

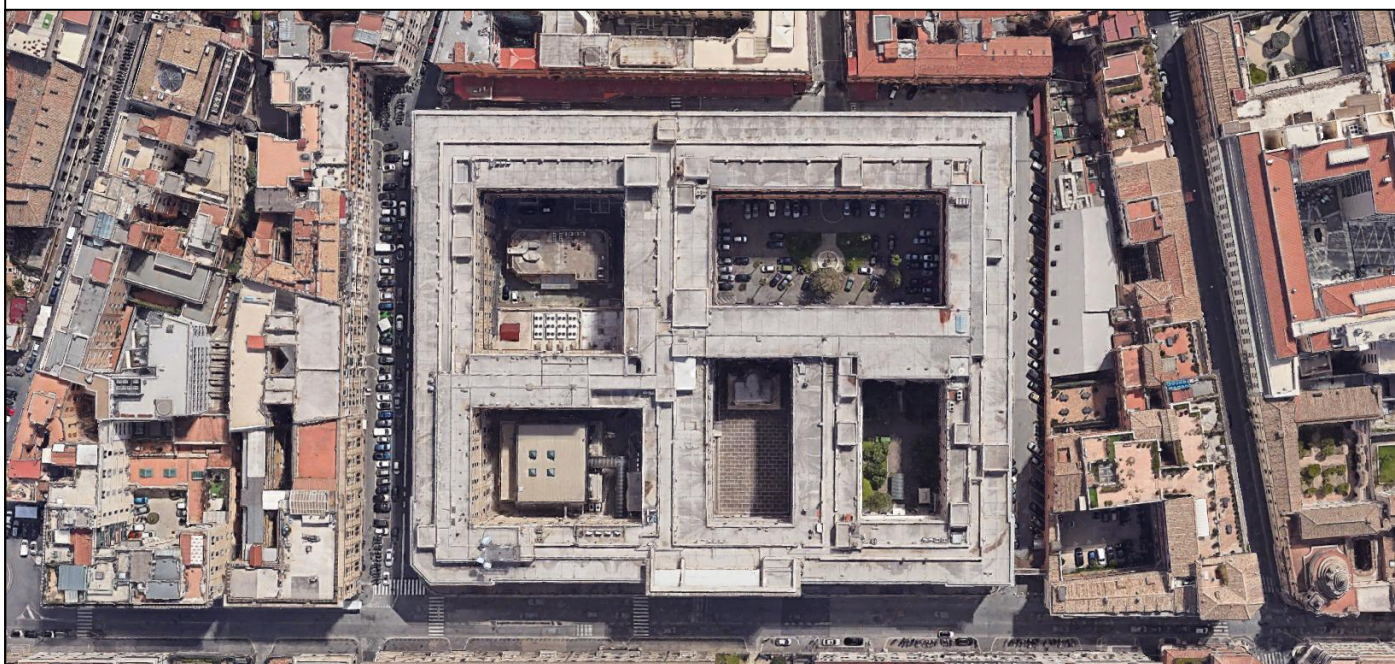
Committente :



MINISTERO DELLA DIFESA
Ufficio Autonomo Lavori - G.M. per M.D.
Via Firenze, 35 - 00184 - Roma

Progetto : **PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA**
LAVORI DI AMMODERNAMENTO E RINNOVAMENTO STRUTTURALE ED IMPIANTISTICO
DEL FABBRICATO "EX TEATRO" PER LA REALIZZAZIONE DI UN CENTRO SPORTIVO
ADIBITO ALLA PREPARAZIONE DEL PERSONALE MILITARE ALLE P.E.F.O.
CIG : B10CA30BA1

Descrizione elaborato : **ELABORATO DESCRITTIVO**
RELAZIONE GEOLOGICA E DI MODELLAZIONE SISMICA



Progettista :
DAI
S R L
Viale di Trastevere 143,
00153 Roma
P.IVA 14823911004
Tel. +39 06 64561239
daisrl@aruba.pec.it
info@daisrl.com

Timbri e Firme :
Responsabile della progettazione
Ing. Matteo Domenicucci
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n. A3268



REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	29/01/2025	Prima emissione	M.D.	M.D.	M.D.
Codice elaborato : PFTE-PAL-REL-GEN-003	Livello progettuale : PFTE	Scala : -	Elaborato : GEN-03		



MINISTERO DELLA DIFESA
UFFICIO AUTONOMO LAVORI – G.M. PER M.D.
Via Firenze, 35 - 00184 - Roma

PROGETTO

**LAVORI DI AMMODERNAMENTO E RINNOVAMENTO STRUTTURALE ED IMPIANTISTICO DEL FABBRICATO “EX TEATRO” PER LA REALIZZAZIONE DI UN CENTRO SPORTIVO ADIBITO ALLA PREPARAZIONE DEL PERSONALE MILITARE ALLE P.E.F.O.
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA**



Dott. Geol. Luca Tassone

P.I.: 08975981005
C. Fisc.: TSSLCU72C08H501N
ORDINE GEOLOGI REGIONE LAZIO N° 1673

Via Palombarese n. 221 00013 Fonte Nuova RM
luca.tassone@pec.epap.it
lu.tassone@gmail.com

FIRMA



TITOLO

RELAZIONE GEOLOGICA E DI MODELLAZIONE SISMICA

REDAZIONE
Geol. LUCA TASSONE

REV.
00

EMISSIONE
Geol. Luca Tassone

DATA
03/12/2024

Sommario

	<i>Pagina</i>
PREMESSA	2
LOCALIZZAZIONE	6
INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	6
CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	9
CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA	10
SISMICITA' E MODELLO SISMICO DI SITO	15

ALLEGATI

- Allegato n. 1: Stralcio Carta Tecnica Regionale, scala 1:5.000;
- Allegato n. 2: Carta geologica, scala 1:3.000;
- Allegato n. 3: Stralcio della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica;
- Allegato n. 4: *Indagini e prove eseguite secondo le disposizioni dell'Allegato C al Regolamento Regionale n. 26 del 26 ottobre 2020 e successive modifiche.*
 - *Stratigrafie;*
 - *Prove penetrometriche DPSH / SPT;*
 - *Indagini sismiche MASW / HVSR;*
 - *Prospezione sismica Down Hole;*
 - *Analisi numerica di Risposta Sismica Locale monodimensionale;*
 - *Certificati Prove di Laboratorio.*

PREMESSA

Su incarico del MINISTERO DELLA DIFESA, UFFICIO AUTONOMO LAVORI - G.M. PER M.D., si redige la presente Relazione geologica e di modellazione sismica a corredo del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica per Lavori di ammodernamento e rinnovamento strutturale ed impiantistico del fabbricato "ex teatro" per la realizzazione di un centro sportivo adibito alla preparazione del personale militare alle P.E.F.O., Via Firenze 35, Roma.

Con riferimento alla riclassificazione sismica della Regione Lazio di cui alla DGR 387/09 in recepimento della OPCM 3274/03 e *s.m.i.*, il territorio in esame ricade in Categoria 3A. L'opera rientra nella Classe d'Uso IV: "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di evento sismico" (DGR Lazio n. 489/2012).

Con riferimento al regolamento Regionale per la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico - Regolamento n. 26 del 26 ottobre 2020 e successive modifiche, l'opera ricade nel Livello di Vulnerabilità Alto.

PROGETTI	PERICOLOSITA'				
	Zona Sismica				
	1	2a	2b	3a	3b
classi d'uso I e II	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
classe d'uso III	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
classe d'uso IV	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

Tab. I - Tabella Rischio Sismico

L'incarico ha comportato una ricerca bibliografica e cartografica preliminare al fine di inquadrare l'area nel suo contesto geografico e geologico, nonché di acquisire informazioni utili allo scopo del lavoro.

E' stato successivamente effettuato un accurato studio geologico e geomorfologico che ha permesso l'accertamento delle principali caratteristiche geologiche, geomorfologiche e stratigrafiche.

Successivamente è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo con prove SPT in foro e prelievo di campioni sottoposti a prove di laboratorio, prove penetrometriche dinamiche di tipo DPSH, prospezioni sismiche MASW, registrazioni di rumore sismico ambientale HVSR, prova sismica in foro Down Hole, ed eseguito uno studio di Risposta Sismica Locale monodimensionale.

RIFERIMENTI NORMATIVI

Legge 02 febbraio 1974 n. 64

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche

Decreto del Presidente della Repubblica 5/06/2001 n. 328

Regolamento attuativo dell.art.1, comma 18 della Legge 4/99

Decreto Ministeriale 11/03/1988

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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione

Decreto del Presidente della Repubblica 6/06/2001 n. 380

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003

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

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28/04/2006

Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone

D.G.R. Lazio n. 387/2009

Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 e della DGR Lazio 766/03

DGR Lazio n. 489/2012

Modifica dell'Allegato 2 della DGR Lazio n. 387 del 22 maggio 2009

Decreto Ministeriale 17/01/2018

Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni

D.G.R. Lazio n. 571/2019

Modifica della DGR Lazio n. 387 del 22 maggio 2009 per variazione della delimitazione territoriale dei Municipi di Roma Capitale

D.G.R. LAZIO N. 724/2020

ADOZIONE DEL REGOLAMENTO REGIONALE CONCERNENTE “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 LAZIO N. 793/2020

Sostituzione dell’Allegato A della DGR Lazio n. 387 del 22 maggio 2009

D.G.R. LAZIO N. 189/2021

MODIFICHE AL REGOLAMENTO REGIONALE 26 OTTOBRE 2020, N. 26

LOCALIZZAZIONE

L'area di indagine è ubicata in via Firenze 35, nel centro abitato della città di Roma ed è individuata nella tavoletta IGM 150 IV-SO (scala 1:25.000), nella sezione 374060 della Carta Tecnica Regionale (scala 1:10.000) e nella Carta Tecnica Regionale - Elemento 374062 (scala 1:5.000).

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area si colloca all'interno del territorio di pertinenza del Municipio I in sinistra idrografica del Fiume Tevere, in un'area a morfologia sub pianeggiante alla quota topografica di circa 50 m s.l.m.. L'elemento morfologico maggiormente caratterizzante l'area è rappresentato dall'asta idrografica del Fiume Tevere il cui andamento evolve all'interno di argini di altezza superiore ai 10 m, in grado di garantire e preservare la continuità e il carico idraulico della zona.

A grande scala, i principali processi morfogenetici che hanno contribuito al modellamento della zona sono legati prevalentemente alle acque correnti superficiali che hanno agito, in maniera sia diffusa ed areale sia incanalata sui prodotti piroclastici affioranti nelle aree circostanti che contraddistinguono i rilievi vulcanici, trasportando e sedimentando materiale colluviale nelle zone di fondovalle.

La circolazione idrica superficiale è stata fortemente influenzata dalle opere antropiche di regimazione idraulica, al fine di limitare l'azione erosiva ed impattante dei corpi idrici, convogliando gli stessi verso il livello base, rappresentato dal Fiume Tevere.

Dai sopralluoghi effettuati si riscontra una sostanziale stabilizzazione delle forme; non si rilevano fenomeni di dissesto gravitativo in atto né forme potenziali di instabilità.

Nella zona non sono presenti zone di pericolosità e/o di rischio individuate nel Progetto di Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere (ora Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale) relativo a zone sottoposte a tutela per pericolo di frana o d'inondazione.

A livello geologico regionale l'area oggetto di studio si colloca all'interno della provincia co-magmatica romana, tra gli apparati vulcanici dei Monti Sabatini a Nord e dei Colli Albani a Sud. Ad est la zona evolve verso l'area dapprima collinare e poi montuosa del bordo occidentale della catena appenninica, mentre ad Ovest l'andamento topografico degrada blandamente nelle zone di piana fino alla linea di costa del Tirreno.

L'assetto geologico, stratigrafico e tettonico dell'area è stato condizionato dall'evoluzione geodinamica dell'area dell'appennino centrale. La paleogeografia dell'area restituisce, al di sopra del substrato calcareo meso-cenozoico, pre-orogenico, la presenza di sedimenti marini plio-pleistocenici di mare aperto, depositi all'interno di bacini sedimentari originati a seguito della strutturazione degli alti e bassi strutturali e delle fluttuazioni del livello del mare. Le fasi di raccorciamento appenniniche unite allo sviluppo di una subduzione ovest immergente, hanno portato alla formazione di un'area estensionale di retro-catena, che ha tagliato e ribassato le litologie carbonatiche in elevazione. In prossimità dei lineamenti tettonici a cinematica diretta si sono strutturati principali distretti vulcanici della zona, che hanno messo in posto prodotti piroclastici alternati a depositi lavici ad alto contenuto in potassio.

Le continue variazioni marine eustatiche e l'elevato gradiente topografico instauratosi, hanno favorito la formazione e lo sviluppo di aste idrografiche principali che hanno eroso i depositi piroclastici trasportando e sedimentando nelle zone di fondo valle.

Presso l'area in esame si distinguono, dalla più antica alla più recente, le seguenti unità litologiche:

Formazione di Monte Vaticano

Questa formazione costituisce il substrato (*bedrock geologico*) di tutte le altre più recenti formazioni dell'area romana. Essa è costituita da argille, argille marnose, argille sabbiose stratificate, con intercalati livelli sabbiosi decimetrici, di ambiente marino relativamente profondo.

L'età della Formazione di Monte Vaticano, in base a dati biostratigrafici, è Pliocene inferiore *pro parte* - Pliocene superiore *pro parte*.

Formazione di Santa Cecilia

La Formazione di Santa Cecilia corrisponde in parte al “Maremmano” e alla “Unità del Paleotevere” Auct. (Ventriglia, 2002; Funicello e Giordano, 2008) ed è costituita da un complesso di alternanze di argille e limi con diatomiti, sabbie e ghiaie di ambiente fluviale, fluvio-lacustre e palustre.

Essa copre direttamente la Formazione di Monte Vaticano, sulla quale è blandamente discordante e dalla quale è separata per mezzo di una superficie erosiva.

La formazione è riferibile alla parte inferiore del Pleistocene medio (circa 600 ka), la sua posizione stratigrafica e la presenza di minerali vulcanici di origine sabatina e albana, suggeriscono la contemporaneità tra la fase di sedimentazione in ambiente fluvio-lacustre e l’inizio dell’attività vulcanica.

Terreni di riporto antichi e recenti

Si tratta di materiali costituiti da elementi eterometrici ed eterogenei immersi in una matrice sabbioso-limosa di natura prevalentemente piroclastica, rimaneggiata ed alterata; a luoghi inglobano resti di edifici strutture di fondazione muri, ecc. di epoche diverse.

CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Per quel che riguarda la circolazione idrica sotterranea, il substrato impermeabile di base è costituito dalle argille grigio-azzurre dell'unità del Monte Vaticano" ("Argille azzurre", Ventriglia, 1971; "Marne Vaticane" Auct.). Al di sopra di questo substrato impermeabile si individuano nell'area i seguenti complessi idrogeologici:

- complesso idrogeologico dei terreni di riporto;
- complesso idrogeologico dei depositi alluvionali pleistocenici

Complesso idrogeologico dei terreni di riporto

Il complesso è costituito prevalentemente da coltri di riporti ed accumuli di macerie e localmente da scarichi e terreni di bonifica interstratificati con depositi sabbioso limosi. Lo spessore in genere varia da alcuni metri a più di 10 metri. La permeabilità dei terreni di riporto può essere considerata media, ma varia fortemente sia in senso orizzontale che verticale in relazione alla variazione di porosità, e cioè della natura e del grado di compattazione dei materiali di riporto. In particolari condizioni, i riporti possono essere sede di una circolazione idrica diffusa o localizzata.

Complesso idrogeologico dei depositi alluvionali pleistocenici

E' costituito da alternanze di terreni molto eterogenei che si presentano generalmente permeabili negli orizzonti a granulometria prevalentemente sabbiosa; mentre livelli impermeabili sono identificabili con gli orizzonti argilloso-limosi. Presenta diverse circolazioni idriche sovrapposte, confinate ed in pressione, la più importante delle quali per potenzialità ed estensione è quella confinata nel livello basale a diretto contatto con i sottostanti terreni pliocenici impermeabili.

In particolare in corrispondenza dell'area in esame la superficie piezometrica della falda si colloca alla profondità di circa 20 metri, all'interno dei depositi limoso sabbiosi della formazione di Santa Cecilia.

CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA

Ai fini della individuazione del modello geologico, della caratterizzazione geotecnica del sottosuolo e della valutazione della risposta sismica locale è stata eseguita una indagine geognostica consistente nell'esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 30 metri; lungo la verticale di indagine è stata eseguita una prova S.P.T (*Standard Penetration Test*) e prelevato un campione di terreno sottoposto a prove di laboratorio; sono state inoltre eseguite numero 2 prove penetrometriche dinamiche continue di tipo D.P.S.H. (*Dinamic Probing Super Heavy*).

L'indagine geofisica è stata condotta attraverso l'esecuzione di una misura di rumore sismico ambientale H.V.S.R. (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*), di due prospezioni sismiche M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of surface Waves*) e di una prova sismica in foro di tipo *Down Hole*.

Il report dei risultati è restituito nella documentazione in Allegato n. 4: *"Indagini e prove eseguite secondo le disposizioni dell'Allegato C al Regolamento Regionale n.26 del 26 ottobre 2021 e successive modifiche"*.

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

Il sondaggio è stato eseguito a carotaggio continuo utilizzando una sonda a testa rotante provvista di aste e carotiere.

Il sistema di perforazione adottato ha permesso l'asportazione del terreno con continuità e sotto forma di cilindri di diametro e lunghezza corrispondente a quello del carotiere.

Le aste di collegamento sono state estratte dal foro dopo ogni tratto perforato per estrarre dal carotiere, posto alla base della colonna di aste, le carote prelevate; quest'ultime sono state collocate in modo continuo all'interno di apposite cassette catalogatrici sulle quali sono state riportate le profondità progressive raggiunte nel corso del carotaggio. I testimoni della perforazione sono consultabili nella documentazione fotografica allegata.

PROVA S.P.T. (*Standard Penetration Test*).

Lungo la verticale di indagine è stata eseguita una prova penetrometrica in foro S.P.T.. La prova consiste nell'infissione a percussione di uno speciale campionatore che penetrando nel terreno consente di valutare la resistenza alla penetrazione (come numero N di colpi inflitti da un apposito maglio per un dato avanzamento). In particolare la prova si esegue misurando il numero di colpi necessario per infiggere il campionatore per tre tratti di 15 cm ciascuno, per una lunghezza totale di 45 cm (N1, N2, N3 del numero di colpi/15 cm). Il valore N_{spt} della prova è la somma dei secondi due valori ($N_{spt} = N2+N3$). Un numero di colpi superiore a 50 per l'infissione di uno dei tre tratti di 15cm determina il raggiungimento del "rifiuto" e quindi la fine della prova.

La valutazione dei parametri geotecnici del terreno avviene attraverso correlazioni affidabili ricavate dalla letteratura tecnica, la cui affidabilità è confermata a livello internazionale.

In accordo con le raccomandazioni A.G.I. è stata utilizzata un'attrezzatura costituita da un maglio del peso di 63.5 kg predisposto per la caduta da un'altezza di 76cm ed aste di collegamento del maglio al campionatore di peso 7.2 kg/m.

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE D.P.S.H. (*Dinamic Probing Super Heavy*)

Le prove sono state eseguite utilizzando un penetrometro superpesante *Pagani* mod. *TG 63-100* con massa battente di 63,5 kg, altezza di caduta di 0,75 mt, aste del peso di 6.0 kg/m, punta conica diametro 50,46 mm e apertura di 60°.

La prova penetrometrica dinamica consiste nella misura della resistenza del terreno alla penetrazione di una punta conica con caratteristiche geometriche note, infissa per battuta nel terreno per mezzo di un maglio avente massa standardizzata.

Il numero di colpi N necessario all'avanzamento per tratti consecutivi δ di 0.30 mt permette di determinare la *resistenza dinamica* del terreno dalla quale è possibile risalire a parametri geotecnici significativi attraverso elaborazioni successive di correlazione.

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

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

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...DPSH (Emilia 30)

Profondità prova 10,2 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)
0,30	10	0,853	4,24	4,97
0,60	10	0,847	4,21	4,97
0,90	5	0,842	1,97	2,34
1,20	2	0,836	0,78	0,94
1,50	23	0,731	7,88	10,78
1,80	2	0,826	0,77	0,94
2,10	2	0,822	0,73	0,89
2,40	1	0,817	0,36	0,44
2,70	1	0,813	0,36	0,44
3,00	1	0,809	0,34	0,42
3,30	1	0,805	0,34	0,42
3,60	1	0,801	0,34	0,42
3,90	1	0,797	0,32	0,40
4,20	1	0,794	0,32	0,40
4,50	1	0,790	0,32	0,40
4,80	1	0,787	0,32	0,40
5,10	1	0,784	0,30	0,38
5,40	1	0,781	0,30	0,38
5,70	1	0,778	0,30	0,38
6,00	1	0,775	0,28	0,36
6,30	1	0,773	0,28	0,36
6,60	2	0,770	0,56	0,73
6,90	2	0,768	0,54	0,70
7,20	1	0,766	0,27	0,35
7,50	1	0,763	0,27	0,35
7,80	2	0,761	0,53	0,70
8,10	2	0,759	0,51	0,67
8,40	3	0,757	0,76	1,01
8,70	3	0,755	0,76	1,01
9,00	4	0,753	0,97	1,29
9,30	7	0,752	1,69	2,25
9,60	7	0,750	1,69	2,25
9,90	7	0,748	1,62	2,17
10,20	7	0,747	1,62	2,17

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...DPSH (Emilia 30)

Profondità prova 8,10 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)
0,30	6	0,853	2,54	2,98
0,60	7	0,847	2,95	3,48
0,90	8	0,842	3,15	3,75
1,20	9	0,836	3,53	4,22
1,50	8	0,831	3,12	3,75
1,80	7	0,826	2,71	3,28
2,10	7	0,822	2,55	3,10
2,40	7	0,817	2,54	3,10
2,70	7	0,813	2,52	3,10
3,00	7	0,809	2,38	2,94
3,30	6	0,805	2,03	2,52
3,60	6	0,801	2,02	2,52
3,90	8	0,797	2,55	3,20
4,20	7	0,794	2,22	2,80
4,50	6	0,790	1,90	2,40
4,80	7	0,787	2,21	2,80
5,10	8	0,784	2,39	3,05
5,40	8	0,781	2,38	3,05
5,70	9	0,778	2,67	3,44
6,00	9	0,775	2,55	3,28
6,30	9	0,773	2,54	3,28
6,60	8	0,770	2,25	2,92
6,90	11	0,768	2,95	3,84
7,20	11	0,766	2,94	3,84
7,50	14	0,713	3,49	4,89
7,80	24	0,661	5,54	8,38
8,10	50	0,559	9,37	16,76

CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

L'individuazione del modello geologico e la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo derivano dalla esecuzione delle indagini in situ precedentemente descritte unitamente alle risultanze delle prove condotte in laboratorio.

