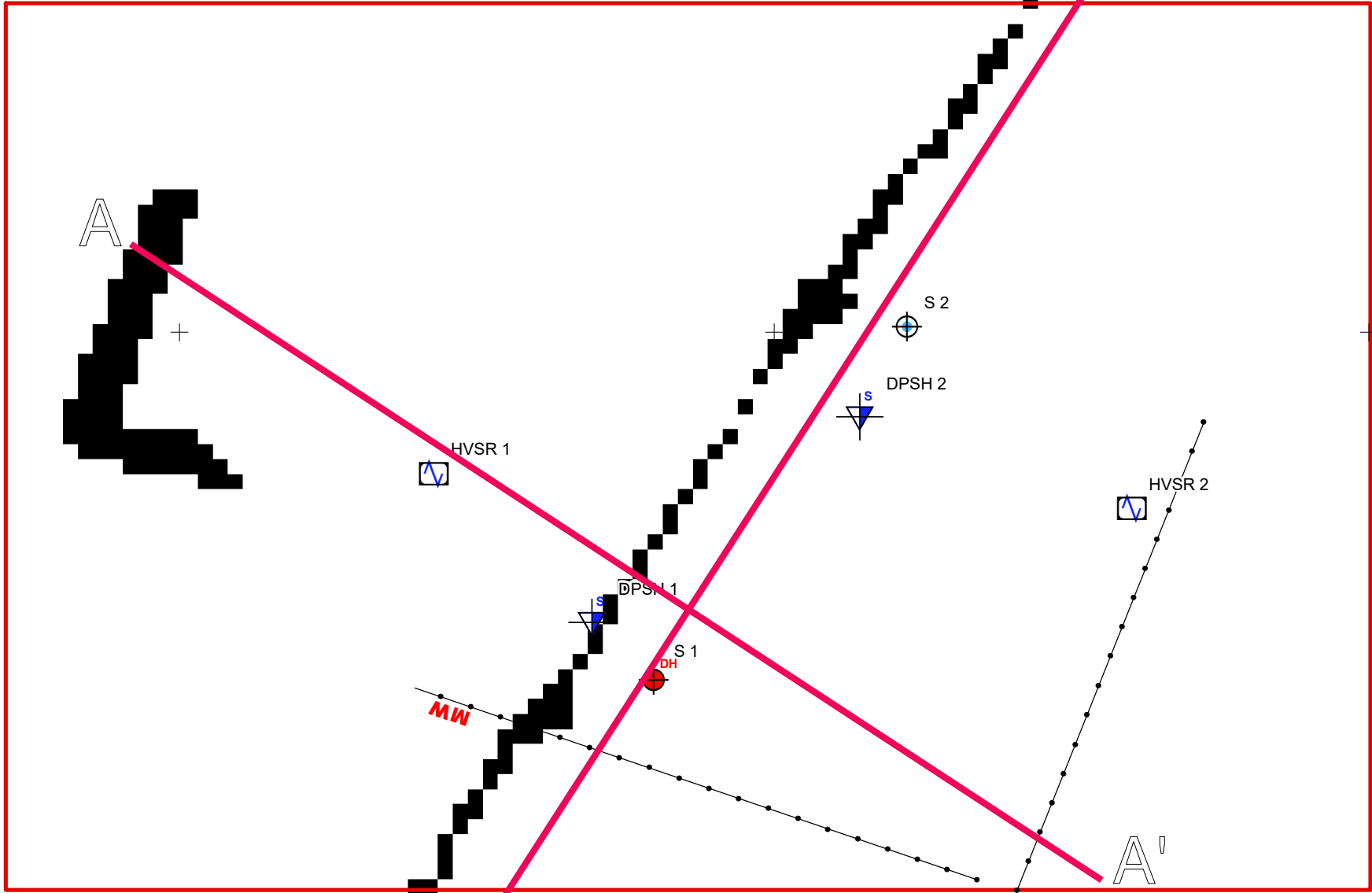
Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

pagina 2/2

Ubicazione indagini geognostiche e geofisiche

Coordinate System: RDN2008 TM33  
Projection: Transverse Mercator  
Datum: Rete Dinamica Nazionale 2008  
False Easting: 500,000.0000  
False Northing: 0.0000  
Central Meridian: 15.0000  
Scale Factor: 0.9996  
Latitude Of Origin: 0.0000  
Units: Meter