Si descrivono di seguito le unità litotecniche individuate in successione stratigrafica, a cui sono stati attribuiti i parametri fisico-meccanici più indicativi per ciascuna unità:

UNITÀ LITOTECNICA 1 (da 0.0 m a - 7.5 m)

Terreno di riporto a granulometria sabbiosa limosa, con resti di laterizi e impasti di malta da costruzione. Da sciolto a poco addensato.

La parametrizzazione viene eseguita attraverso le prove penetrometriche dinamiche eseguite sia in continuo (DPSH) che in foro (Spt); i valori ottenuti mostrano una forte dispersione a conferma di uno stato di addensamento disomogeneo: da sciolto a poco addensato.

In base alle prove realizzate in situ si attribuiscono all'Unità i seguenti valori medi di riferimento: γ (peso di volume)= 12.8 – 16.2 kN/m³; ϕ (angolo di resistenza al taglio)= 23-26° ; c' (coesione efficace)= 0 kPa ; E (modulo edometrico)= 3.3 - 4.3 MPa

UNITÀ LITOTECNICA 2 (-7.5 m a -10.0 m)

Piroclastite a granulometria prevalentemente sabbiosa, debolmente limosa.

I valori di N_{spt} ottenuti indicano l'Unità poco addensata.

Il peso di volume determinato in laboratorio e in situ (dpsH) è pari a 15.8 kN/m³.

I parametri di taglio drenati determinati in laboratorio sono $c' = 0.0$ kPa; $\phi = 36.8^\circ$; da prove penetrometriche (DPSH) il valore dell'angolo di attrito è pari a 30°, il valore del modulo edometrico è pari a 6.2 Mpa.

<i>Valori medi dei coefficienti geotecnici per strato attraversato dalle prove</i>				
<i>UNITA' LITOTECNICA</i>	<i>Angolo d'attrito (°)</i>	<i>Peso unità di volume (kN/m³)</i>	<i>Modulo edometrico (MPa)</i>	<i>Coesione drenata (kpa)</i>
<i>1. Terremo di riporto</i>	23 - 26	12.8 – 16.2	3.3-4.3	0.0
<i>2. Piroclastite sabbiosa debolmente limosa</i>	30 – 36	15.8	6.2	0.0

SISMICITA' E MODELLO SISMICO DI SITO

La sismicità dell'area risulta influenzata da due distretti sismogenetici: l'area dell'Appennino centrale (Sismicità Regionale) e l'area vulcanica dei Colli Albani.

La Sismicità Regionale è rappresentata dalle strutture sismogenetiche dell'Appennino centrale collocate tra i 60 e 130 km da Roma e che hanno prodotto le intensità maggiori registrate nella capitale (VII-VIII MCS). La sismicità dovuta all'attività dell'area vulcanica dei Colli Albani è caratterizzata da terremoti che raggiungono il V-VI MCS; le profondità epicentrali si mantengono modeste (mediamente comprese tra 4 e 6 km) e l'attività è solitamente del tipo a sciame sismico con modesti rilasci di energia.

La normativa sismica vigente (D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" e la D.G.R. Lazio n. 387 del 22/05/2009 "Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione all'O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006 e della D.G.R. Lazio n. 766/03") ha introdotto una riclassificazione di tutto il territorio della Regione Lazio individuando tre zone suddivise in due sottozone, a rischio sismico decrescente, in funzione del valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.

Secondo tale classificazione l'area in esame risulta inserita nella *Zona 3 sottozona A* alla quale corrisponde un valore dell'accelerazione orizzontale a_g compreso tra 0.10 e 0.15 g, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

VALORI DI ACCELERAZIONI ORIZZONTALI		
ZONA	SOTTOZONA	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
1		0.25-0.278g
2	A	0.20-0.25
	B	0.15-0.20
3	A	0.10-0.15
	B	0.062-0.10

Tab. I – Suddivisione delle Sottozone Sismiche in relazione all’accelerazione di picco su terreno rigido utilizzate per lo scenario di riclassificazione sismica della Regione Lazio.

Per la caratterizzazione sismica del sito in esame sono state eseguite due prospezioni sismiche MASW, una prova sismica in foro Down Hole, una analisi dei microtremori HVSR ed effettuata una analisi di Risposta Sismica Locale monodimensionale.

Il modello sismico del sottosuolo, costituito dall’andamento delle velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità, è stato ricavato in funzione delle indagini eseguite e della geologia a contorno, individuando uno strato con velocità $V_s > 800$ m/s corrispondente al *bedrock sismico*.

Dal modello sismico monodimensionale il valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio è risultato compreso tra $298 \div 301$ m/s.

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

dove h_i e $V_{s,i}$ indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i -esimo; N : numero di strati; H : profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.

Tale valore, secondo l’approccio semplificato, permette di classificare il sito nella Categoria di sottosuolo C.

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

§ 3.2.2 NTC2018: Tabella 3.2.II - Categorie di sottosuolo

CATEGORIA TOPOGRAFICA: T1

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

Nel Livello 1 di Microzonazione Sismica validato ai sensi della DGR Lazio n. 545/2010, l'area di studio ricade in Zona stabile suscettibile di amplificazione locale.

Relazione geologica

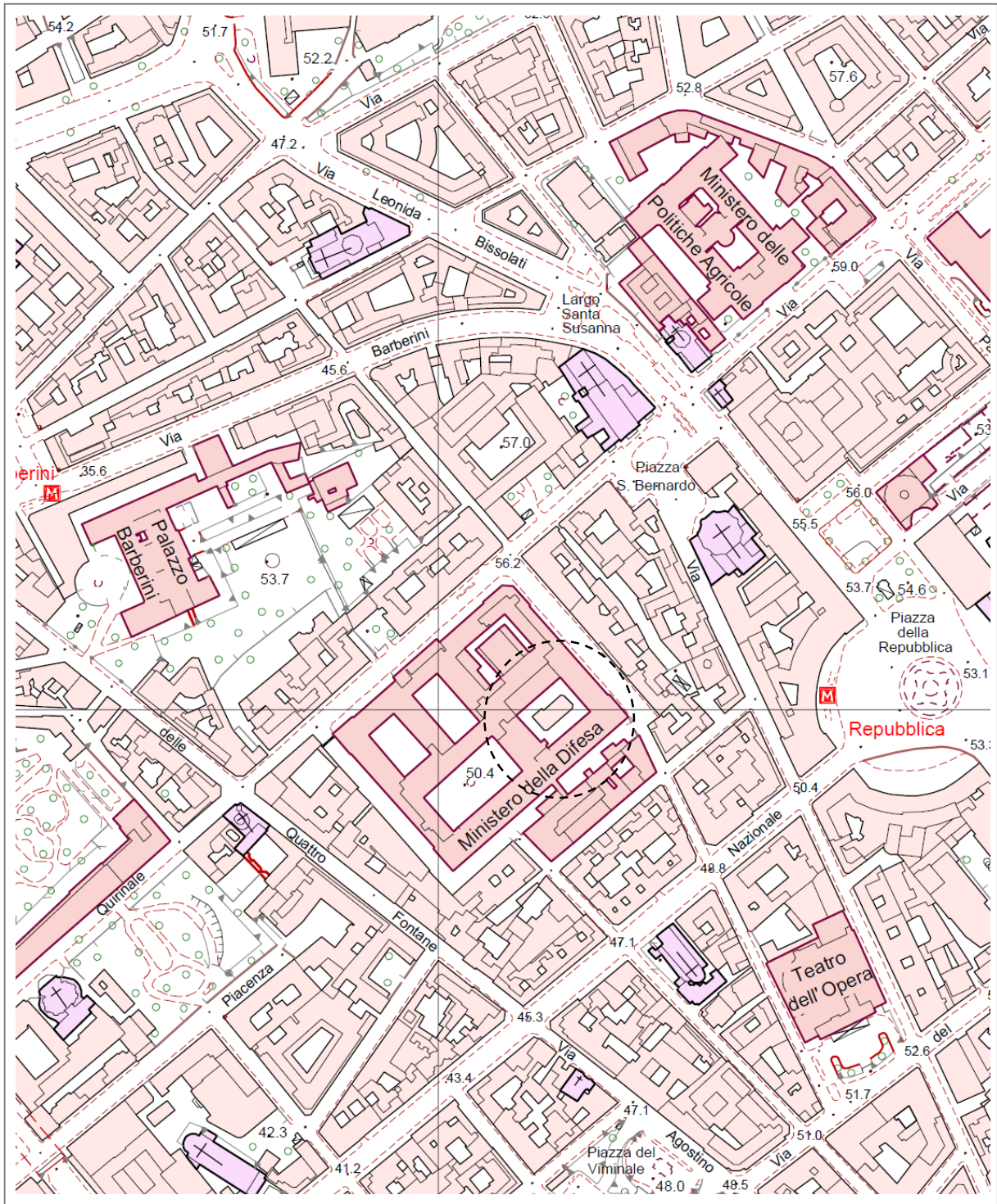
Via Firenze 35, Roma

Allegato n° 1

STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE

Elemento n. 374062

scala 1:5.000



Relazione geologica

Via Firenze 35, Roma

Allegato n° 2

CARTA GEOLOGICA

BASE C.T.R. SEZ. N. 374060 – SCALA 1:3.000



Legenda

- a** - Tufi stratificati, tufiti e tufi terrosi
- b** - Pozzolane
- c** - Depositi alluvionali - Pleistocene

Relazione geologica

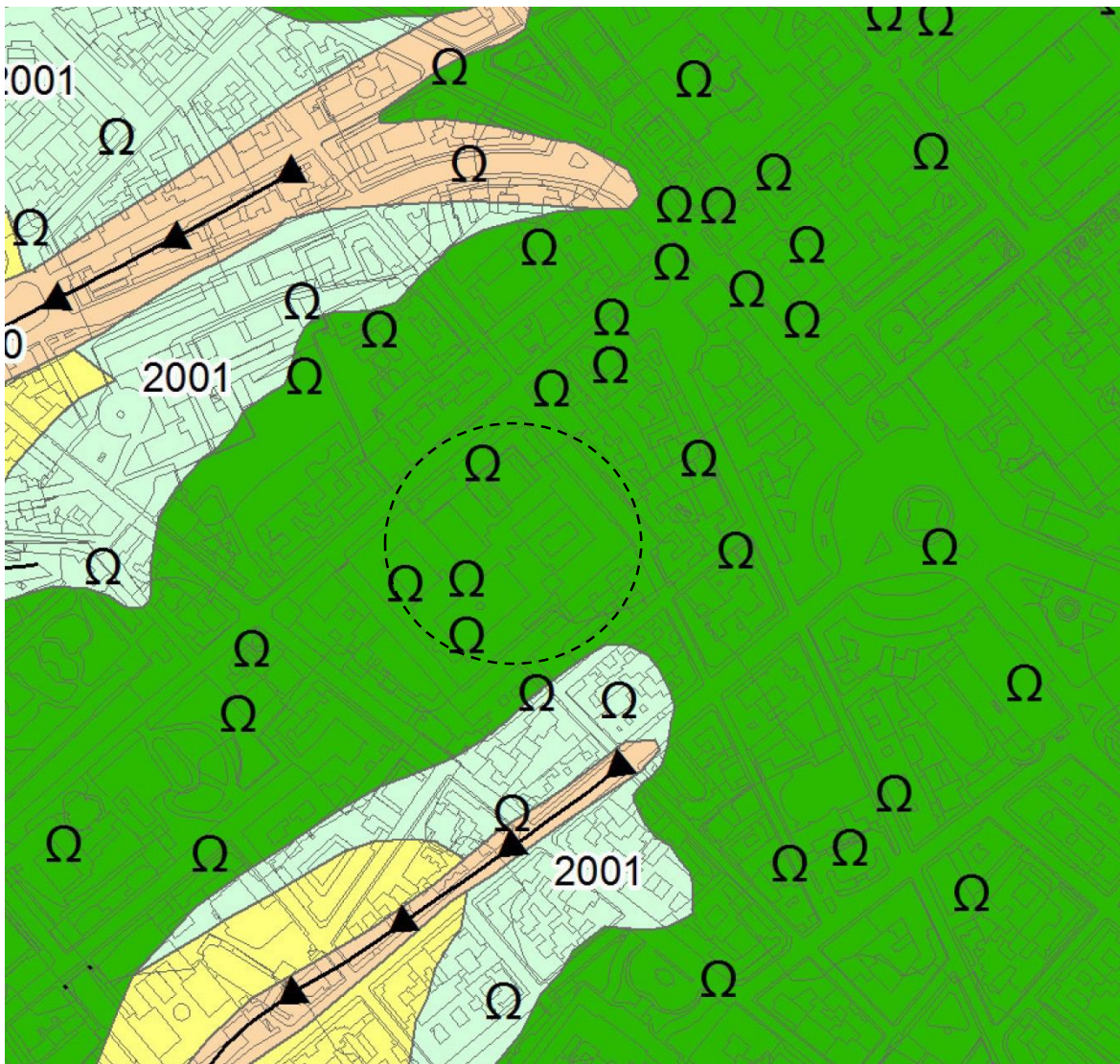
Via Firenze 35, Roma

Allegato n° 3

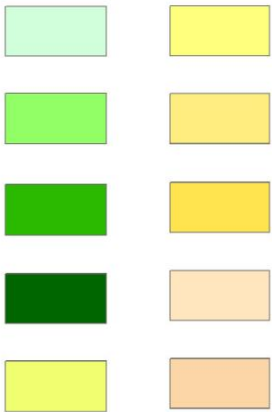
STRALCIO DEL LIVELLO I DI MICROZONAZIONE SISMICA VALIDATO

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

SCALA 1:10.000



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



Relazione geologica

Via Firenze 35, Roma

Allegato n° 4

*INDAGINI E PROVE ESEGUITE SECONDO LE DISPOSIZIONI DELL'ALLEGATO C
REGOLAMENTO REGIONALE N. 26 DEL 26 OTTOBRE 2020 E SUCCESSIVE MODIFICHE*

STRATIGRAFIE;

PROVE PENETROMETRICHE DPSH / SPT;

INDAGINI SISMICHE MASW / HVSR;

PROSPEZIONE SISMICA DOWN HOLE;

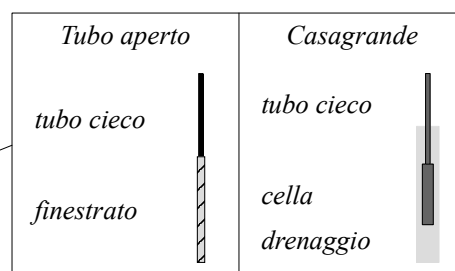
ANALISI NUMERICA DI RISPOSTA SISMICA LOCALE MONODIMENSIONALE;

CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO

LEGENDA STRATIGRAFIA

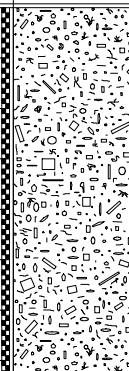
Ø	R	A	Pz	metri	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. %	S.P.T.		RQD %	prof.	DESCRIZIONE
mm	v	r	s	batt.					0 --- 100	S.P.T.	N	0 --- 100	m	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
- 4) Piezometri
- 5) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 6) Simbolo litologico
- 7) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 8) Resistenza alla punta (kg/cm²)
- 9) Vane test (kg/cm²)
- 10) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Valore di N_{spt}
- 13) Percentuale R.Q.D. (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 14) Profondità della base dello strato (m)
- 15) Descrizione della litologia dello strato



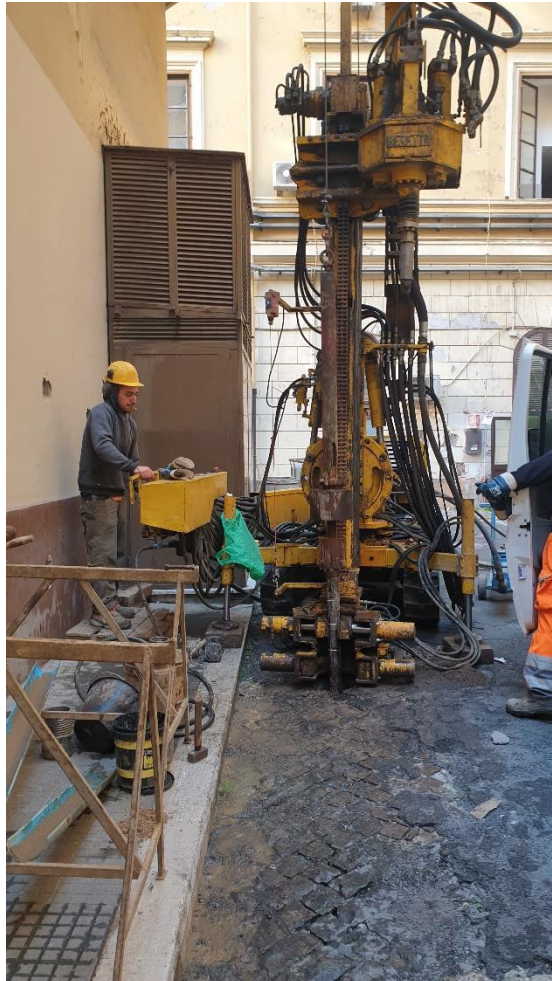
She = Shelby
Den = Denison
Ost = Osterberg
Maz = Mazier
Crp = Craps
nk3 = NK3
Ind = Indisturbato
Dis = Disturbato
SDi = Semi disturbato
SPT = SPT

Riferimento: Via Firenze, 35	Sondaggio: 1
Località: Roma	Quota: 50
Impresa esecutrice: Tecnogeo s.n.c.	Data: 7-8/11/2024
Coordinate: 12°29'36" E 41°54'09" N	Redattore: Geol. L.Tassone
Perforazione: Rotazione a carotaggio continuo - aste e carotiere	

Ø mm	R v	A r	S	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	
											S.P.T.	N				
					1								4		Terreno di riporto a granulometria sabbioso limosa, con resti di laterizi e impasti di malta da costruzione. Da sciolto a poco addensato.	
					2											
					3											
					4											
					5											
					6											
					7											
					8											
					9									7.5		
					10		1) She < 9,00 9,50									Piroclastite a granulometria prevalentemente sabbiosa, debolmente limosa, di colore marrone
					11											
					12											
					13											
					14											
					15											
					16											
					17											
					18											
					19											
					20											
					21											
					22											
					23											
					24											
					25											
					26											
					27											
					28											
					29											
					30											
101														29,0		
														30,0		

Il materiale prelevato nel corso del sondaggio è stato conservato in n. 6 cassette catalogatrici.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Postazione sondaggio S1



(0.00 – 5.00) m



(5.00 – 10.0) m



(10.0 – 15.0) m



(15.0 – 20.0) m



(20.0 – 25.0) m



(25.0 – 30.0) m

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE D.P.S.H.

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: Emilia (30)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. correlazione	1,01

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

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.

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 della resistenza alla punta.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati Nspt 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 Nspt dello strato considerato risulta inferiore a Nspt critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione Nspt in presenza di falda

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

Nspt 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 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. 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 mt. sopra falda e < 7 mt. 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 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.

Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL 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 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.

Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.

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
- Buismann-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 Gamma

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

Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $\gamma = 2,65$ t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 (Nspt = 0) a 1,99 (Nspt = 95)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

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

Velocità onde di taglio V_s (m/sec)

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

Modulo di deformazione di taglio (G)

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

Modulo di reazione (K_0)

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.

Terzaghi-Peck (1948). *Cu min-max*.

- Sanglerat, da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche" di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, ($Cu-N_{spt}$ -grado di plasticità).

Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con $N_c=20$ e $Q_c/N_{spt}=2$.

Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC.

Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago). Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.

Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.

- Shioi-Fukuni 1982, valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

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

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

Peso di volume saturo

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa $G=2,70$ (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ($N_{spt}=0$) a 0,545 ($N_{spt}=28$)

PROVA ... Nr.1

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



Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)
0,30	10	0,853	4,24	4,97
0,60	10	0,847	4,21	4,97
0,90	5	0,842	1,97	2,34
1,20	2	0,836	0,78	0,94
1,50	23	0,731	7,88	10,78
1,80	2	0,826	0,77	0,94
2,10	2	0,822	0,73	0,89
2,40	1	0,817	0,36	0,44
2,70	1	0,813	0,36	0,44
3,00	1	0,809	0,34	0,42
3,30	1	0,805	0,34	0,42
3,60	1	0,801	0,34	0,42
3,90	1	0,797	0,32	0,40
4,20	1	0,794	0,32	0,40
4,50	1	0,790	0,32	0,40
4,80	1	0,787	0,32	0,40
5,10	1	0,784	0,30	0,38
5,40	1	0,781	0,30	0,38
5,70	1	0,778	0,30	0,38
6,00	1	0,775	0,28	0,36
6,30	1	0,773	0,28	0,36
6,60	2	0,770	0,56	0,73
6,90	2	0,768	0,54	0,70
7,20	1	0,766	0,27	0,35
7,50	1	0,763	0,27	0,35
7,80	2	0,761	0,53	0,70
8,10	2	0,759	0,51	0,67
8,40	3	0,757	0,76	1,01
8,70	3	0,755	0,76	1,01
9,00	4	0,753	0,97	1,29
9,30	7	0,752	1,69	2,25
9,60	7	0,750	1,69	2,25
9,90	7	0,748	1,62	2,17
10,20	7	0,747	1,62	2,17

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	2,96	9,00	2,96	Skempton (1986)	26,69
Strato 2	7,07	10,20	7,07	Skempton (1986)	28,59

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	2,96	9,00	2,96	De Mello	22,87
Strato 2	7,07	10,20	7,07	Sowers (1961)	29,98

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 1	2,96	9,00	2,96	Begemann (1974)	3,29
Strato 2	7,07	10,20	7,07	Menzenbach e Malcev	6,18

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	2,96	9,00	2,96	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 2	7,07	10,20	7,07	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

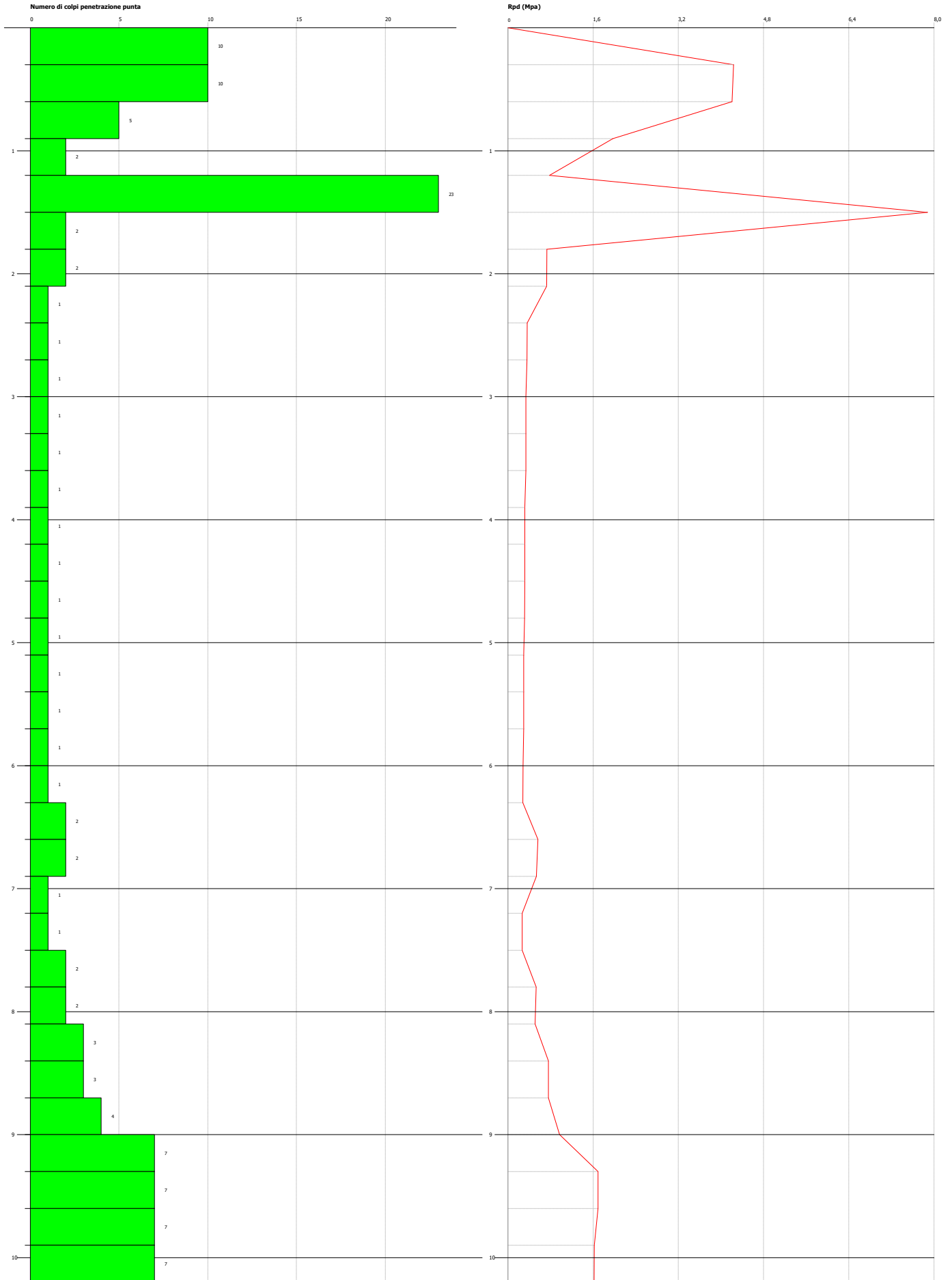
	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m ³)
Strato 1	2,96	9,00	2,96	Meyerhof ed altri	14,22
Strato 2	7,07	10,20	7,07	Meyerhof ed altri	15,89

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... EMILIA (30)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Ministero della Difesa
Cantiere : Via Firenze 35
Località : Roma

Data : 15/10/2024

Scala 1:42



PROVA ... Nr.2

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



Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)
0,30	6	0,853	2,54	2,98
0,60	7	0,847	2,95	3,48
0,90	8	0,842	3,15	3,75
1,20	9	0,836	3,53	4,22
1,50	8	0,831	3,12	3,75
1,80	7	0,826	2,71	3,28
2,10	7	0,822	2,55	3,10
2,40	7	0,817	2,54	3,10
2,70	7	0,813	2,52	3,10
3,00	7	0,809	2,38	2,94
3,30	6	0,805	2,03	2,52
3,60	6	0,801	2,02	2,52
3,90	8	0,797	2,55	3,20
4,20	7	0,794	2,22	2,80
4,50	6	0,790	1,90	2,40
4,80	7	0,787	2,21	2,80
5,10	8	0,784	2,39	3,05
5,40	8	0,781	2,38	3,05
5,70	9	0,778	2,67	3,44
6,00	9	0,775	2,55	3,28
6,30	9	0,773	2,54	3,28
6,60	8	0,770	2,25	2,92
6,90	11	0,768	2,95	3,84
7,20	11	0,766	2,94	3,84
7,50	14	0,713	3,49	4,89
7,80	24	0,661	5,54	8,38
8,10	50	-	-	-

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	8,08	7,50	8,08	Skempton (1986)	28,59

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	8,08	7,50	8,08	De Mello	26,69

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 1	8,08	7,50	8,08	Begemann (1974)	4,32

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	8,08	7,50	8,08	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

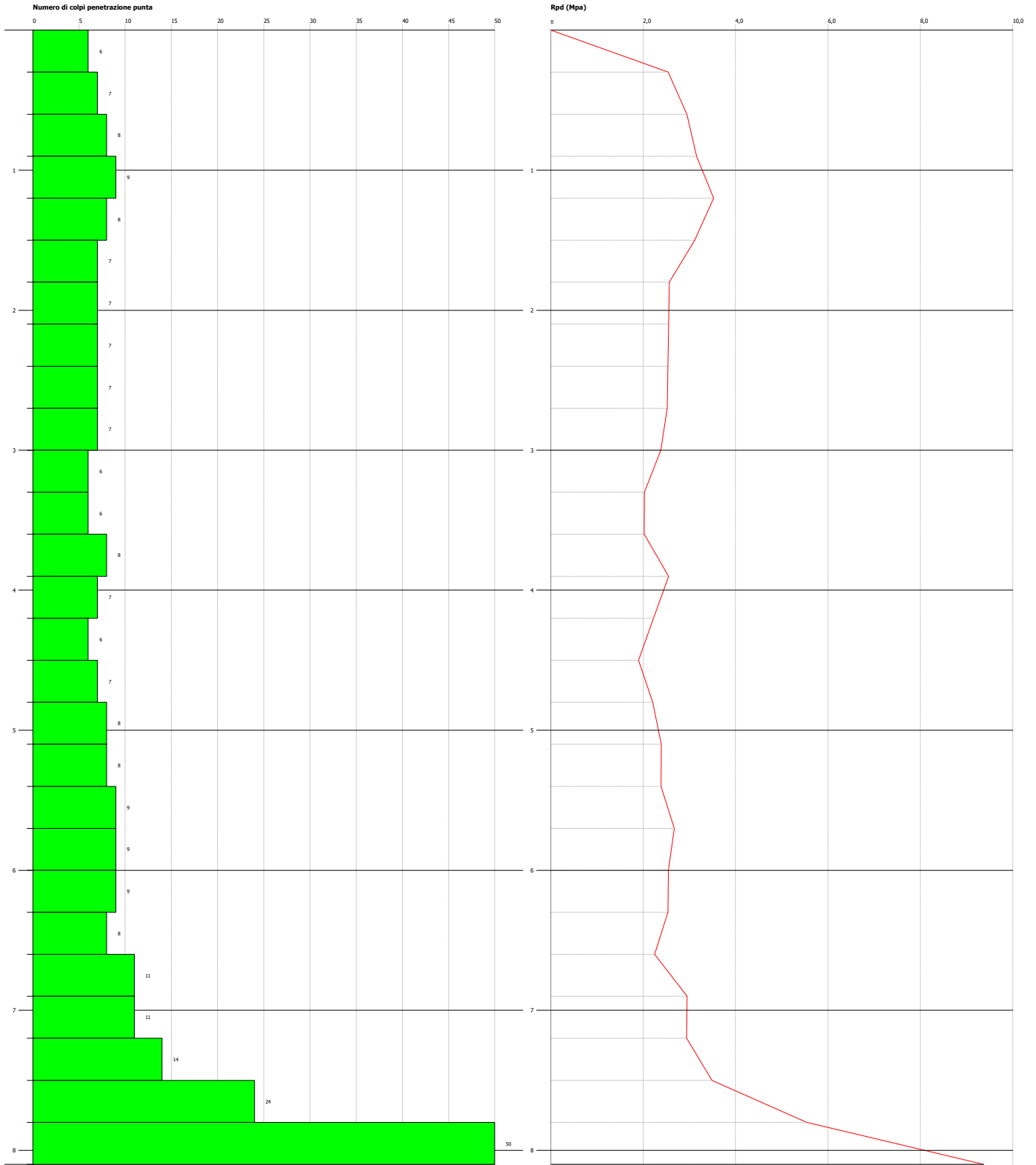
	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m ³)
Strato 1	8,08	7,50	8,08	Meyerhof ed altri	16,28

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... EMILIA (30)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Ministero della Difesa
Cantiere : Via Firenze 35
Località : Roma

Data : 15/10/2024

Scala 1:40



PROVE SPT IN FORO

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 kg
Altezza di caduta libera	0,76 m
Peso sistema di battuta	4,2 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. correlazione	1

PROVA ... Nr.S1_1

Profondità (m)	Nr. Colpi
4,65	2
4,80	2
4,95	2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI INCOERENTI

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	4	4,95	4	De Mello	24,12

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 1	4	4,95	4	Begemann (1974)	3,50

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	4	4,95	4	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m ³)
Strato 1	4	4,95	4	Meyerhof ed altri	12,75

PROSPEZIONI SISMICHE MASW

Lo scopo della prova MAS W consiste nel determinare il profilo di rigidezza del sito tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie di Rayleigh (V_R) e un successivo processo di inversione, attraverso il quale viene fornita una stima indiretta della distribuzione delle V_s (velocità di propagazione delle onde di taglio).

Si rende necessaria soprattutto quando interessano dati medi relativi ad ampi volumi di terreno e quando i risultati da ottenere devono essere di qualità e precisione buone.

Per l'esecuzione della prova è necessaria una superficie pianeggiante più o meno ampia in relazione alla profondità di indagine.

Si suppone che il volume di terreno interessato dalle indagini sia stratificato orizzontalmente e che all'interno di ogni strato il comportamento del terreno si possa considerare elastico, omogeneo e isotropo.

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione dinamica verticale in un determinato campo di frequenze, opportunamente regolabile, e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di rigidezza può scomporsi in due fasi fondamentali:

- ✓ deduzione della curva di dispersione (velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza) caratteristica del sito in esame;
- ✓ processo di inversione, finalizzato a ottenere partendo dalla curva suddetta una stima del profilo di rigidezza a essa associato.

Ai fini di questa prova, di tutte le componenti di moto prodotte nel terreno dalla sorgente, interessano quelle che si trasmettono lungo la superficie (onde superficiali) e di queste quelle di Rayleigh, polarizzate sul piano verticale e caratterizzate da componenti sia longitudinali sia trasversali.

Tali onde si propagano lungo fronti d'onda cilindrici, coassiali rispetto alla sorgente, con attenuazione proporzionale all'inverso della radice di r (dove r è la distanza dalla sorgente) inferiore all'attenuazione delle onde di volume (proporzionale invece a $1/r$), quindi già a distanze non molto grandi le onde di superficie tendono a prevalere nettamente su quelle di volume.



Fig. 1 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

La componente verticale del moto indotta dalle onde di Rayleigh è predominante su quella orizzontale e si attenua con la profondità rapidamente fino a diventare insignificante a una quota di poco superiore alla lunghezza d'onda λ della sollecitazione indotta. Per indagare profondità sempre maggiori e ricavare la velocità caratteristica delle onde di Rayleigh è opportuno aumentare progressivamente la lunghezza d'onda della sollecitazione prodotta dalla sorgente, costruendo così una curva in cui sia riportata al variare della lunghezza d'onda λ , e quindi della profondità investigata, la velocità delle onde di Rayleigh calcolata (curva di dispersione).

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove si compone di un *sistema sorgente* - *sistema di ricezione* - *sistema di acquisizione dati* (fig. 2-3).

CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'INDAGINE MASW

Le acquisizioni sono avvenute con sismografo a 24 canali *Dolang mod.DBS 280* collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5 Hz.

Il sistema si connette ad un PC portatile per l'impostazione dei parametri di acquisizione e per il salvataggio dei dati e la loro pre-analisi.

Per le analisi dei dati acquisiti si sono adottati i software *Grilla_Micromed* e *WinMasw_Eliosoft*.



Fig. 2 - Sistema sismico Dolang DBS 280

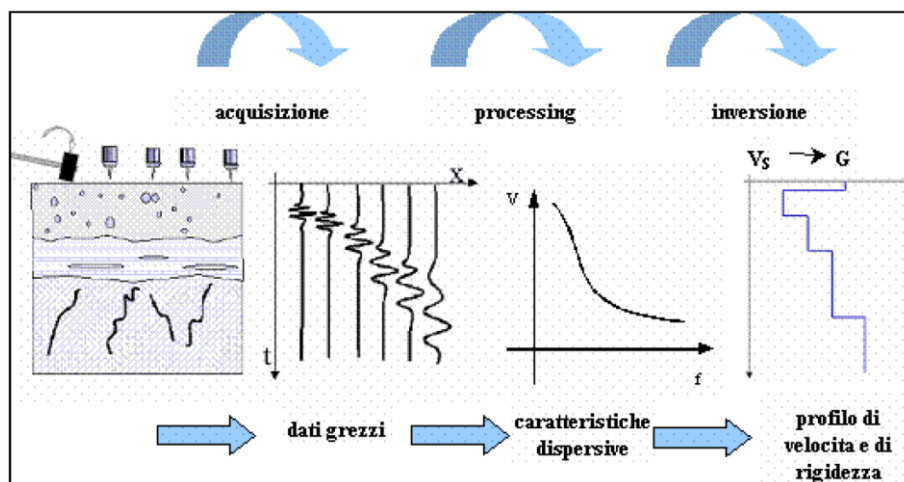


Fig. 3 – Indagine sismica per onde superficiali - Schematizzazione delle fasi

ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE

Le prospezioni sismiche MASW sono state eseguite secondo due stese lineari di numero 12 geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz) con interasse di 2.0 m.

Parametri di acquisizione:

Durata acquisizione = 2460 ms

Intervallo di campionamento = 1.2 ms

Numero di campioni per traccia = 2048

Frequenza di campionamento = 830 Hz

Dai modelli sismici monodimensionali il valore delle $V_{s,eq}$ determinato con la seguente relazione è risultato compreso tra 298-301 m/s.

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

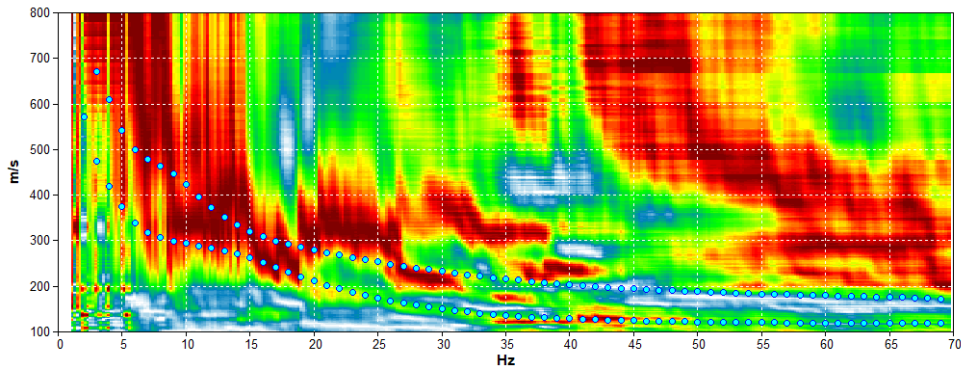
h_i e $V_{s,i}$: spessore (in m) e velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i -esimo;

N : numero di strati; H : profondità del substrato (≥ 800 m/s).



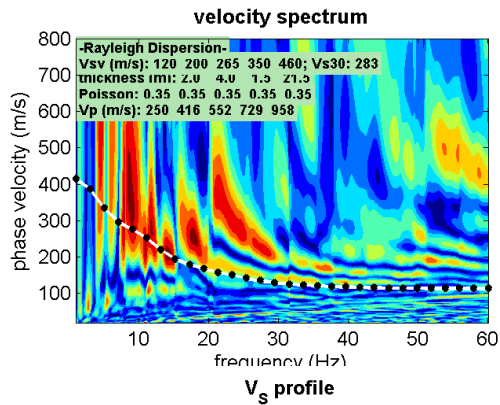
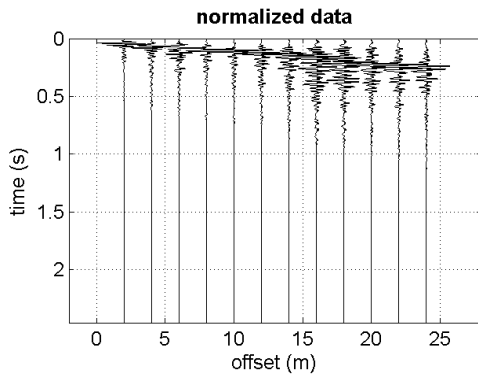
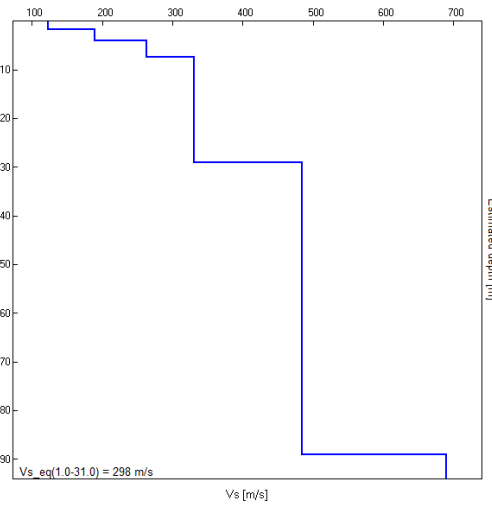
Esecuzione prospezioni sismiche MASW

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



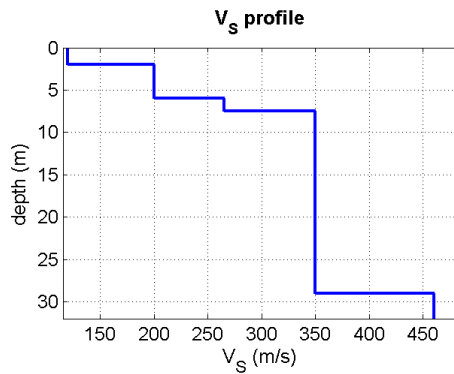
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
1.80	1.80	123
4.10	2.30	189
7.40	3.30	263
29.00	21.60	331
89.00	60.00	485
inf.	inf.	690

MASW1: Vs_eq(1.0-31) = 298m/s



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
2.0	2.0	120
6.0	4.0	200
7.5	1.5	265
29.0	21.5	350
Inf.	Inf.	460

MASW2: Vs_eq(1.0-31) = 301 m/s



MISURA DI RUMORE SISMICO AMBIENTALE A STAZIONE SINGOLA HVSR

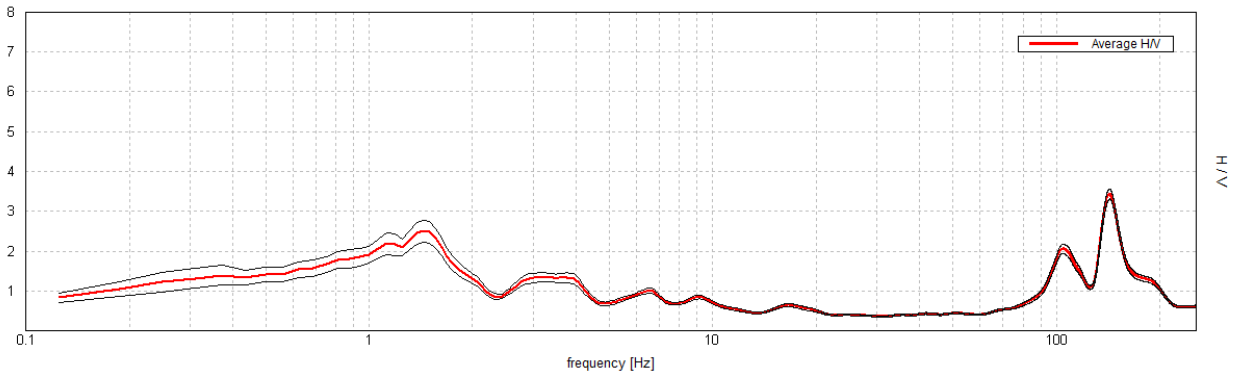
La prova ha lo scopo principale di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni. Contestualmente fornisce indicazioni di tipo qualitativo sull'entità delle risonanze attese. In generale, la stima della frequenza di risonanza f sarà tanto più precisa quanto maggiore è il contrasto di impedenza sismica responsabile del fenomeno, ovvero dove sono maggiori gli effetti potenzialmente pericolosi. Inoltre, se i risultati della prova sono invertiti mediante opportune procedure numeriche, soprattutto se in associazione ad altre indicazioni sperimentali (per esempio le curva di dispersione delle onde superficiali) possono fornire vincoli importanti al profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo. In casi semplici (coperture soffici al di sopra di un basamento sismico rigido), è possibile stabilire una relazione fra lo spessore h dello strato, la velocità media delle onde S all'interno di quest'ultimo (V_s) e la frequenza di risonanza fondamentale f dello strato, nella forma $f = V_s/4H$ in cui V_s è la velocità media delle onde S nello strato ed h è lo spessore.

La misura del rumore sismico ambientale è stata effettuata mediante il tromografo digitale *Tromino* con acquisizione di 16 minuti ad una frequenza di 512 Hz.

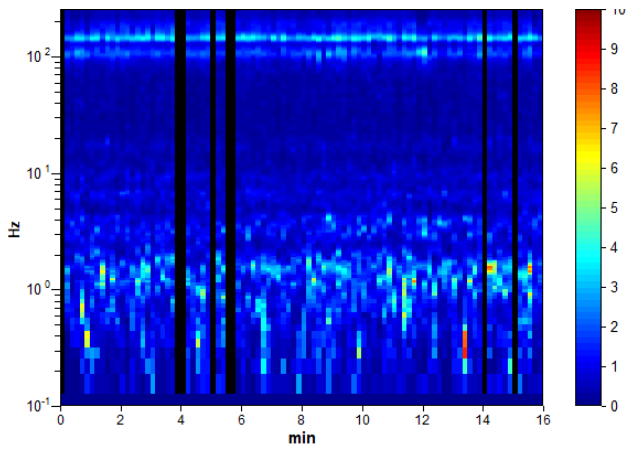
Si tratta di un apparecchio portatile compatto di circa 10 x 7 x 14 cm e 1 kg di peso dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza alcun cavo esterno.

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

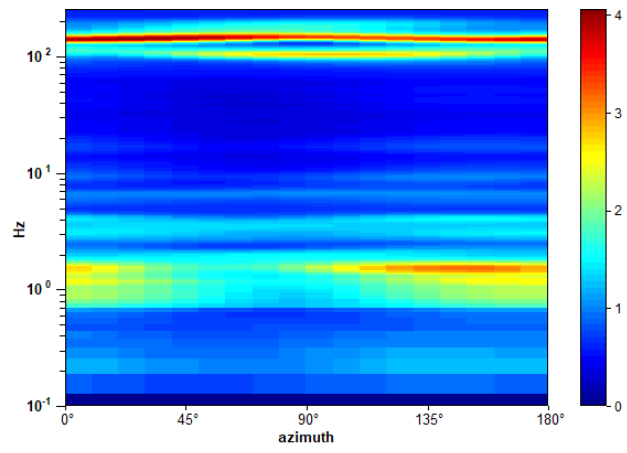
Max. H/V at 1.44 ± 0.17 Hz (in the range 0.0 - 15.0 Hz).