Prova	Note	X	Y	Z [m.l.m.m.]
S1	Down - Hole	334889.87	4621320.78	187.91
S2	Piezometro	334911.18	4621350.489	187.978
DPSH1		334884.66	4621325.605	
DPSH2		334907.19	4621342.859	
HVSR1		334871.38	4621338.131	
HVSR2		334930.07	4621335.222	

- Legenda
- Traccia sezione geologica
  - Area d'indagine

Indagini geognostiche e geofisiche

tipologia

- Sondaggio geognostico attrezzato per sismica in foro tipo DOWN - HOLE
- Sondaggio geognostico a carotaggio continuo attrezzato piezometro
- Prova penetrometrica dinamica superpesante tipo DPSH
- Misurazione dei microtremori tramite stazione singola con metodologia HVSR
- MASW

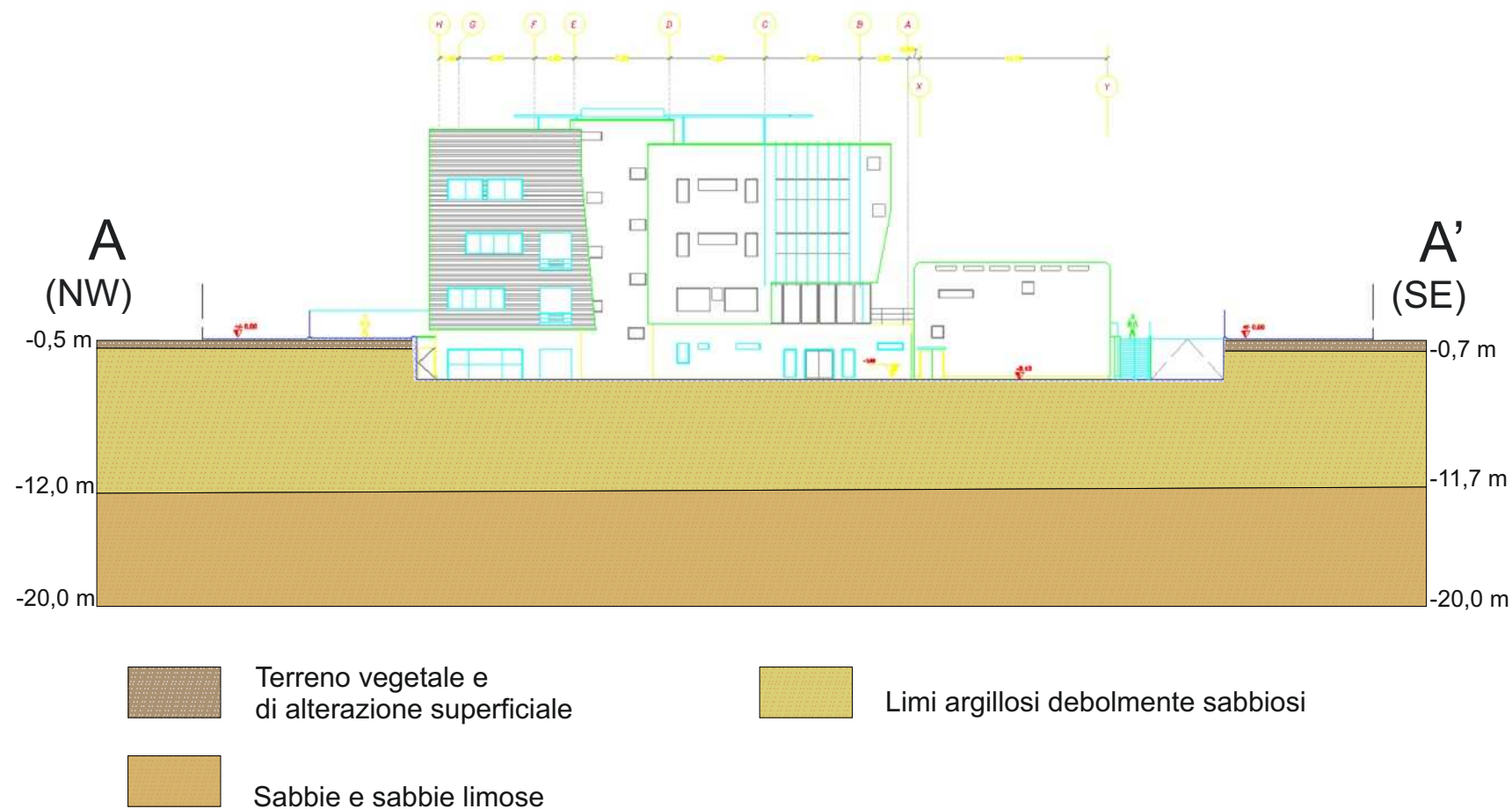
1:500



# COMUNE di COLLEFERRO (RM)

Via del Pantanaccio,43

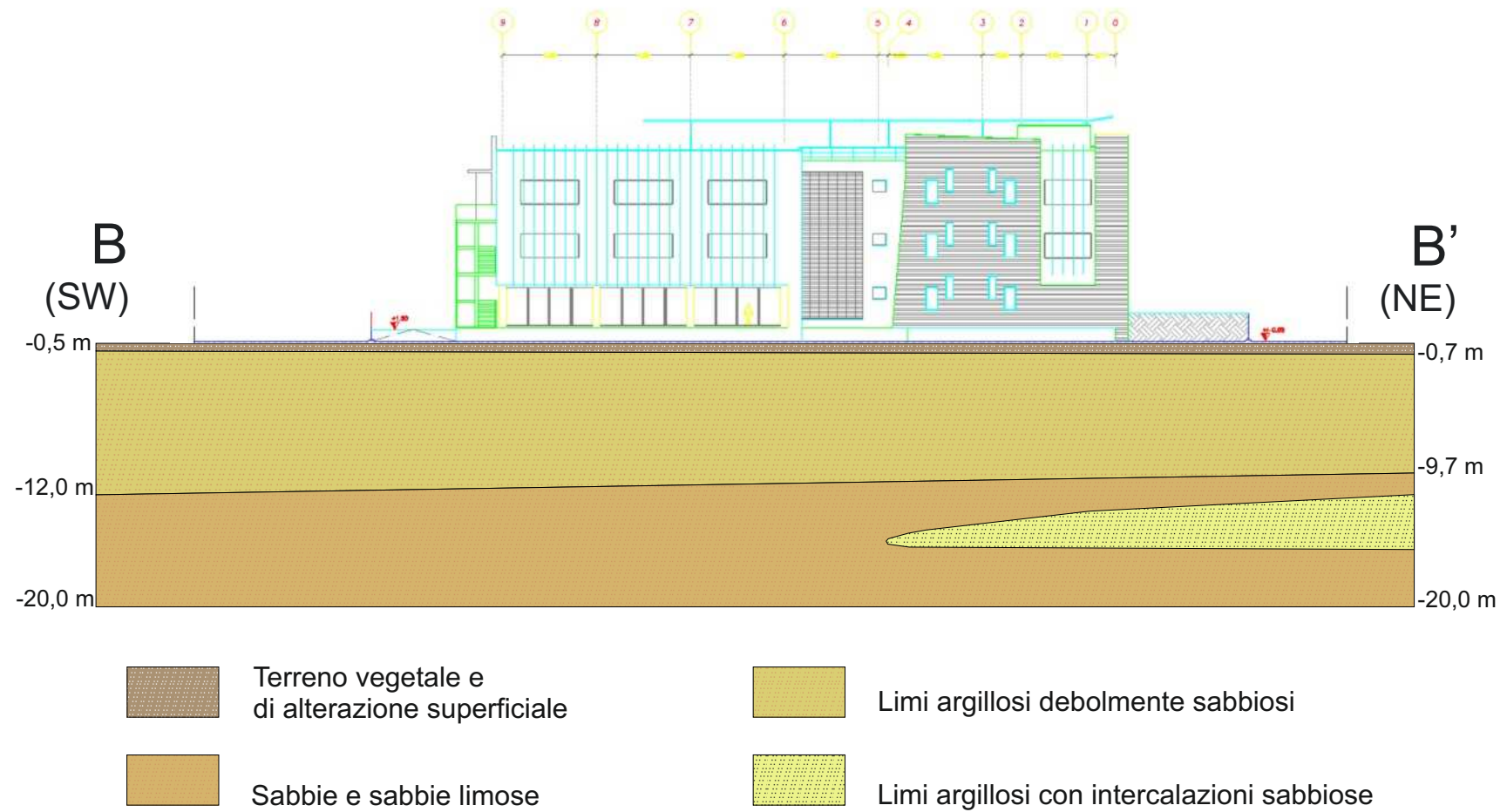
## SEZIONE GEOLITOLOGICA A-A' - scala 1:500



# COMUNE di COLLEFERRO (RM)

Via del Pantanaccio,43

## SEZIONE GEOLITOLOGICA B-B' - scala 1:500



SEZIONE SISMO-STRATIGRAFICA IN SCALA 1:200