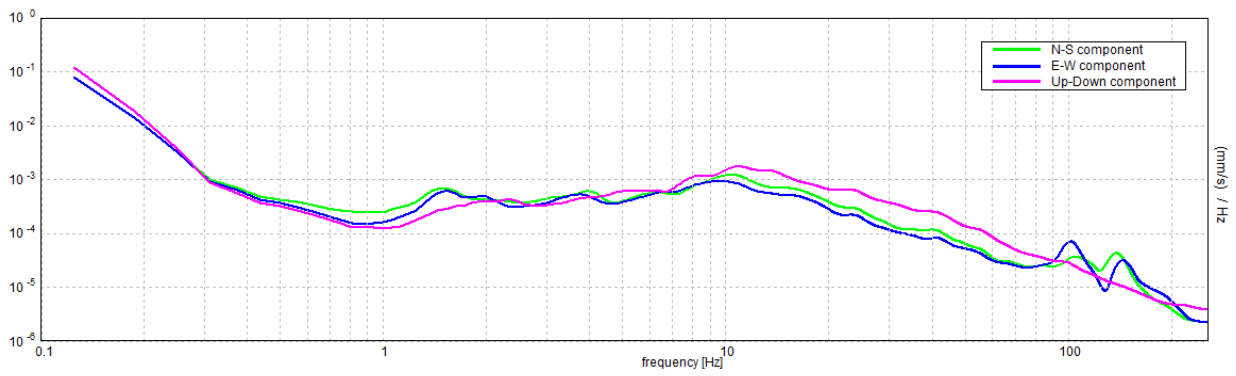
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



PROSPEZIONE SISMICA DOWNHOLE

CENNI TEORICI SUL METODO DOWN-HOLE

La prospezione sismica in foro con il metodo “down hole” consente la determinazione in sito delle velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali (V_p) e trasversali (V_s) lungo una direzione sub-verticale.

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.

Le componenti indispensabili per una misura DH accurata consistono:

in una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche ricche di energia e direzionali;
uno o più geofoni multidimensionali, con appropriata risposta in frequenza (4,5-14 Hz), direzionali e dotati di un sistema di ancoraggio alle pareti del tubo-foro;

un sismografo multi-canale, in grado di registrare le forme d'onda in modo digitale e di registrarle su memoria di massa;

un trasduttore (trigger) alloggiato nella sorgente necessario per l'identificazione dell'istante di partenza della sollecitazione dinamica mediante massa battente.

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

Il down hole, in questo lavoro, è stato interpretato 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:

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

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

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

- 1) coefficiente di Poisson medio:

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

- 2) modulo di deformazione a taglio medio:

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

- 3) modulo di Young medio:

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

STRUMENTAZIONE ADOTTATA

Per l'esecuzione del DH è stato utilizzato sistema sismico digitale multicanale (SoilSpy Rosina) composto da un cavo di trasmissione digitale dati lungo il quale sono disposti i moduli di amplificazione/digitalizzazione collegati ai sensori. Il sistema si connette ad un PC portatile per l'impostazione dei parametri di acquisizione, per il salvataggio dei dati e la loro preanalisi.

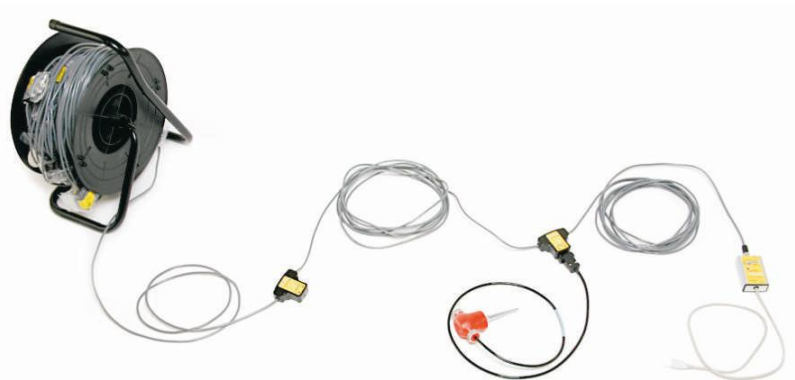


Fig. 1 - Sistema sismico digitale multicanale SoilSpy Rosina

Come trasduttore delle onde sismiche è stato impiegato il SENSORE BGK5 (*Geotomographie*) consistente in un geofono quinquassiale a 10 Hz, accoppiato alla parete del pozzo mediante un sistema di bloccaggio pneumatico (camera d'aria gonfiabile). L'aria viene fornita al BGK5 tramite un cavo ibrido elettropneumatico con una corda di tensione in Kevlar.



Fig. 2 - Sensore sismico quinquassiale da foro BGK5 (*Geotomographie*)

Il sistema di energizzazione e utilizzato è costituito da una massa battente (mazza dal peso di 8kg) che ha svolto la funzione di energizzazione longitudinale/trasversale ottenuta tramite la percussione di una piattella metallica per le onde “p” e di una trave in legno sormontata dall’avantreno di un mezzo per le onde “s”, posti a 3 metri di distanza dal bocca-foro.

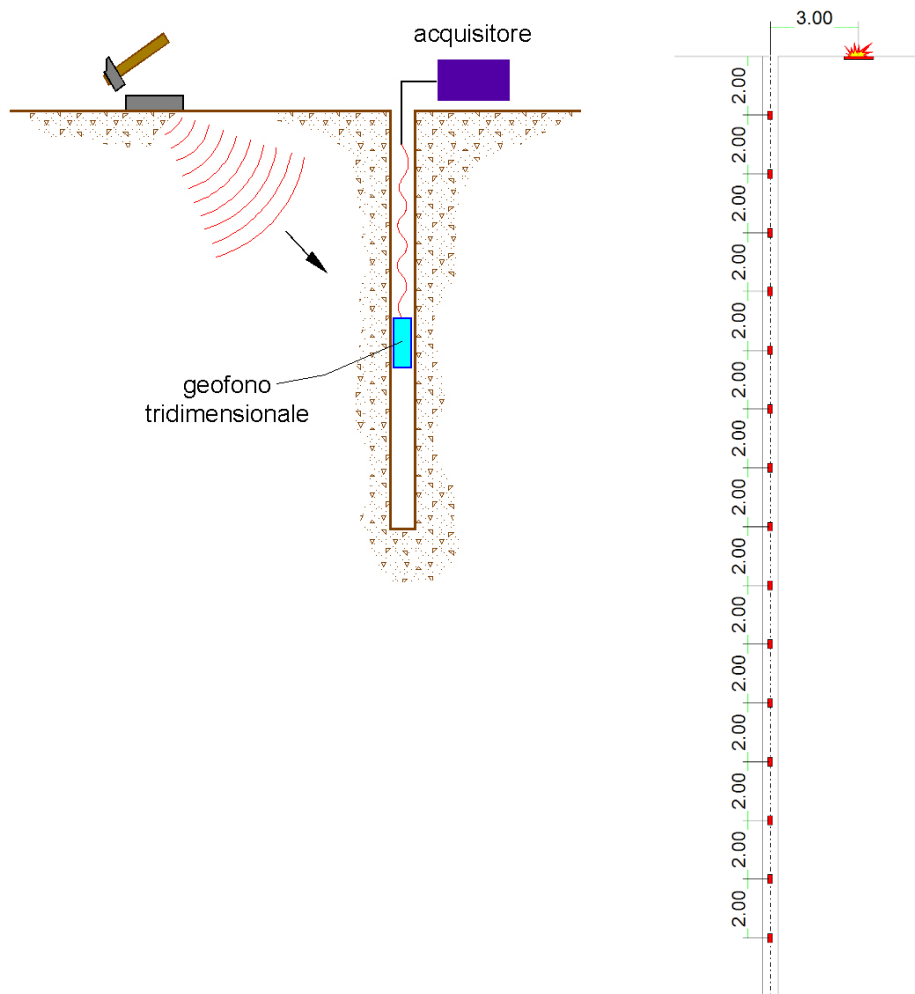


Fig. 3 – Sistema di energizzazione

MODALITA' DI ACQUISIZIONE

Una volta verificato che il foro è completamente libero e misurata la profondità del sondaggio, è stato posizionato il geofono nel foro alla profondità di 2 m dal p.c..

Quindi il geofono è stato bloccato alle pareti del foro e sono state eseguite almeno tre battute orizzontali destre, tre battute orizzontali sinistre e tre battute verticali. Per ciascuna tripletta viene acquisita la media. Successivamente è stato sbloccato il geofono e fatto avanzare fino a 2m (per un totale di 30 acquisizioni in onde S -destra e sinistra-, e 15 in onde P), fino ad arrivare a fondo foro (30m dal p.c.; fig. 4).



Le impostazioni dei parametri di acquisizione della prospezione in oggetto sono:

Durata totale di acquisizione del segnale = 0.25 sec

Settaggio Gain = 0.5 – 5 μ V/digit

Frequenza di campionamento = 4000 Hz

INTERPRETAZIONE DELLE MISURE

Le singole registrazioni sismiche sono state scelte ed unite in tre sismogrammi (Ssx - Sdx – P) contenenti ognuno le registrazioni relative allo stesso modalità di acquisizione (Ssx = Vs sinistra; Sdx = Vs destra; P = Vp.).

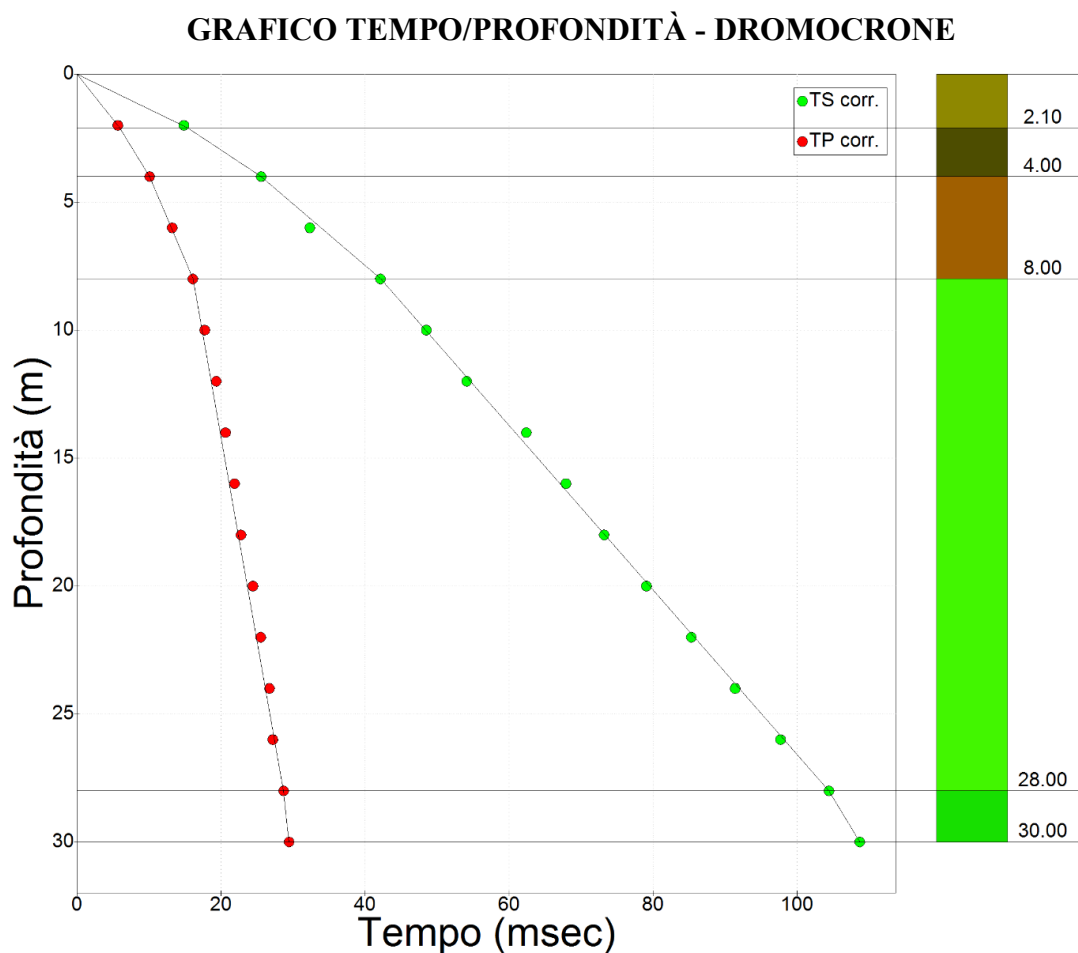
Su tali sismogrammi è stato effettuato il riconoscimento dei primi arrivi delle fasi P ed S; tali tempi, dopo la correzione per l'offset (distanza tra punto di energizzazione e asse del foro) sono stati usati per il calcolo delle velocità di propagazione delle onde elastiche in funzione della profondità.

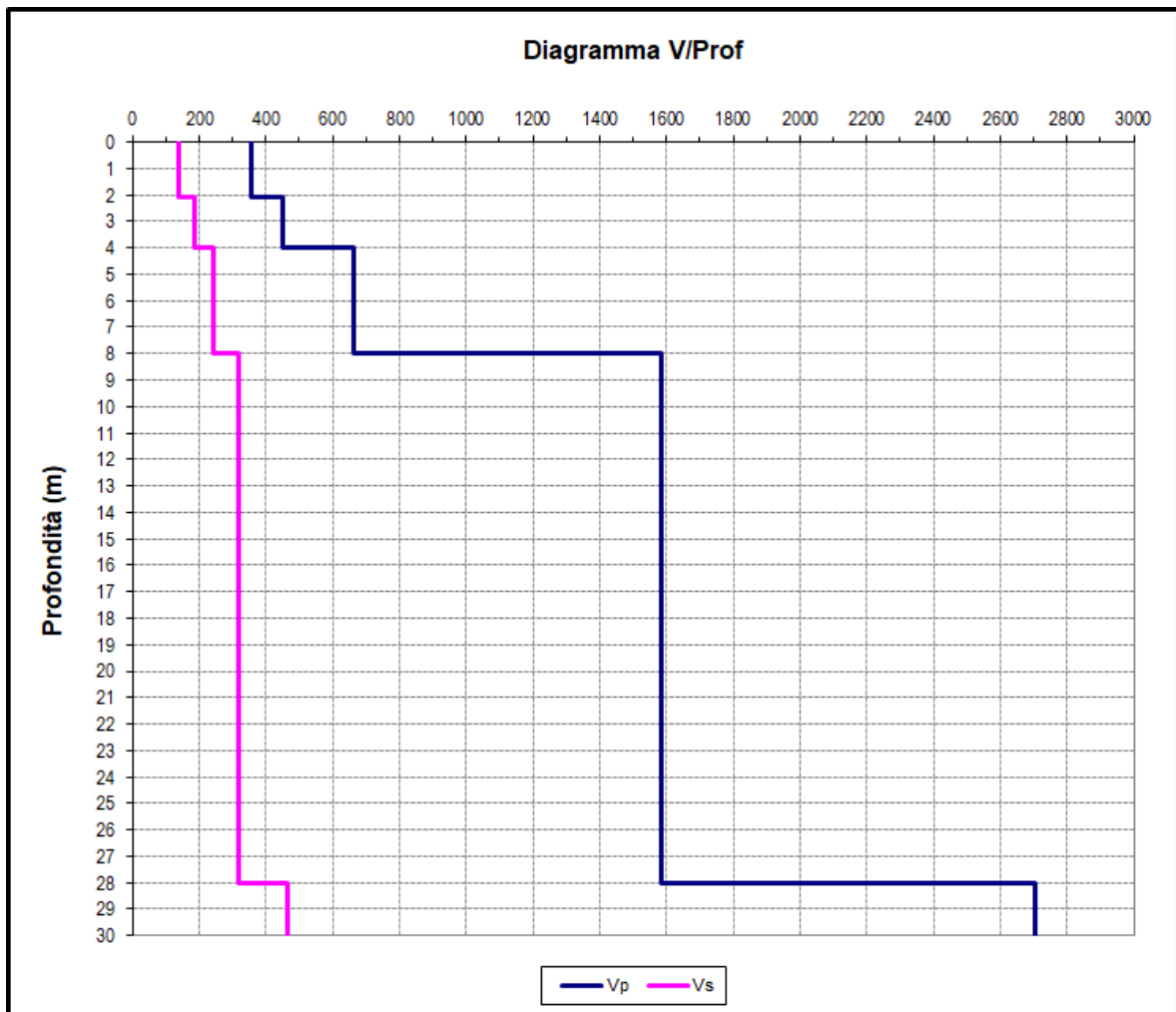
I risultati ottenuti vengono esplicitati analiticamente nelle tabelle riassuntive di seguito riportate (tab.1 – 2).

TABELLA 1 - DATI SPERIMENTALI			<i>Distanza dell'energizzazione dal sondaggio (m): 3</i>			
Registrazione	Profondità	Distanza dalla sorgente	Tempi di arrivo P	Tempi di arrivo P corretti	Tempi di arrivo S corretti	Tempi di arrivo S corretti
Nr.	(m)	(m)	(msec)	(msec)	(msec)	(msec)
1	2	3.6056	10.24	5.6801	26.77	14.8493
2	4	5	12.61	10.088	31.97	25.576
3	6	6.7082	14.78	13.2196	36.17	32.3514
4	8	8.544	17.19	16.0955	45.02	42.1535
5	10	10.4403	18.53	17.7485	50.67	48.5331
6	12	12.3693	19.95	19.3543	55.81	54.1437
7	14	14.3178	21.11	20.6414	63.84	62.4229
8	16	16.2788	22.27	21.8886	69.1	67.9165
9	18	18.2483	23.09	22.7758	74.23	73.22
10	20	20.2238	24.73	24.4564	79.99	79.105
11	22	22.2036	25.76	25.5238	86.12	85.3303
12	24	24.1868	26.96	26.7518	92.14	91.4285
13	26	26.1725	27.39	27.2095	98.38	97.7316
14	28	28.1603	28.87	28.7057	105.05	104.4522
15	30	30.1496	29.6	29.4531	109.28	108.7377

TABELLA 2 - RISULTATI					
Profondità	Vp medio	Vs medio	Poisson medio	Modulo di taglio medio	Young medio
(m)	(m/s)	(m/s)		(MPa)	(MPa)
2.1	356	138	0.41	34	97
4	453	184	0.4	66	186
8	666	241	0.42	115	328
28	1586	321	0.48	201	594
30	2703	466	0.48	493	1463
				Vs(0-30)= 276 m/s	

Le dromocrone (grafici tempi – profondità) e i diagrammi velocità - profondità sono riportati di seguito.





A partire dal modello sismico monodimensionale, è possibile calcolare il valore delle $V_{s,eq}$, che rappresenta la “velocità equivalente” di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità dal piano di posa della fondazione. Per il calcolo delle $V_{s,eq}$ si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 17.01.2018 (“*Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni*”):

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

con:

h_i spessore dell’ i -esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell’ i -esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

La $V_{s,eq}$ è stata stimata nei 30m al di sotto del piano fondazione; utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore (quota iniziale = p.c.):

Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore:

$$V_{s(0.0-30.0)} = 276\text{m/s}$$

ANALISI NUMERICA DI RISPOSTA SISMICA LOCALE MONODIMENSIONALE

PREMESSA

Nella presente relazione si riportano i risultati di un'analisi di risposta sismica locale relativa al sito ubicato in Via Firenze 35, Roma.

In particolare, per la valutazione degli effetti sismici di sito sono state eseguite le seguenti operazioni:

- ✓ Definizione del modello geologico-geotecnico del sottosuolo attraverso indagini dirette (DPSH, sondaggi, Down hole), indirette (Masw, Misure HVSR), cartografie geologiche preesistenti
- ✓ Scelta dell'input sismico
- ✓ Stima dell'amplificazione del moto in superficie rispetto al bedrock, in funzione della frequenza.
- ✓ Stima degli spettri di risposta elastici (smorzamento assunto pari al 5%) per gli Stati Limite (SLV – SLD – SLO - SLC).

DEFINIZIONE DEL MODELLO DI SOTTOSUOLO

Il modello di sottosuolo è stato ricavato in funzione dei risultati delle elaborazioni MASW, HVSR, Down Hole, dei sondaggi e della geologia a contorno.

Queste indagini hanno permesso di ricostruire il modello geologico di sottosuolo che interessa l'area di studio.

Infatti, mediante le indagini sopramenzionate è stato possibile ricostruire il modello geologico di sottosuolo fino alla profondità di 89m dal p.c. in cui è stato intercettato uno strato con $V_s=690\text{m/s}$ che, viste le elevate profondità, è stato imposto come bedrock sismico.

Per quanto riguarda la caratterizzazione della geologia di sottosuolo, come sopramenzionato, si è fatto riferimento ai risultati delle indagini ed all'assetto geologico derivante da cartografie ed indagini pregresse:

- ✓ *Foglio 374 Roma, Servizio Geologico d'Italia*

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE

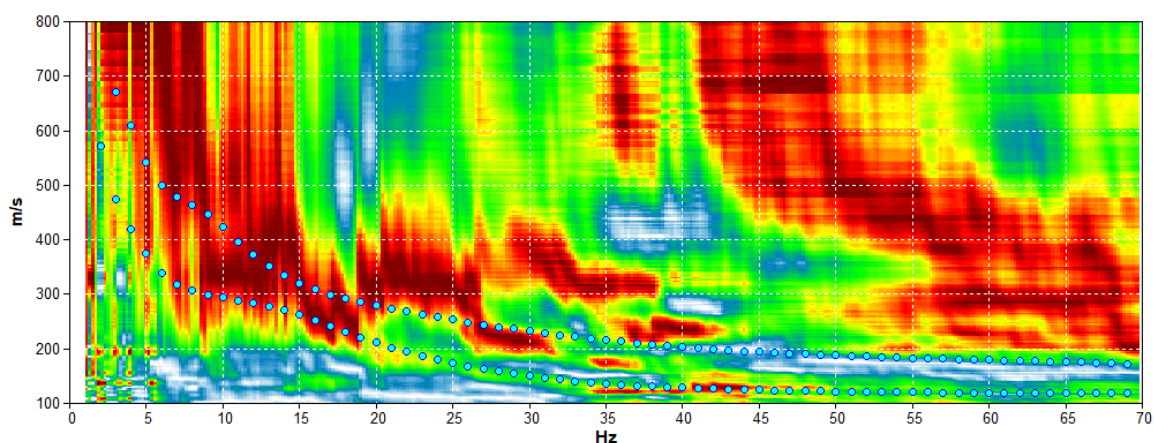


Fig. 1 – Masw

Tutti i calcoli che seguono si riferiscono al piano fondazione ipotizzato ad 1m dal piano campagna.

Il profilo di sottosuolo medio utilizzato per quest'analisi è riportato in fig.2 e Tab.1 (non si deve tener conto del primo metro dal p.c. poiché non inserito nella modellazione)

TAB.1 - MODELLO MEDIO DI SOTTOSUOLO

LITOTIPO	PROFONDITÀ ALLA BASE DELLO STRATO [m]	SPESSORE	Vs
		[m]	[m/s]
Terreno di riporto sciolto	2	2	130
Terreno di riporto da sciolto a poco addensato	4	2	187
Terreno di riporto poco addensato	7.5	3.5	250
Argille, limi argillosi e argille sabbiose consistenti	28.5	21	326
Argille e argille sabbiose molto consistenti	89	60.5	475
Bedrock	inf.	inf.	690

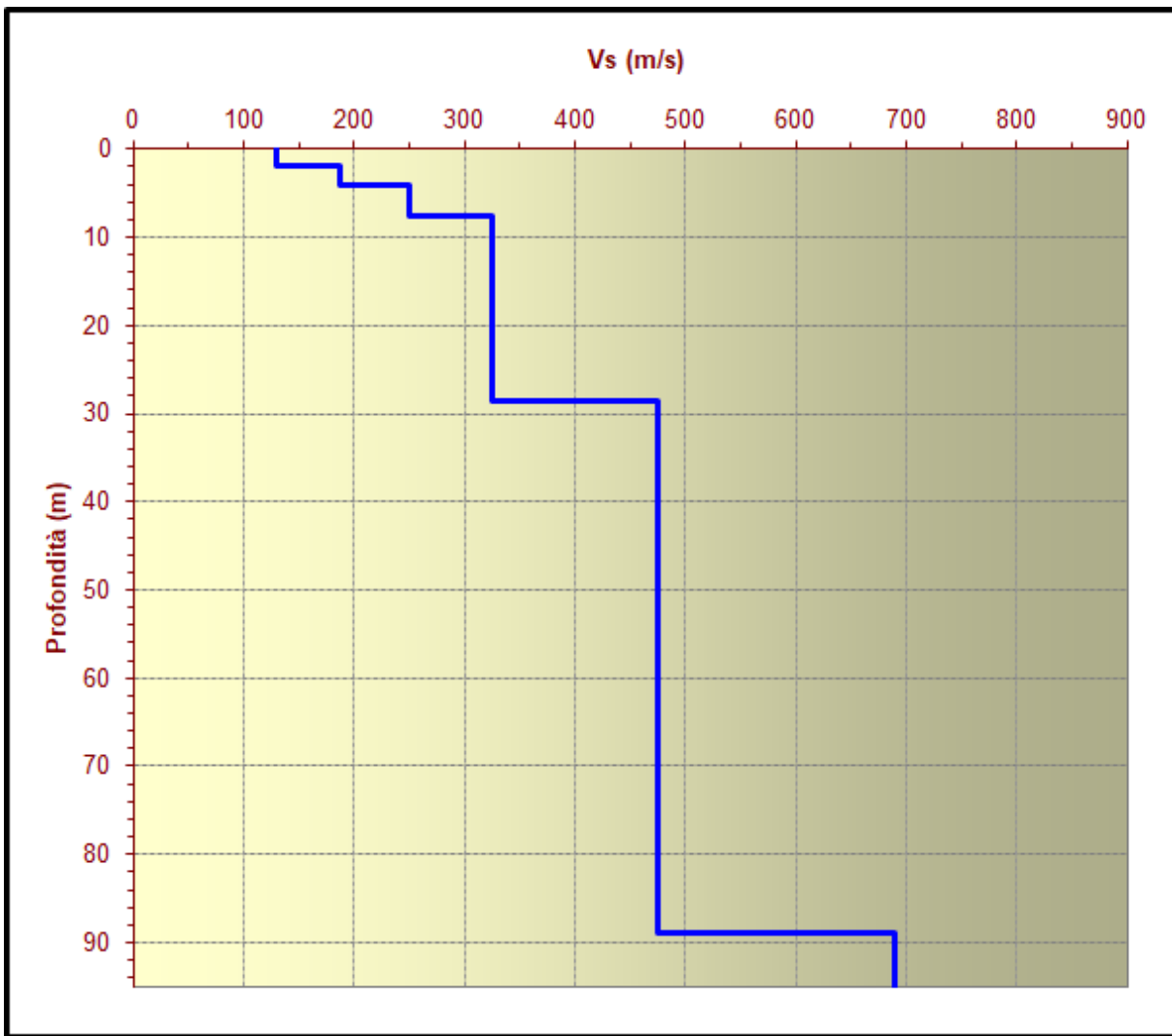


Fig. 3 - Profilo di Vs semplificato impiegato per la modellazione del sito in esame con inizio modellazione da 1m dal p.c.

Una volta definito il modello di sottosuolo, sono state scelte le curve di decadimento associabili ai litotipi del modello di sottosuolo (figg. 4-5):

- ✓ Terreno di riporto sciolto = *Regione Lazio – Sabbie alluvionali*
- ✓ Terreno di riporto da sciolto a poco addensato = *Regione Lazio – Sabbie alluvionali*
- ✓ Terreno di riporto poco addensato = *Idris sand*
- ✓ Argille, limi argillosi e argille sabbiose consistenti = *Vucetic & Dobry , PI=30*
- ✓ Argille e argille sabbiose molto consistenti = *Vucetic & Dobry , PI=50*

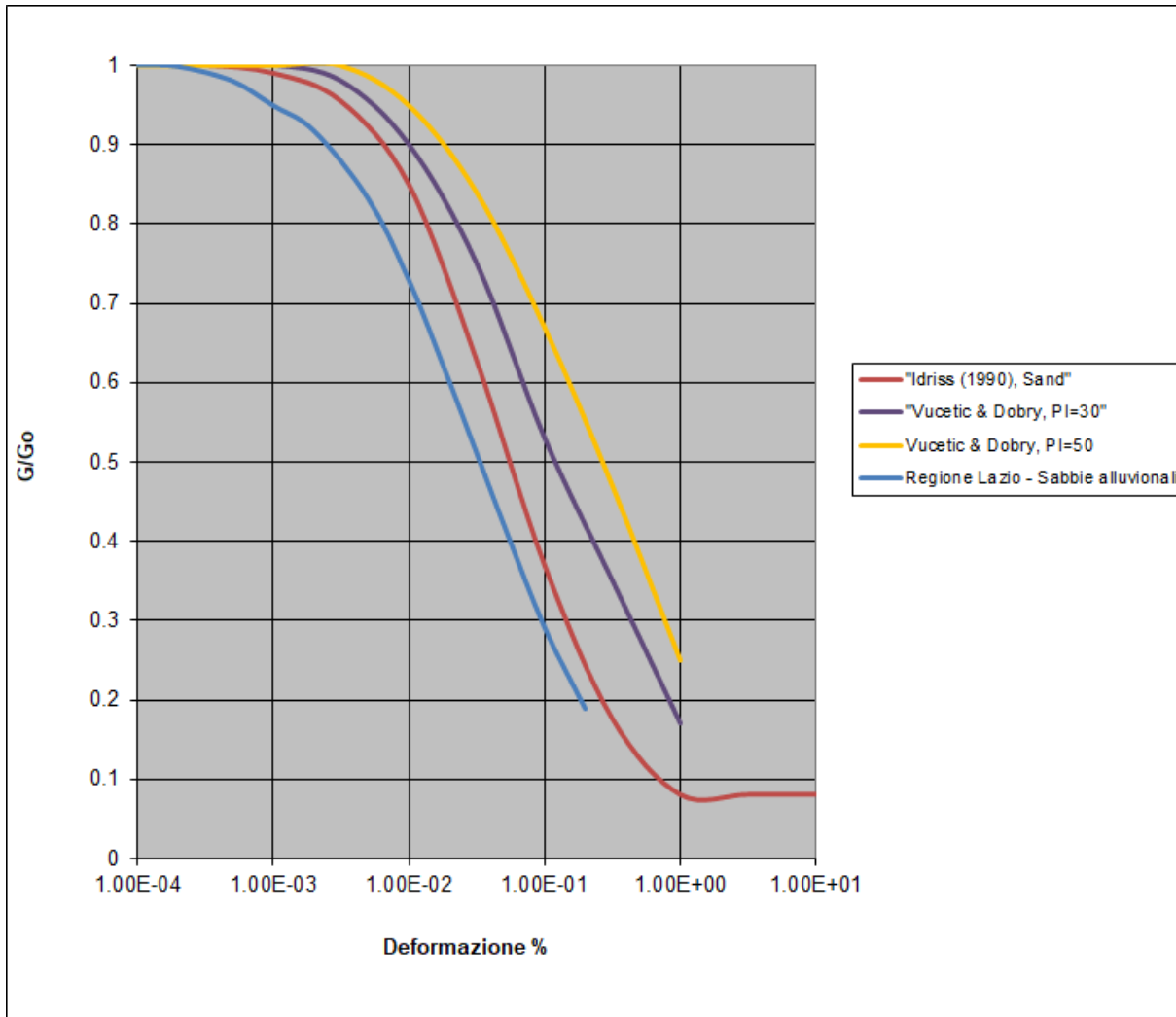


Fig. 4-Curve di andamento del modulo di taglio in funzione della deformazione per i diversi tipi di materiale usate in questo studio.

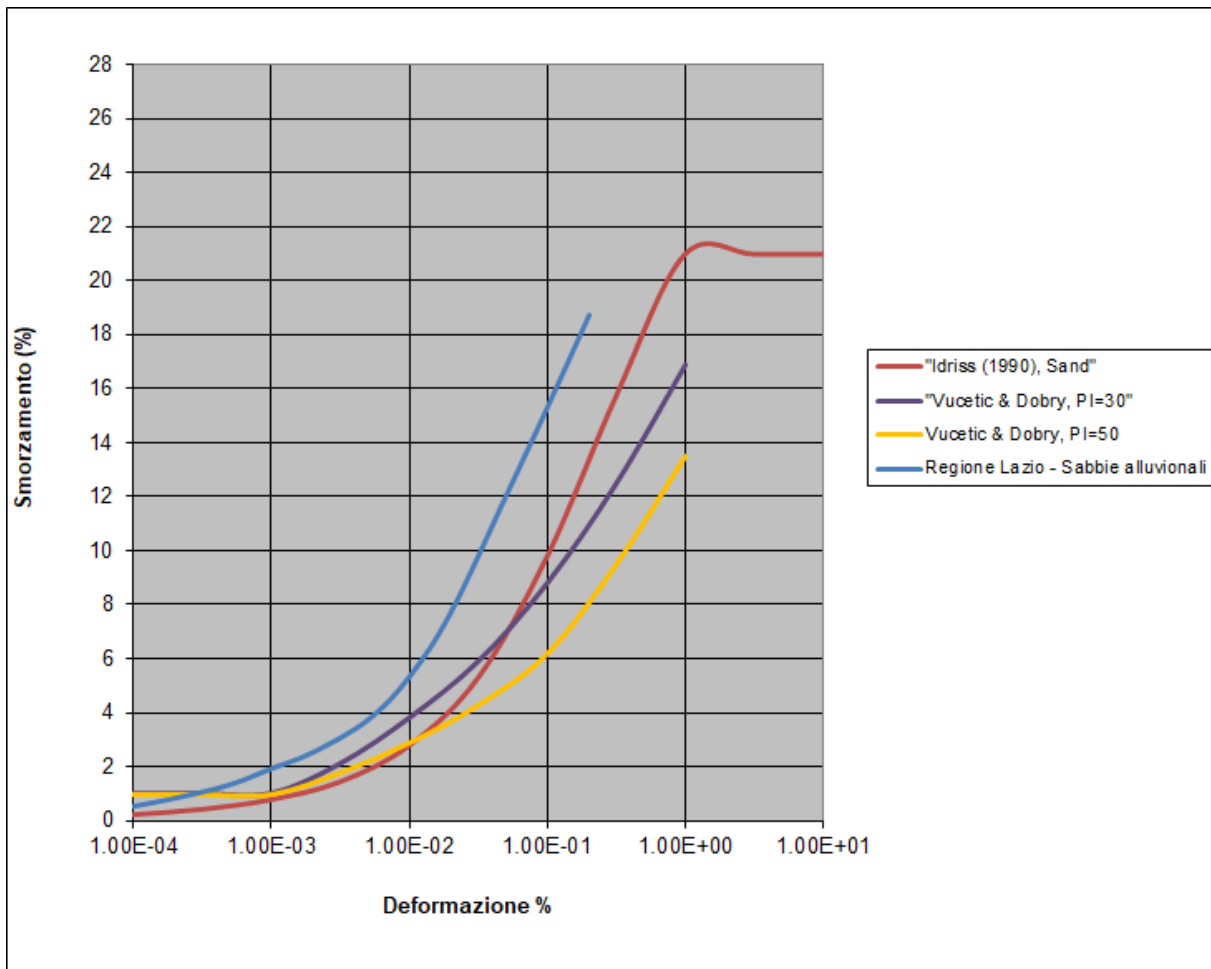


Fig. 5 -Curva di andamento dello smorzamento (%) in funzione della deformazione per i diversi tipi di materiale usate in questo studio.

SCelta DELL'INPUT SISMICO

Una volta determinato il modello di sottosuolo si è passati alla definizione dell'input in termini di eventi sismici da sottoporre a simulazione. Il primo passo compiuto è stata la stima dell'accelerazione di base (a_g) effettuata utilizzando il foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per la stima dell'azione sismica di progetto (tab.2), utilizzando una $V_N=100$ anni e Coefficiente d'uso della costruzione $C_u=2.0$.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0.075	2.547	0.284
SLD	201	0.089	2.580	0.289
SLV	1898	0.174	2.624	0.320
SLC	2475	0.187	2.623	0.325

TAB.2 - Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

Successivamente visto che l'estrazione degli accelerogrammi di input prevede la determinazione di altri parametri sismologici, oltre il valore di a_g si è proceduto all'esame dei dati di **disaggregazione** (variabilità in termini di magnitudo e distanza), questi sono stati desunti dalla pagina del sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano <http://esse1-gis.mi.ingv.it> dedicata ai dati di pericolosità sismica nazionale (Tab. 3).

TAB.3

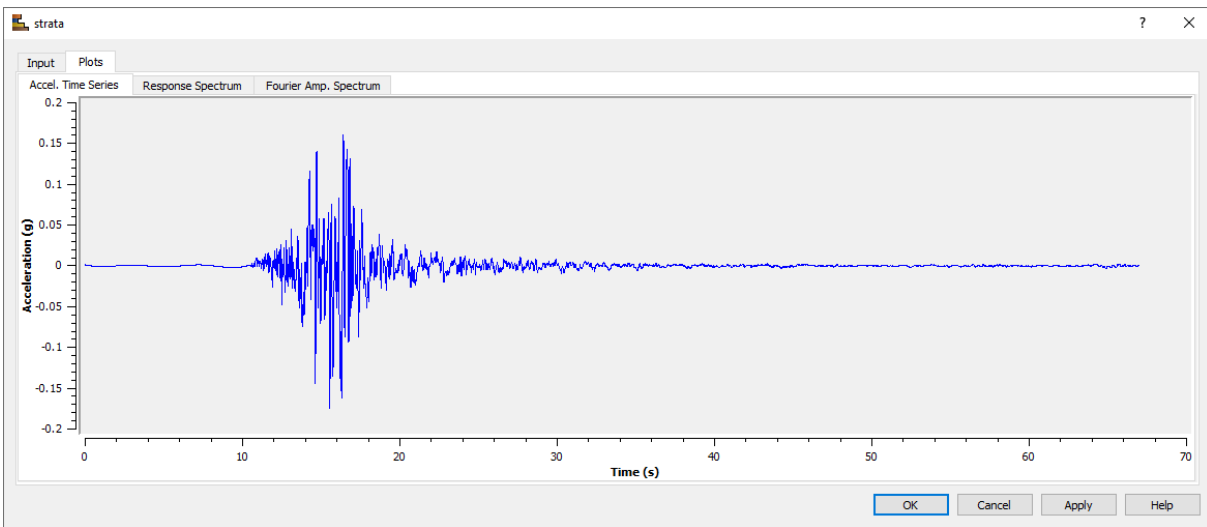
DISTANZA (km)	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 41.9304, lon: 12.4821, ID: 28290)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0	9.74	13.6	2.61	0	0	0	0	0	0	0
10-20	0	15.5	27.4	6.85	0	0	0	0	0	0	0
20-30	0	2.53	7.4	3.27	0	0	0	0	0	0	0
30-40	0	0.008	0.888	1.04	0	0	0	0	0	0	0
40-50	0	0	0.016	0.247	0.011	0	0	0	0	0	0
50-60	0	0	0	0.03	0.025	0	0	0	0	0	0
60-70	0	0	0	0	0.074	0.252	0.4	0.322	0	0	0
70-80	0	0	0	0	0.063	0.492	0.914	0.795	0	0	0
80-90	0	0	0	0	0.005	0.328	0.812	0.782	0	0	0
90-100	0	0	0	0	0	0.16	0.624	0.672	0	0	0
100-110	0	0	0	0	0	0.055	0.434	0.533	0	0	0
110-120	0	0	0	0	0	0.009	0.244	0.357	0	0	0
120-130	0	0	0	0	0	0.001	0.078	0.148	0	0	0
130-140	0	0	0	0	0	0	0.024	0.066	0	0	0
140-150	0	0	0	0	0	0	0.009	0.042	0	0	0
150-160	0	0	0	0	0	0	0.003	0.037	0	0	0
160-170	0	0	0	0	0	0	0	0.021	0	0	0
170-180	0	0	0	0	0	0	0	0.011	0	0	0
180-190	0	0	0	0	0	0	0	0.005	0	0	0
190-200	0	0	0	0	0	0	0	0.002	0	0	0

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.88	20.9	1.48

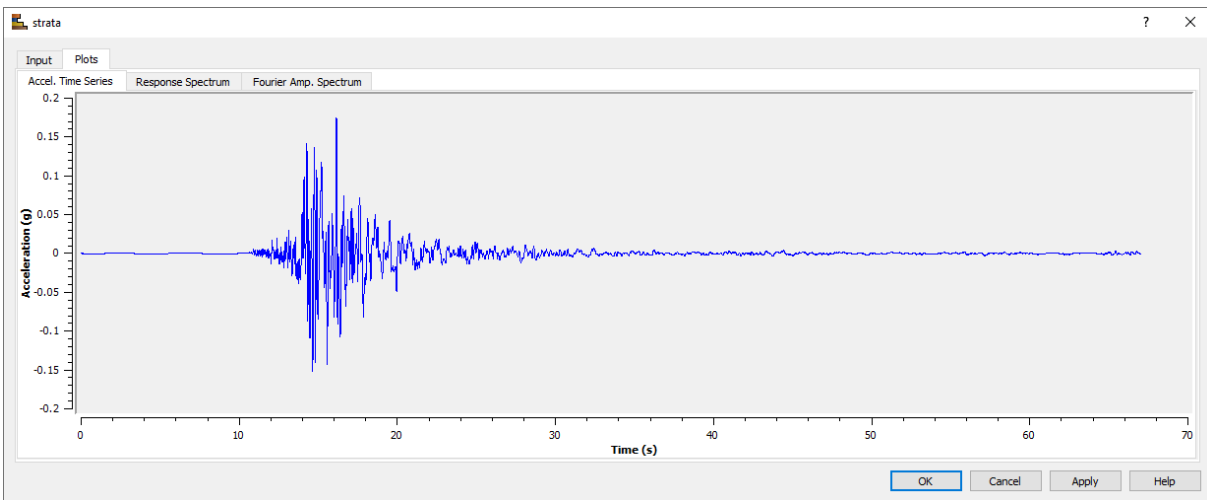
Mediante l'utilizzo dei dati sopramenzionati, è stata avviata l'estrazione degli accelerogrammi di input. mediante il software **Rexel 3.5**, messo a punto dalla ReLUI di Napoli. Il software permette l'estrazione di accelerogrammi di input naturali per applicazioni ingegneristiche da più banche dati; quella utilizzata per questa analisi è la banca dati europea ESD (Ambraseys et al., 2004) da cui sono stati estratti 7 accelerogrammi per ogni stato limite (fig. 6)

Fig. 6 – Accelerogrammi di input (al bedrock) - SLV $|PGA_0| = 0.174$ g.

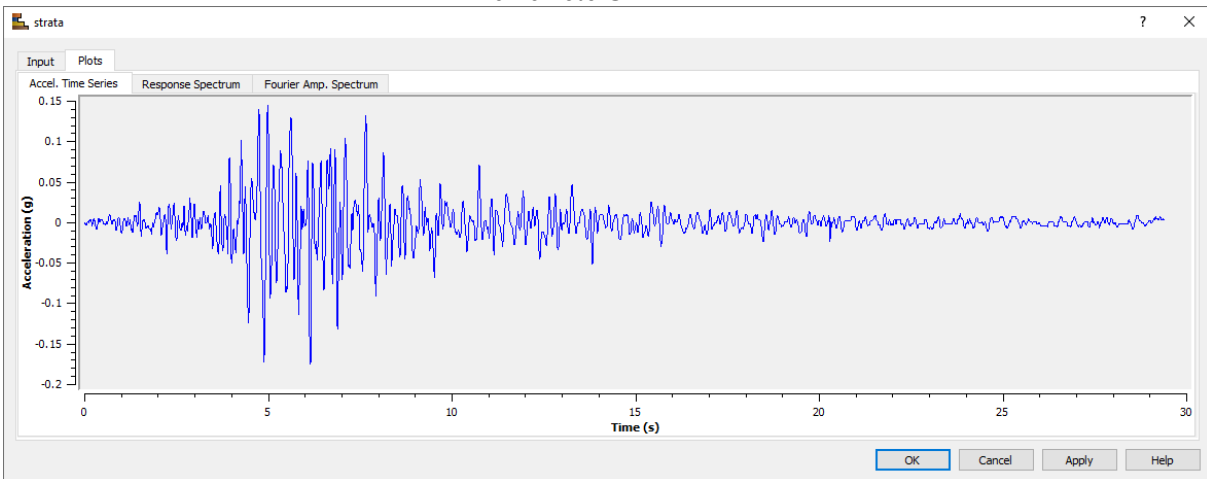
Terremoto A



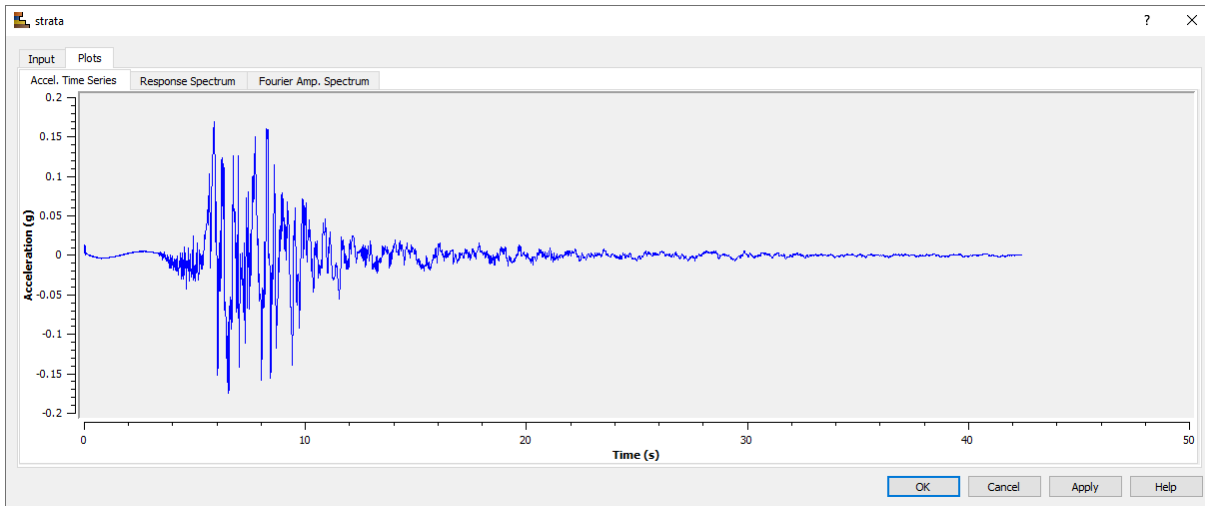
Terremoto B



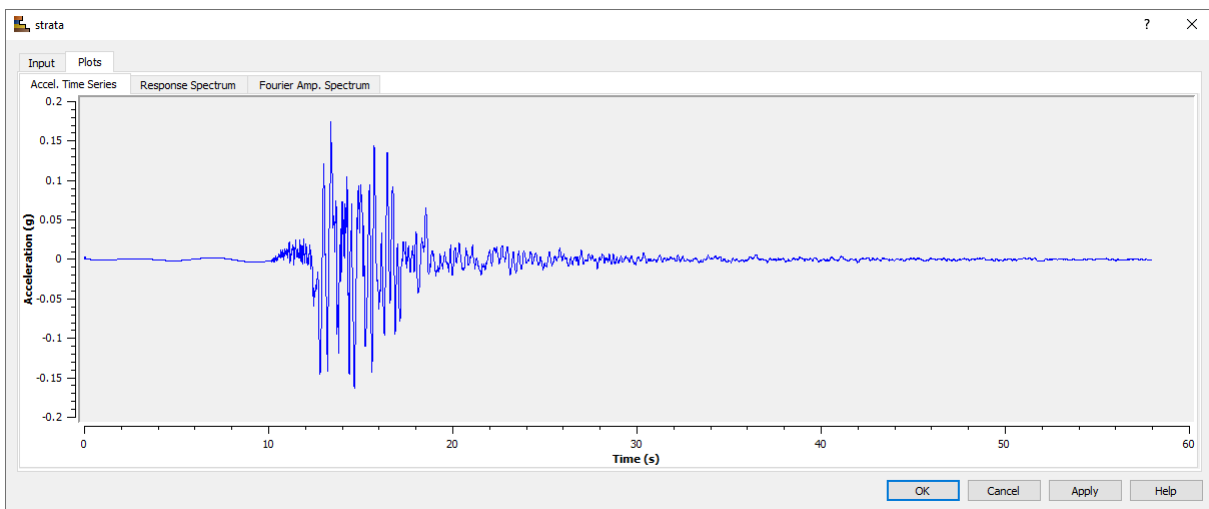
Terremoto C



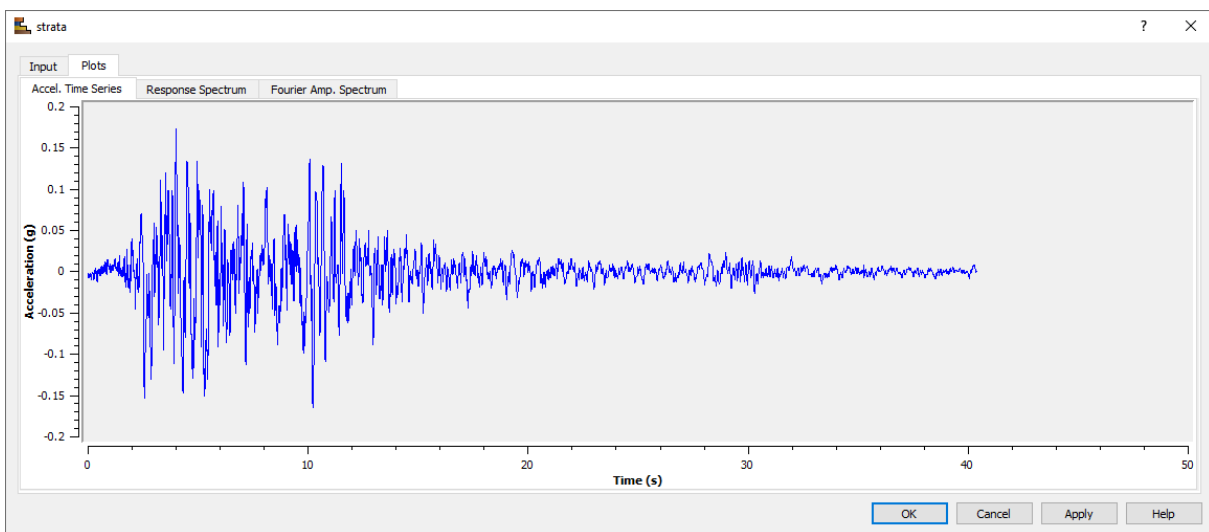
Terremoto_D



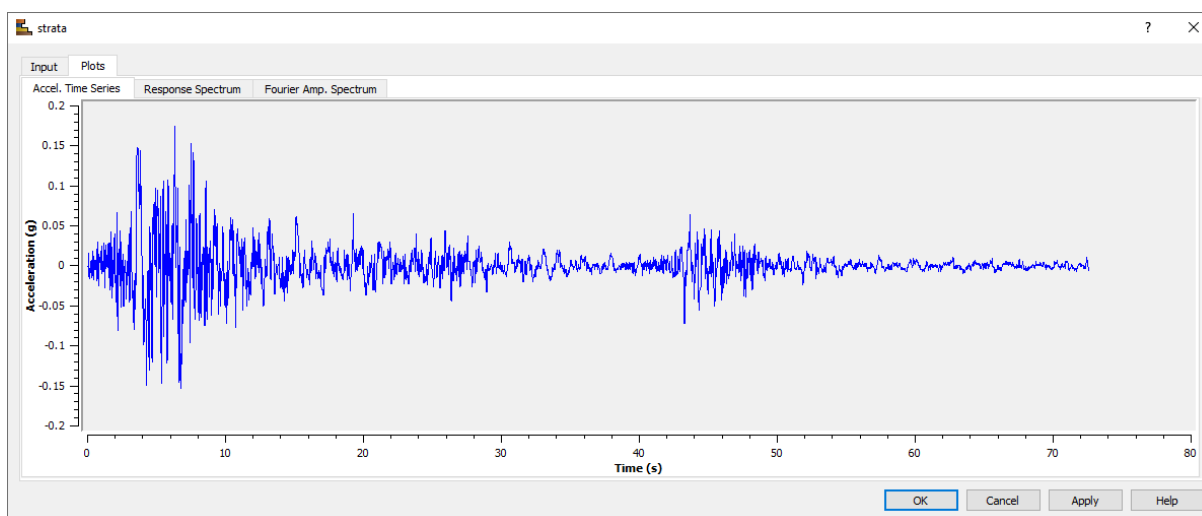
Terremoto E



Terremoto F



Terremoto G



Quindi, per ogni stato limite sono stati utilizzati sette accelerogrammi idonei allo stato limite in questione; questi accelerogrammi sono stati importati nel software “*Strata*” e sono stati scalati in funzione dell’ag di riferimento per ogni stato limite (vedi tabella 2).

Una volta scalati sono stati utilizzati nella modellazione di risposta sismica locale eseguita appunto mediante il software “*Strata*”.

FUNZIONE DI TRASFERIMENTO DEL SITO

Sebbene non richiesto come output ai fini progettuali, la funzione di trasferimento del sito (fig.7) è un ottimo ed immediato strumento per visualizzare la modalità con cui il sito, sulla base delle sue caratteristiche sismostratigrafiche, influisce sul segnale in ingresso, poiché determina i livelli di amplificazione nel dominio delle frequenze.

Per il calcolo del moto atteso in superficie si è partiti dai 7 accelerogrammi reali di input (componente orizzontale del moto; 7 per ogni stato limite) relativi ad un sito in roccia (A) con valore di accelerazione di picco $ag = 0.174g$ per SLV. Tale valore di ag deriva dai dati imposti secondo le NTC (2018) per il sito di studio, scalato per un coefficiente d'uso 2 che corrisponde ad una classe d'uso IV, vita nominale =100 anni, secondo lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV).

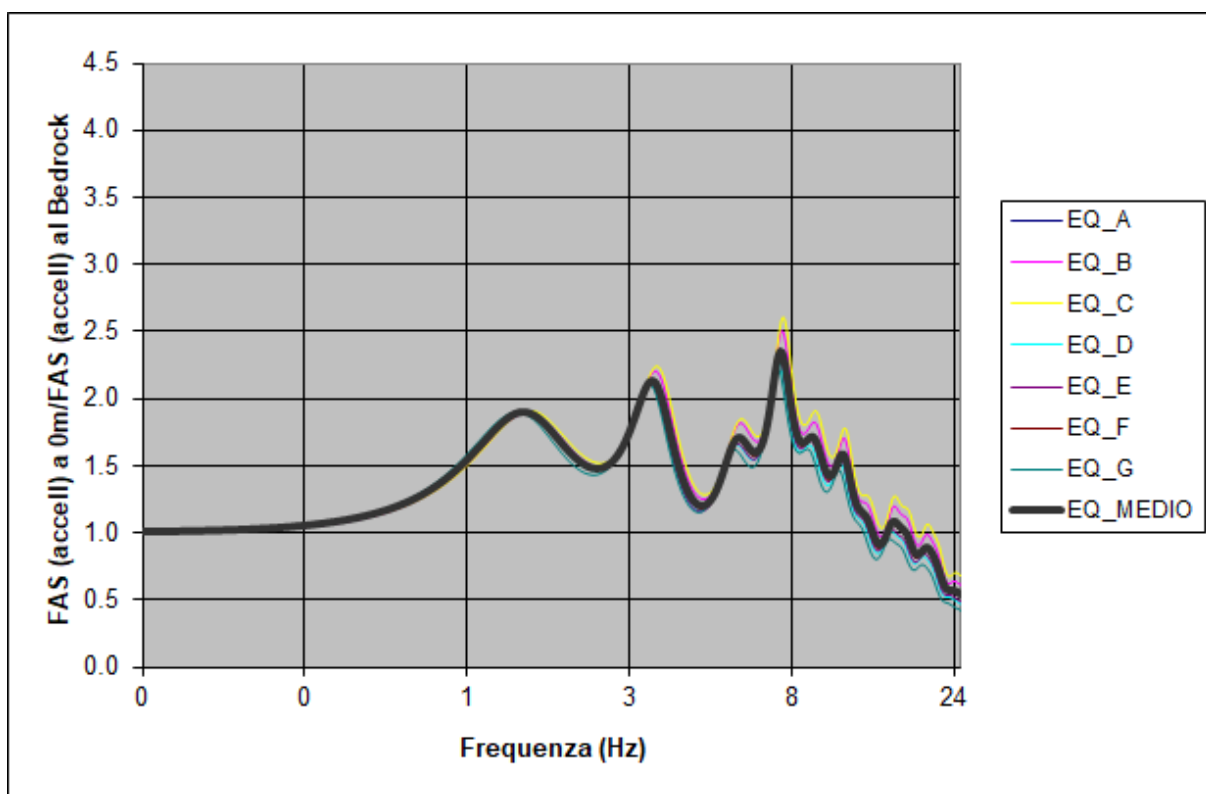


Fig. 7- Funzione di trasferimento (rapporto di amplificazione tra lo spettro del moto in superficie ed al bedrock) per i 7 terremoti

SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI (SLE) PER GLI STATI LIMITE SLV – SLD - SLO

Il risultato della risposta sismica locale sono gli spettri di risposta elastici per uno smorzamento tipico del 5%, ottenuti a partire dagli accelerogrammi prescelti ed il loro valore medio (figg. 8-10-12-14). Gli spettri di risposta medi sono dati in forma numerica in Tabella 4 ed in forma grafica nelle figg. 9-11-13-15 confrontati con gli spettri di risposta relativi alla categoria di sottosuolo C per gli stessi Stati Limite (SLV – SLD – SLO-SLC).

Per SLV lo spettro da approccio semplificato di normativa fornisce valori più cautelativi rispetto allo spettro ottenuto per via numerica per tutti i periodi ad eccezione dell'intervallo (0.07–0.39).

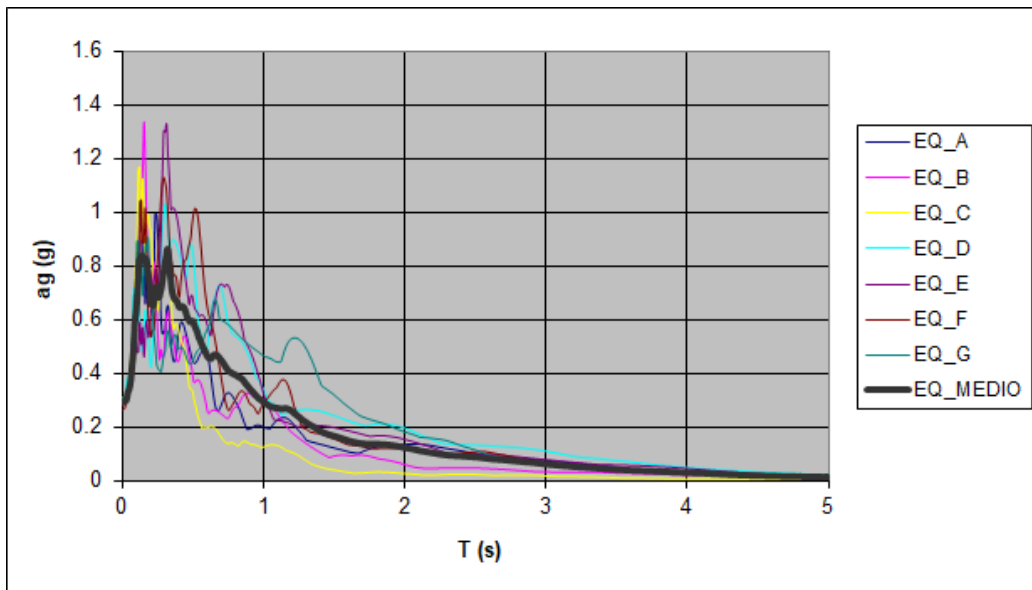


Fig. 8 - Spettri di risposta ottenuti da 7 accelerogrammi di input e la loro media (nero) - SLV

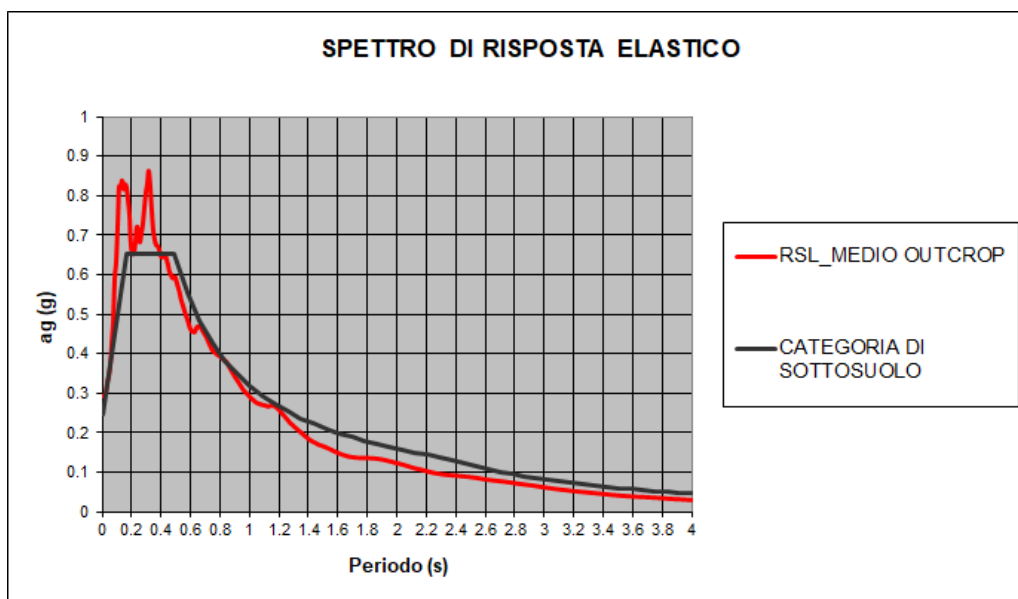


Fig. 9 - Confronto tra lo spettro di risposta medio ottenuto dai 7 accelerogrammi di input e lo spettro secondo l'approccio semplificato di normativa (NTC, 2018) per la categoria C (SLV)

Per SLD lo spettro da approccio semplificato di normativa fornisce valori più cautelativi rispetto allo spettro ottenuto per via numerica per tutti i periodi ad eccezione degli intervalli (0.07– 0.21, 0.24– 0.34).

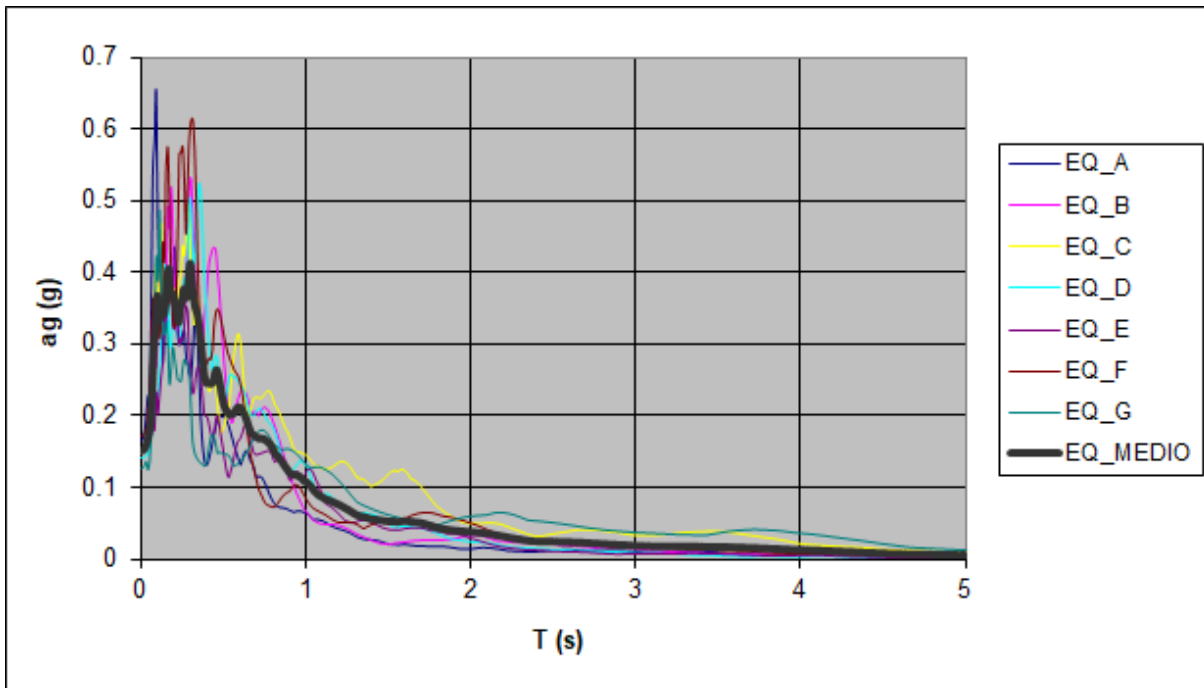


Fig. 10 - Spettri di risposta ottenuti da 7 accelerogrammi di input e la loro media (nero) - SLD

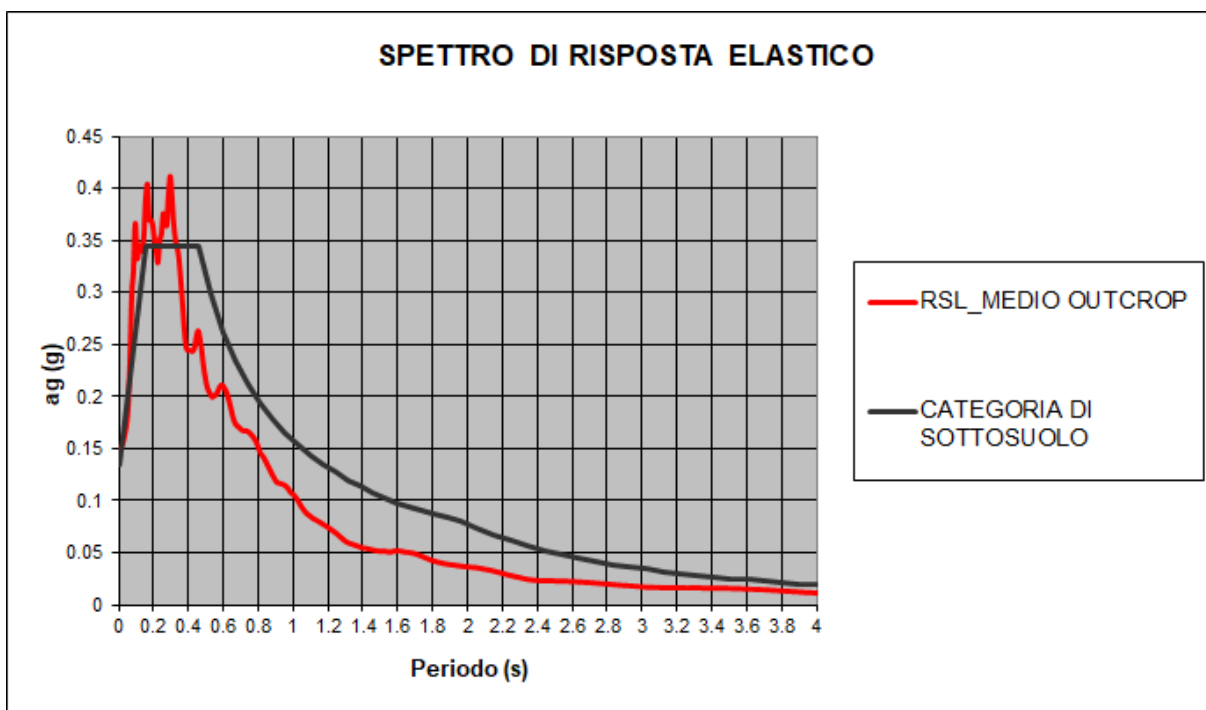


Fig. 11 - Confronto tra lo spettro di risposta medio ottenuto dai 7 accelerogrammi di input e lo spettro secondo l'approccio semplificato di normativa (NTC, 2018) per la categoria C (SLD)

Per SLO lo spettro da approccio semplificato di normativa fornisce valori più cautelativi rispetto allo spettro ottenuto per via numerica per tutti i periodi ad eccezione degli intervalli (0.0– 0.21, 0.23-0.34).

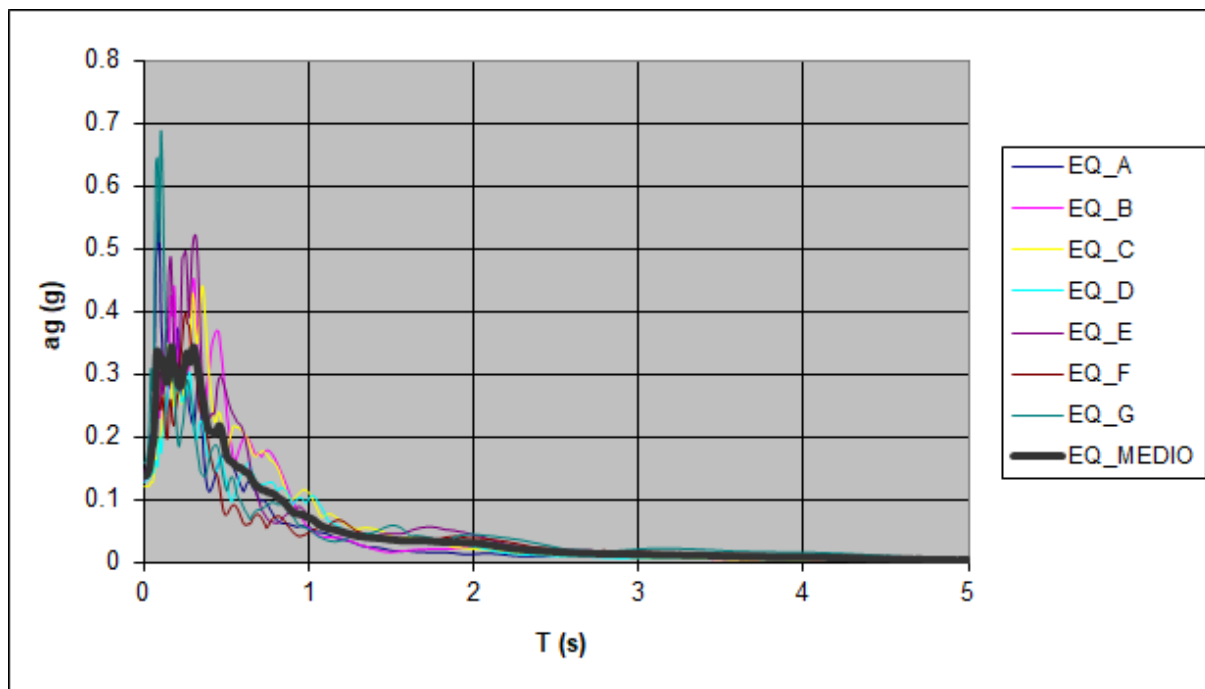


Fig. 12 - Spettri di risposta ottenuti da 7 accelerogrammi di input e la loro media (nero) - SLO

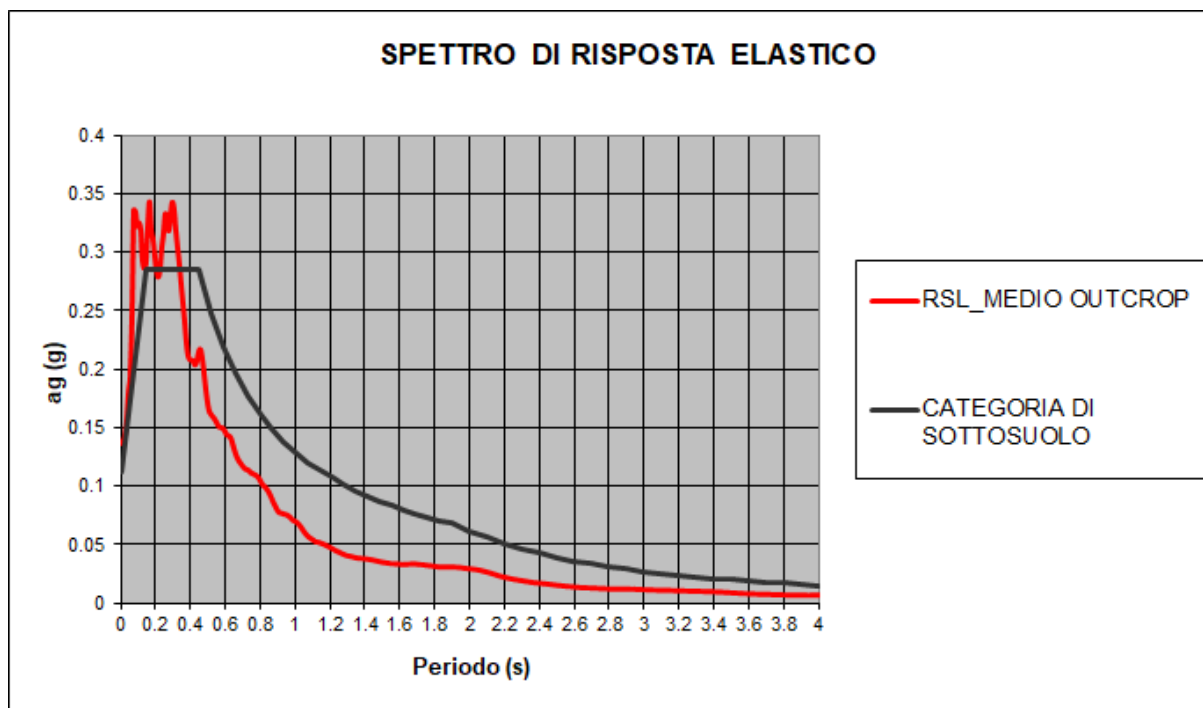


Fig. 13 - Confronto tra lo spettro di risposta medio ottenuto dai 7 accelerogrammi di input e lo spettro secondo l'approccio semplificato di normativa (NTC, 2018) per la categoria C (SLO)

Per SLC lo spettro da approccio semplificato di normativa fornisce valori più cautelativi rispetto allo spettro ottenuto per via numerica per tutti i periodi ad eccezione dell'intervallo (0.0– 0.35).

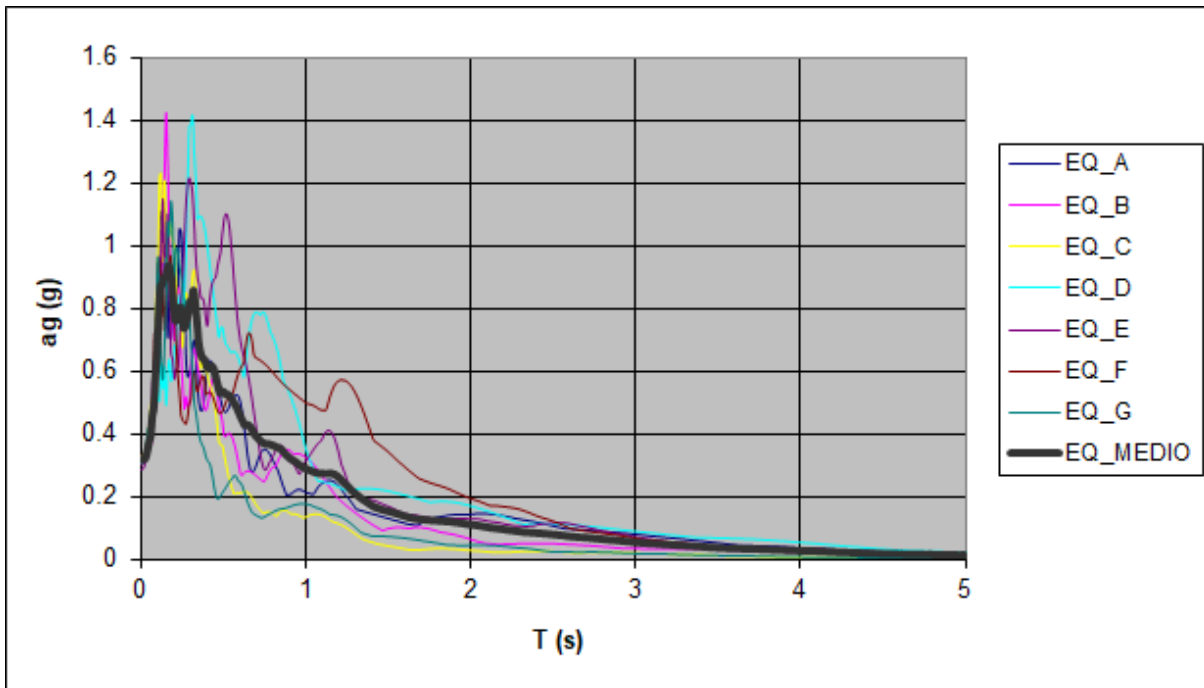


Fig. 14 - Spettri di risposta ottenuti da 7 accelerogrammi di input e la loro media (nero) - SLC

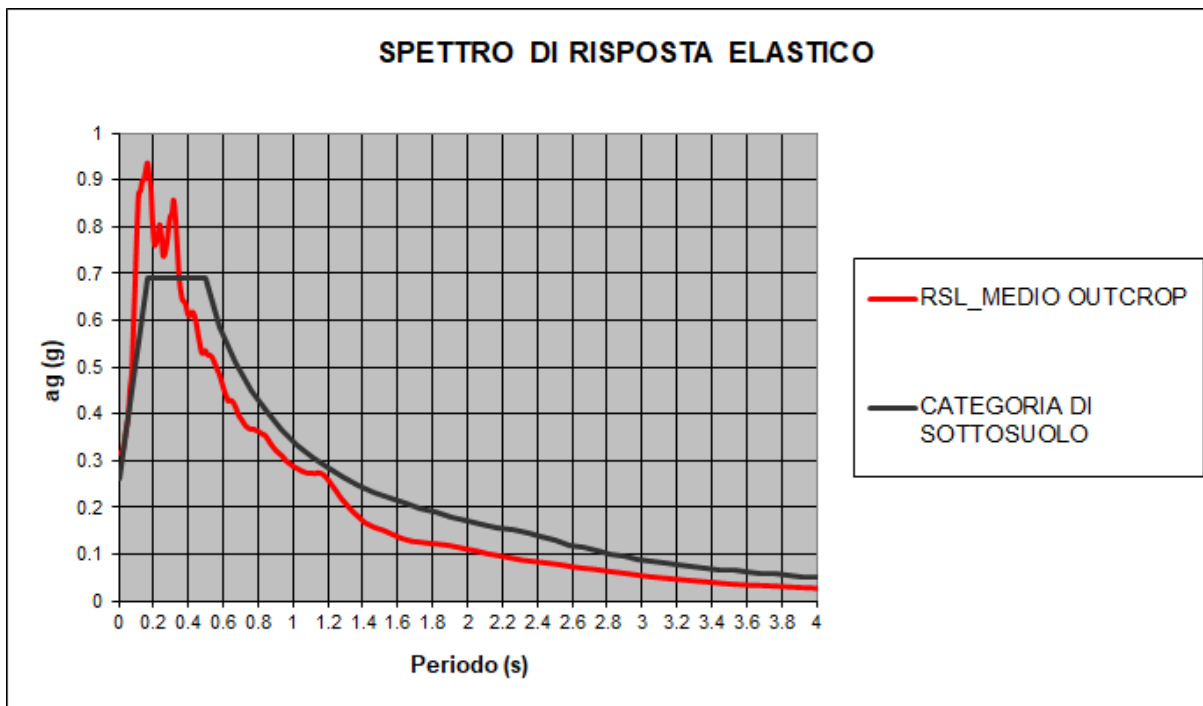


Fig. 15 - Confronto tra lo spettro di risposta medio ottenuto dai 7 accelerogrammi di input e lo spettro secondo l'approccio semplificato di normativa (NTC, 2018) per la categoria C (SLC)

Tabella 4 - Spettri di risposta medi calcolati per il sito

Periodo (s)	Spettro di risposta medio (g) SLC	Spettro di risposta medio (g) SLV	Spettro di risposta medio (g) SLD	Spettro di risposta medio (g) SLO
0.01	0.314929443	0.292851062	0.150624742	0.13710015
0.02	0.317573887	0.295717396	0.152646836	0.139557235
0.03	0.323182492	0.301731343	0.156597978	0.144507651
0.04	0.345637888	0.328826671	0.164488984	0.158103228
0.05	0.371485449	0.343218833	0.174185256	0.181326676
0.06	0.393503106	0.372208183	0.191481173	0.194830501
0.07	0.455855736	0.430413537	0.237272377	0.246863212
0.08	0.487380062	0.485472204	0.298385912	0.336656777
0.09	0.587315264	0.590129442	0.322325081	0.335004334
0.1	0.684248053	0.634793312	0.366775683	0.322819685
0.11	0.79574131	0.725333196	0.333699919	0.325552051
0.12	0.872407629	0.824736712	0.341939267	0.320081915
0.13	0.877142763	0.82185593	0.346315683	0.292877585
0.14	0.899046584	0.838878759	0.339942051	0.286568184
0.15	0.901598236	0.816631742	0.356456408	0.291486768
0.16	0.920813006	0.829424495	0.392348272	0.322877685
0.17	0.937282329	0.822431583	0.40390308	0.343716454
0.18	0.91058223	0.789515808	0.370151719	0.319474834
0.19	0.881476367	0.748664987	0.370350219	0.311703808
0.2	0.802230663	0.673524528	0.36442144	0.296777847
0.21	0.760908976	0.653111476	0.35046942	0.284550599
0.22	0.76791993	0.653468883	0.340196414	0.279324998
0.23	0.778755674	0.682059416	0.329259028	0.285332524
0.24	0.804750645	0.721312792	0.350768246	0.30388536
0.25	0.777851437	0.707531793	0.356601939	0.316045878
0.26	0.737729313	0.682784034	0.375963662	0.333262819
0.27	0.743220483	0.703480586	0.374073479	0.331046127
0.28	0.764602832	0.727539477	0.364850961	0.318878178
0.29	0.795815469	0.767730877	0.394652605	0.331876939
0.3	0.822178412	0.806144924	0.411843816	0.343287722
0.31	0.828903713	0.829897217	0.391675335	0.337884145
0.32	0.85773523	0.863324171	0.366988677	0.320960757
0.33	0.820636994	0.83055074	0.351267586	0.305788969
0.34	0.762543702	0.769756643	0.344295084	0.292125356
0.35	0.697456341	0.71668346	0.33291754	0.275337663
0.36	0.663242116	0.690911799	0.312616015	0.258971281
0.37	0.643877851	0.676133065	0.290696818	0.243418754
0.38	0.640114221	0.673618112	0.266645017	0.224913145
0.39	0.632046981	0.665763239	0.249012885	0.212509495
0.4	0.614019139	0.649802279	0.244654209	0.208802534
0.41	0.608914461	0.644154606	0.24500395	0.208363608
0.42	0.615913747	0.648758121	0.244455822	0.207477708
0.43	0.617343354	0.648766804	0.244200435	0.204247424

0.44	0.609139712	0.641633976	0.247912501	0.206578856
0.45	0.591660826	0.627686147	0.258015231	0.21396343
0.46	0.569246685	0.608952701	0.263544092	0.217797628
0.47	0.549315237	0.60132836	0.255978977	0.211679395
0.48	0.530468333	0.591913932	0.24503984	0.200147371
0.49	0.530547297	0.592980006	0.230184269	0.185954597
0.5	0.535141317	0.594414201	0.219481553	0.174093368
0.51	0.528011173	0.580876328	0.210643337	0.165451954
0.52	0.524847306	0.567832949	0.20589355	0.162314394
0.53	0.525112125	0.554982682	0.2032493	0.160353904
0.54	0.520755417	0.536739311	0.200231368	0.158556817
0.55	0.512998196	0.52506512	0.201026745	0.156037427
0.56	0.503213651	0.512296432	0.202207145	0.153117305
0.57	0.494082005	0.500386356	0.204496899	0.150904728
0.58	0.485740772	0.490015357	0.2086526	0.150845913
0.59	0.474352262	0.478099456	0.211310764	0.150057476
0.6	0.461501538	0.465182642	0.211390099	0.147828226
0.61	0.448996736	0.458132507	0.208571293	0.144847054
0.62	0.438262247	0.456559762	0.205517595	0.143802304
0.63	0.427384932	0.454656648	0.20083058	0.142859156
0.64	0.428332448	0.462912407	0.194613941	0.139970732
0.65	0.42853369	0.468944579	0.187347865	0.134498289
0.66	0.424570258	0.469468945	0.180377748	0.129570185
0.67	0.417839501	0.466811641	0.175607749	0.125415695
0.68	0.408769636	0.463103597	0.173008136	0.122470502
0.69	0.398247572	0.455379865	0.171639226	0.120452189
0.7	0.391907631	0.449245373	0.169886935	0.118269073
0.71	0.386326661	0.442572865	0.168523623	0.116413145
0.72	0.380442726	0.434364976	0.167651567	0.115038163
0.73	0.374486572	0.425077195	0.167893175	0.114712934
0.74	0.3716009	0.417889284	0.167525326	0.113698026
0.75	0.368415069	0.409791136	0.16649972	0.111941039
0.76	0.367133593	0.40603115	0.164894487	0.111253761
0.77	0.367220446	0.403315836	0.162934262	0.110517579
0.78	0.366502219	0.399747198	0.160702792	0.109744417
0.79	0.3644096	0.396795465	0.157807764	0.108427934
0.8	0.36303348	0.39452838	0.153843535	0.106340715
0.81	0.360881806	0.391507484	0.14889221	0.103468961
0.82	0.357874202	0.387692474	0.145230661	0.101199263
0.83	0.355958492	0.38498969	0.143346819	0.100137009
0.84	0.354508977	0.382671305	0.140726348	0.098407977
0.85	0.350951297	0.378342219	0.137520441	0.096031472
0.86	0.34524576	0.371849746	0.133916657	0.093127114
0.87	0.338426205	0.364136757	0.130552191	0.089847992
0.88	0.33346771	0.357977672	0.127141745	0.086424409
0.89	0.32805386	0.351149052	0.124062878	0.083451904
0.9	0.323596447	0.344960107	0.120835444	0.080463304
0.91	0.319453048	0.338643807	0.118307255	0.078244858
0.92	0.316212391	0.333200341	0.117742245	0.077732543
0.93	0.312783735	0.327403307	0.117187376	0.077152447
0.94	0.309578372	0.321705064	0.116682082	0.076650998
0.95	0.305471655	0.315477839	0.116037783	0.076370167

0.96	0.300640925	0.309940649	0.114998632	0.075706788
0.97	0.296629192	0.305088614	0.113350939	0.0745945
0.98	0.294490933	0.301786156	0.111089222	0.073095718
0.99	0.29146185	0.297566815	0.108557194	0.071407837
1	0.288499997	0.293389958	0.107316009	0.070833403
1.01	0.285525227	0.28907877	0.105698882	0.069959677
1.02	0.283901575	0.28588603	0.103603204	0.068639183
1.03	0.282144349	0.282694429	0.101058624	0.066911075
1.04	0.280056572	0.279285604	0.098149948	0.064883486
1.05	0.277622693	0.276398435	0.095280579	0.062635102
1.06	0.276101948	0.274817539	0.092816891	0.060547974
1.07	0.27464767	0.273445516	0.090526344	0.058765189
1.08	0.273407545	0.272179591	0.088541759	0.057167056
1.09	0.2729317	0.271371129	0.087290721	0.05619007
1.1	0.272414581	0.270262727	0.085972775	0.05516114
1.11	0.272600693	0.269550377	0.084640618	0.054090243
1.12	0.272191137	0.268060995	0.083274735	0.052994427
1.13	0.272016025	0.266630153	0.082518875	0.052781591
1.14	0.273105571	0.268353599	0.081599736	0.052446156
1.15	0.273189662	0.269366066	0.080587332	0.051946618
1.16	0.272487604	0.269232399	0.079613168	0.051385442
1.17	0.270975994	0.268177484	0.07853002	0.05066491
1.18	0.268501094	0.266248139	0.077566466	0.05000552
1.19	0.264963677	0.263372111	0.07655948	0.0492957
1.2	0.260606519	0.259745108	0.075486615	0.048515164
1.21	0.255378305	0.255341073	0.074335044	0.047675449
1.22	0.249406599	0.25028984	0.073113268	0.046795233
1.23	0.244662153	0.24654933	0.071845551	0.04591883
1.24	0.239501414	0.242277327	0.070559321	0.045078515
1.25	0.234351196	0.238080936	0.069373049	0.044472574
1.26	0.229027836	0.233718278	0.068012795	0.043781872
1.27	0.223504986	0.229157607	0.066485773	0.04299352
1.28	0.217992998	0.22469871	0.06510454	0.042345009
1.29	0.213901693	0.221514286	0.06359328	0.041657456
1.3	0.209440015	0.218055766	0.062173134	0.041178724
1.31	0.204789222	0.21439028	0.061034642	0.040888164
1.32	0.200742791	0.211261729	0.060078533	0.040580265
1.33	0.196423662	0.207873844	0.05959748	0.040223501
1.34	0.192273754	0.204657687	0.05905221	0.039822976
1.35	0.188886812	0.20165497	0.05839151	0.039377183
1.36	0.185400272	0.198559421	0.057829773	0.03914052
1.37	0.18179048	0.195329651	0.057304747	0.039002645
1.38	0.178388955	0.192276211	0.056703852	0.03886815
1.39	0.174879348	0.189117046	0.056010613	0.038725172
1.4	0.171287256	0.185869176	0.05532857	0.038567876
1.41	0.167680835	0.182538279	0.055167761	0.038393196
1.42	0.165204639	0.180085206	0.054913121	0.038188701
1.43	0.163411273	0.178203651	0.054570844	0.037942784
1.44	0.161630608	0.176330457	0.054158294	0.037650993
1.45	0.159851143	0.174434521	0.053706403	0.037317085
1.46	0.158021067	0.172482064	0.053314302	0.036988734
1.47	0.156218139	0.170565097	0.052959631	0.036659415

1.48	0.155047985	0.169238219	0.052637404	0.036302507
1.49	0.153847767	0.167879338	0.052373054	0.035944834
1.5	0.152595878	0.166481197	0.052174643	0.035602841
1.51	0.15127536	0.165020881	0.052099748	0.035343786
1.52	0.149852391	0.163476979	0.052089632	0.035134455
1.53	0.148336203	0.161838663	0.052041509	0.034920726
1.54	0.146728488	0.160120876	0.051899454	0.034679047
1.55	0.145076761	0.15836379	0.051611404	0.03438079
1.56	0.143405898	0.156595314	0.051457764	0.034286336
1.57	0.141741308	0.154841602	0.051834948	0.034200787
1.58	0.140079437	0.153107298	0.052192533	0.034128349
1.59	0.138424891	0.151386106	0.052512346	0.034100501
1.6	0.136758538	0.149669683	0.0526077	0.033976205
1.61	0.135181563	0.148061139	0.052499447	0.033768925
1.62	0.133659297	0.146499903	0.052254791	0.033531601
1.63	0.132244786	0.145058843	0.051867421	0.033633699
1.64	0.131128858	0.143902121	0.051348439	0.033745444
1.65	0.130082329	0.142816852	0.051258212	0.033820829
1.66	0.129037648	0.141734565	0.051103784	0.033868974
1.67	0.1279675	0.140631341	0.050885488	0.033897367
1.68	0.127006243	0.139671825	0.050609237	0.033907409
1.69	0.12651701	0.139125627	0.050269092	0.033888684
1.7	0.126131756	0.138674196	0.049853675	0.033822969
1.71	0.125702902	0.138179883	0.049350453	0.033694639
1.72	0.125235845	0.137656102	0.048761495	0.033568112
1.73	0.124753959	0.137124245	0.048100643	0.033452421
1.74	0.124255392	0.136983182	0.0473886	0.033278526
1.75	0.123727587	0.13679342	0.046640681	0.033058583
1.76	0.123186412	0.136602613	0.045892437	0.03283675
1.77	0.122868269	0.136566673	0.045246803	0.032688837
1.78	0.122455501	0.136431629	0.044572417	0.032511831
1.79	0.122138343	0.136385175	0.043879432	0.032317469
1.8	0.121821139	0.136295358	0.043223729	0.032109363
1.81	0.121431737	0.136120669	0.042699592	0.0318635
1.82	0.121050011	0.135934106	0.042251704	0.031584647
1.83	0.120703896	0.135751407	0.041780705	0.031300493
1.84	0.120313558	0.135518315	0.041383646	0.031356752
1.85	0.11990383	0.135246768	0.040973685	0.03136929
1.86	0.119443985	0.134903221	0.040594854	0.031387215
1.87	0.119048687	0.134476695	0.040267758	0.031411965
1.88	0.11856639	0.133969701	0.039901983	0.031366853
1.89	0.118001552	0.133385102	0.039669703	0.0314212
1.9	0.117366124	0.13273336	0.039449899	0.031440137
1.91	0.116667473	0.132015981	0.039217608	0.031420753
1.92	0.115930377	0.131243348	0.038972003	0.031356335
1.93	0.115194268	0.130410531	0.038745522	0.031272692
1.94	0.114387353	0.129516962	0.038511861	0.031142822
1.95	0.113516568	0.128568157	0.038269788	0.030965903
1.96	0.112696994	0.127570177	0.038025252	0.03074803
1.97	0.111891515	0.126543056	0.037786819	0.030498627
1.98	0.111076401	0.125503087	0.037565801	0.030267512
1.99	0.110329986	0.124551261	0.037371342	0.030117671

2	0.109673271	0.123648495	0.037205671	0.029967171
2.01	0.109015576	0.122737361	0.037064034	0.02981481
2.02	0.108342697	0.121803994	0.036932688	0.029649718
2.03	0.107639	0.12083487	0.036794728	0.0294614
2.04	0.106887393	0.119818409	0.036632479	0.029238248
2.05	0.106101556	0.118770698	0.036432174	0.028972222
2.06	0.105280139	0.117692954	0.036188159	0.028662316
2.07	0.104376238	0.116545039	0.035902111	0.028312059
2.08	0.103400085	0.115335793	0.035582199	0.027943824
2.09	0.102424681	0.114129677	0.035236834	0.02756119
2.1	0.101452616	0.112932263	0.03491761	0.027160813
2.11	0.100436569	0.111691592	0.034657234	0.026746272
2.12	0.099619061	0.110650708	0.034364228	0.026315847
2.13	0.099061318	0.109831946	0.034030967	0.02586575
2.14	0.098498382	0.109013057	0.033647374	0.025392531
2.15	0.097887096	0.108149581	0.033208733	0.024892565
2.16	0.097193178	0.107216171	0.032712299	0.024365321
2.17	0.096486281	0.106289012	0.032314212	0.02395012
2.18	0.095816747	0.105394353	0.031893216	0.023559622
2.19	0.09511269	0.1044756	0.031451159	0.023174644
2.2	0.094388573	0.103546932	0.031005197	0.0228011
2.21	0.093659153	0.102616383	0.030547441	0.022428081
2.22	0.09293048	0.101692487	0.030078824	0.022056526
2.23	0.09220929	0.100776583	0.029645938	0.021719906
2.24	0.091507873	0.099884243	0.029222362	0.02139952
2.25	0.090796447	0.098987763	0.028825302	0.02111597
2.26	0.090069758	0.098133662	0.028427861	0.020840641
2.27	0.089360242	0.09754008	0.028021157	0.020559655
2.28	0.088713639	0.096973919	0.027619232	0.020286447
2.29	0.088037076	0.096371711	0.027271512	0.020058422
2.3	0.08735116	0.095758765	0.026917773	0.019826907
2.31	0.086633219	0.095114589	0.026545053	0.019579414
2.32	0.086010542	0.094614867	0.026162462	0.019323505
2.33	0.085601057	0.094251323	0.025778991	0.019061463
2.34	0.085178093	0.093873563	0.025402892	0.018797116
2.35	0.084741001	0.09347986	0.025094947	0.018535883
2.36	0.084310556	0.093095194	0.024848692	0.018301003
2.37	0.0838742	0.092734378	0.024627401	0.018098443
2.38	0.083434698	0.092408967	0.024433787	0.017926289
2.39	0.083069494	0.092137187	0.024279097	0.017769147
2.4	0.082677164	0.091843537	0.024178102	0.017635601
2.41	0.082253624	0.091529033	0.024092427	0.017495009
2.42	0.081844588	0.091227142	0.024018413	0.017345327
2.43	0.081415509	0.090896246	0.02397691	0.01718634
2.44	0.080963254	0.090539453	0.023929907	0.017018656
2.45	0.080493989	0.090158388	0.02388099	0.016842497
2.46	0.080014797	0.08976174	0.023843528	0.016665957
2.47	0.079526475	0.089352302	0.023819793	0.016497734
2.48	0.079031462	0.088938963	0.023788316	0.016322571
2.49	0.078564992	0.088512779	0.023745349	0.016140691
2.5	0.078107578	0.088073125	0.023689315	0.015951063
2.51	0.077635953	0.087616326	0.023616401	0.015753424

2.52	0.077143908	0.087136034	0.023571717	0.015592254
2.53	0.07662271	0.086627917	0.023524535	0.015425934
2.54	0.076065416	0.086082528	0.023469357	0.015258113
2.55	0.075459356	0.085494292	0.023441143	0.015115331
2.56	0.074803761	0.084858184	0.023397247	0.014961395
2.57	0.074110394	0.084198033	0.023337644	0.01479676
2.58	0.073478927	0.0835872	0.023264795	0.014661646
2.59	0.072808931	0.082935581	0.023181913	0.014536368
2.6	0.072111931	0.082261312	0.0230929	0.014403042
2.61	0.071487913	0.081675677	0.023000476	0.014264309
2.62	0.071013552	0.081208459	0.022913554	0.014129726
2.63	0.070534011	0.080737034	0.022829751	0.013998594
2.64	0.070052098	0.080263601	0.022741103	0.013867189
2.65	0.069587188	0.079805869	0.022645699	0.013758294
2.66	0.069193245	0.07940714	0.022541113	0.013702336
2.67	0.068818155	0.079014309	0.022424761	0.013644573
2.68	0.068461379	0.078623955	0.022306275	0.013589331
2.69	0.06812668	0.078230944	0.022182721	0.013536711
2.7	0.067778369	0.077831137	0.02208303	0.013500434
2.71	0.067404516	0.077412274	0.021984556	0.013451661
2.72	0.06699986	0.076968289	0.021864721	0.013389093
2.73	0.066566647	0.076503373	0.02172418	0.013312885
2.74	0.066097299	0.076010318	0.021566156	0.013224066
2.75	0.065594998	0.075491019	0.021394958	0.013124877
2.76	0.065060703	0.074948637	0.021240417	0.01304083
2.77	0.064506095	0.074390587	0.021115811	0.012977251
2.78	0.063938461	0.073824557	0.020985291	0.012907458
2.79	0.063368441	0.073256864	0.020849911	0.012834012
2.8	0.06282276	0.072711727	0.02071103	0.01276075
2.81	0.06231521	0.072198918	0.020569768	0.012724538
2.82	0.061830158	0.071704103	0.020426094	0.012688333
2.83	0.061363081	0.07121867	0.020278958	0.012651692
2.84	0.060909002	0.070741427	0.02012806	0.012616088
2.85	0.060467267	0.070272252	0.019980364	0.012586148
2.86	0.060031331	0.06980597	0.019848788	0.012554051
2.87	0.059596306	0.06933809	0.019710434	0.012516764
2.88	0.05915373	0.068865819	0.019592539	0.012501118
2.89	0.058696257	0.068380088	0.019492794	0.01250703
2.9	0.058218295	0.067876195	0.01939652	0.012511956
2.91	0.057716241	0.067350417	0.019287893	0.01251234
2.92	0.057188595	0.066801897	0.019166105	0.012501443
2.93	0.056635655	0.066230071	0.019031299	0.01247884
2.94	0.056108338	0.065682975	0.018896385	0.012453466
2.95	0.055574192	0.065125779	0.018752899	0.012415957
2.96	0.055030292	0.064550846	0.018602573	0.012368212
2.97	0.054503299	0.063966838	0.018451642	0.012312176
2.98	0.053979524	0.063376198	0.018298134	0.012247068
2.99	0.053457508	0.062786978	0.018146504	0.012174243
3	0.052941571	0.062201127	0.018009558	0.01209594
3.01	0.052435785	0.061623093	0.017898038	0.012030962
3.02	0.05194773	0.061059015	0.017792816	0.011963893
3.03	0.051498391	0.060517858	0.017694447	0.011895487

3.04	0.051072337	0.059997438	0.017603392	0.011826979
3.05	0.050656361	0.059486449	0.017528926	0.01176788
3.06	0.050250422	0.058981619	0.017468567	0.011718326
3.07	0.049861252	0.058488388	0.017419927	0.011675427
3.08	0.049500088	0.058019978	0.017376227	0.011635336
3.09	0.04914698	0.05755811	0.017336824	0.011598167
3.1	0.048800428	0.057102144	0.01730081	0.011563328
3.11	0.048455721	0.056649969	0.017267253	0.011529849
3.12	0.048109658	0.056198004	0.01723575	0.011496254
3.13	0.047763018	0.055750041	0.017205791	0.011461342
3.14	0.047442532	0.055330364	0.017176659	0.011423576
3.15	0.047120258	0.054909514	0.0171505	0.011381993
3.16	0.046781589	0.054476302	0.017126923	0.011335815
3.17	0.046423343	0.054027907	0.017103891	0.011284675
3.18	0.046047465	0.053565192	0.0170817	0.011228714
3.19	0.045657561	0.05309009	0.017061037	0.011175257
3.2	0.045311687	0.052671623	0.017042161	0.011125886
3.21	0.044989902	0.052261655	0.017024894	0.011079763
3.22	0.044655195	0.051840364	0.017010594	0.01103339
3.23	0.044312775	0.051445051	0.016998201	0.010986358
3.24	0.043965487	0.051091672	0.016986637	0.010938988
3.25	0.043616841	0.050736091	0.016975355	0.010891605
3.26	0.043268603	0.050379118	0.016963635	0.010844285
3.27	0.042923213	0.050020673	0.016950501	0.010797333
3.28	0.042582432	0.049663274	0.016946751	0.01076241
3.29	0.042245699	0.049307699	0.016944534	0.010728301
3.3	0.041916741	0.048955542	0.016939504	0.010693343
3.31	0.041593339	0.048603117	0.016931677	0.010657227
3.32	0.041272957	0.048252142	0.016920964	0.010619539
3.33	0.040952729	0.047900023	0.01690697	0.010579494
3.34	0.040631154	0.047544207	0.016889417	0.010536485
3.35	0.040306024	0.047184381	0.016866957	0.01048985
3.36	0.039973146	0.046817002	0.016857171	0.010458416
3.37	0.039645504	0.046454999	0.016850627	0.010424726
3.38	0.039354632	0.046121728	0.016834035	0.010382235
3.39	0.039052874	0.045775183	0.016805554	0.010329862
3.4	0.038734466	0.045413707	0.016764436	0.010266424
3.41	0.038399275	0.045037824	0.016709755	0.010192213
3.42	0.038047149	0.044647491	0.016645688	0.010109804
3.43	0.037680493	0.044244269	0.016621661	0.010035864
3.44	0.037302257	0.04383085	0.016642882	0.009965949
3.45	0.036915422	0.043411176	0.016649769	0.00988744
3.46	0.036559543	0.043020412	0.01664473	0.00980267
3.47	0.036278866	0.042701064	0.016627224	0.009711609
3.48	0.035994192	0.04237962	0.016598369	0.009615935
3.49	0.035709008	0.042058756	0.016563995	0.009521178
3.5	0.035425838	0.041740734	0.016522299	0.009425438
3.51	0.035147291	0.041427627	0.016472975	0.009328525
3.52	0.034876319	0.041122055	0.016417049	0.009231647
3.53	0.034620454	0.04082817	0.016355822	0.009135447
3.54	0.034374065	0.04054091	0.01629014	0.009040344
3.55	0.03413603	0.040260197	0.016233314	0.00895695

3.56	0.033907511	0.039985599	0.016172637	0.008875438
3.57	0.033688255	0.039718008	0.016108002	0.008794844
3.58	0.033478533	0.039456692	0.016039769	0.008715182
3.59	0.033277827	0.039202594	0.015970369	0.008636615
3.6	0.033085879	0.038954561	0.015902251	0.008562527
3.61	0.032901043	0.038712944	0.015831912	0.008499981
3.62	0.032721908	0.038476579	0.015760038	0.008444786
3.63	0.032611087	0.038314044	0.015687437	0.008390535
3.64	0.032519503	0.038160416	0.015612738	0.008336054
3.65	0.032423252	0.038003375	0.015540734	0.008285487
3.66	0.032319107	0.037839838	0.015478603	0.008244921
3.67	0.03220521	0.037667014	0.015413361	0.008203634
3.68	0.032078879	0.037481613	0.01534391	0.008161072
3.69	0.031935386	0.037280794	0.015269453	0.008116982
3.7	0.031771971	0.037062584	0.015189302	0.008070953
3.71	0.031587429	0.036825519	0.015102956	0.008023816
3.72	0.031402735	0.03658749	0.015010331	0.007977032
3.73	0.031232368	0.036366786	0.014911853	0.007928765
3.74	0.031086548	0.036166283	0.014808109	0.007879201
3.75	0.030918789	0.03594607	0.014700154	0.007828872
3.76	0.030730416	0.035709064	0.014588952	0.007778368
3.77	0.030524801	0.035458323	0.014475671	0.007728879
3.78	0.030306145	0.035197026	0.014361588	0.007680292
3.79	0.030077395	0.034929517	0.014246731	0.007633184
3.8	0.029842019	0.034658256	0.014143376	0.007588003
3.81	0.029603447	0.03438647	0.014041984	0.007545051
3.82	0.02936893	0.034123339	0.013940202	0.007504548
3.83	0.029139651	0.033864225	0.013838347	0.007466676
3.84	0.028911045	0.03360621	0.013735969	0.00743134
3.85	0.028685872	0.033352981	0.013632701	0.007398374
3.86	0.028489126	0.033123962	0.013528248	0.007367497
3.87	0.028306326	0.032907867	0.013422037	0.007339498
3.88	0.028123644	0.032689844	0.013313671	0.007313835
3.89	0.027938905	0.03246788	0.013202888	0.007289085
3.9	0.027751909	0.032242228	0.013089816	0.007264844
3.91	0.027568698	0.032019271	0.012974709	0.00725096
3.92	0.027385335	0.031793249	0.012858243	0.007242184
3.93	0.027200616	0.031564589	0.012740737	0.007233297
3.94	0.02701512	0.031333707	0.01262248	0.007223981
3.95	0.026829835	0.031102129	0.012513469	0.007223781
3.96	0.026644928	0.030870999	0.012428515	0.007222687
3.97	0.026478176	0.030658024	0.01234646	0.0072229974
3.98	0.026322403	0.030456123	0.012265631	0.007232631
3.99	0.026168579	0.030257245	0.012187744	0.00723417
4	0.026016677	0.030061382	0.012141959	0.007236033
4.01	0.025864782	0.029867257	0.012098054	0.007237387
4.02	0.025730094	0.02969289	0.012053055	0.00723571
4.03	0.025595238	0.029520004	0.012005797	0.00722996
4.04	0.02549866	0.029380831	0.011954839	0.007219227
4.05	0.025395179	0.029234866	0.011898918	0.007202574
4.06	0.025281159	0.029078631	0.011836897	0.007179148
4.07	0.025153626	0.028909886	0.011767371	0.007148357

4.08	0.025010586	0.028725496	0.011689504	0.007114566
4.09	0.024849258	0.028523402	0.011618831	0.007092927
4.1	0.024669507	0.028302571	0.011541843	0.007063961
4.11	0.024470476	0.02806262	0.01145672	0.007026685
4.12	0.024252802	0.027804549	0.011381879	0.006996047
4.13	0.024016717	0.027529109	0.011298986	0.006959088
4.14	0.023764742	0.027238344	0.011208319	0.006914978
4.15	0.023498222	0.026934793	0.01111269	0.006865814
4.16	0.023238964	0.026638369	0.01101582	0.006815607
4.17	0.022993084	0.026355985	0.010913544	0.006760333
4.18	0.022738372	0.026067102	0.010806785	0.006700732
4.19	0.022476985	0.025774162	0.01069674	0.006637735
4.2	0.022211226	0.025479581	0.010584302	0.006572082
4.21	0.021943178	0.025185075	0.010469875	0.006504418
4.22	0.02167447	0.024892324	0.010354076	0.006435276
4.23	0.021437382	0.02462655	0.010241427	0.006369711
4.24	0.021218853	0.024384542	0.010137414	0.00631021
4.25	0.020997331	0.024141537	0.010040308	0.006256846
4.26	0.020773787	0.023897825	0.009940299	0.006201326
4.27	0.020550574	0.02365402	0.009837418	0.006143821
4.28	0.020352177	0.023434571	0.009731705	0.00608459
4.29	0.020152804	0.023214211	0.009642083	0.006023483
4.3	0.019952969	0.022992663	0.009549762	0.005960524
4.31	0.019753065	0.022770147	0.009454441	0.005895835
4.32	0.019556051	0.022552611	0.009357205	0.005829641
4.33	0.019363324	0.022333909	0.009257435	0.005761942
4.34	0.019171453	0.022114309	0.009154673	0.005692986
4.35	0.018980569	0.021894492	0.009049053	0.005623139
4.36	0.018791496	0.021675148	0.008940693	0.005552555
4.37	0.018604999	0.021457178	0.008830151	0.005481546
4.38	0.018421806	0.021241504	0.008717681	0.005410493
4.39	0.018242429	0.021029192	0.008605063	0.005341171
4.4	0.0180677	0.020821111	0.008495629	0.005275971
4.41	0.017898127	0.020618029	0.008386186	0.00521192
4.42	0.01773401	0.020420693	0.008277307	0.00514894
4.43	0.017575669	0.020229827	0.008169385	0.005087225
4.44	0.017423235	0.020045619	0.008062854	0.005026874
4.45	0.017276874	0.0198683	0.007958205	0.004968008
4.46	0.017136447	0.019697978	0.007855577	0.004910638
4.47	0.01700168	0.019534339	0.007755176	0.004854759
4.48	0.016872299	0.019377017	0.007657171	0.004800283
4.49	0.016747795	0.019225566	0.007561633	0.004747089
4.5	0.016627542	0.019079169	0.007468532	0.004695028
4.51	0.016511005	0.018937014	0.007377871	0.004644084
4.52	0.016397403	0.018798298	0.007289462	0.004594379
4.53	0.016285919	0.01866213	0.007203163	0.004545378
4.54	0.016175814	0.018527537	0.007118812	0.004497014
4.55	0.016066512	0.018393678	0.007036244	0.004449035
4.56	0.015957337	0.01825986	0.006955944	0.004401471
4.57	0.015847765	0.01812537	0.006881055	0.004358952
4.58	0.015737366	0.017989751	0.006810485	0.004317713
4.59	0.015625822	0.017852726	0.00674095	0.004276319

4.6	0.015512906	0.017714032	0.006673705	0.004236306
4.61	0.015402661	0.017575876	0.0066083	0.004196703
4.62	0.015293141	0.01743964	0.006543242	0.004156662
4.63	0.015182124	0.017301861	0.006478475	0.004116218
4.64	0.015069782	0.017162907	0.006413982	0.00407544
4.65	0.014956366	0.01702556	0.006349748	0.004034457
4.66	0.014852378	0.016895778	0.006285759	0.004000934
4.67	0.014748394	0.016765488	0.006242026	0.00396751
4.68	0.014661423	0.016659162	0.006203172	0.003933656
4.69	0.014582452	0.016553283	0.006163379	0.0038995
4.7	0.01450148	0.016446447	0.006122815	0.003865078
4.71	0.01441882	0.016338858	0.006084973	0.003833181
4.72	0.014334698	0.016230858	0.006048366	0.003802331
4.73	0.014249534	0.016122791	0.006011307	0.00377229
4.74	0.014163546	0.016015189	0.005973587	0.003742313
4.75	0.014076859	0.015907943	0.005935372	0.003712266
4.76	0.013989712	0.015801207	0.005896656	0.003682229
4.77	0.013902321	0.015695097	0.005857459	0.003652174
4.78	0.013814891	0.015589694	0.005817926	0.003622152
4.79	0.013728582	0.015486802	0.005778033	0.00359216
4.8	0.013653124	0.01539406	0.005737796	0.003562213
4.81	0.01357709	0.015301333	0.005697244	0.003532321
4.82	0.013500641	0.015208642	0.005660817	0.003502488
4.83	0.013423787	0.0151115856	0.005627825	0.003472722
4.84	0.013346583	0.015022957	0.00559464	0.003443042
4.85	0.013269018	0.014930003	0.00556124	0.003413444
4.86	0.013191138	0.014836914	0.0055276	0.003383959
4.87	0.0131112987	0.014754006	0.005493769	0.003354599
4.88	0.013034605	0.014672374	0.005459705	0.00332538
4.89	0.012956061	0.014590806	0.00542536	0.003296328
4.9	0.012877456	0.014509281	0.005390733	0.00326747
4.91	0.012798817	0.014427897	0.00535583	0.003238818
4.92	0.012720098	0.014346569	0.005320662	0.00321039
4.93	0.012641336	0.01426522	0.00528534	0.003182197
4.94	0.012562561	0.014183889	0.005249837	0.003154266
4.95	0.012483798	0.014102533	0.005214125	0.003126596
4.96	0.012405162	0.014021121	0.005178232	0.003099205
4.97	0.012326604	0.013939693	0.005142182	0.003072113
4.98	0.01224813	0.013858244	0.005106645	0.003046265
4.99	0.012169711	0.013776722	0.005073385	0.003022625
5	0.012091346	0.013695122	0.005040309	0.002999231

NORMALIZZAZIONE DEGLI SPETTRI

Nell'ambito di quest'analisi di risposta sismica locale, visto che gli spettri di output della risposta sismica locale per alcuni periodi sono caratterizzati da valori di accelerazione nettamente superiori rispetto a quelli desunti dagli spettri della categoria di sottosuolo, si è proceduto alla normalizzazione degli spettri di output della risposta sismica locale.

Quindi di seguito, nelle figure 16-17-18-19, vengono riportati gli spettri di output della risposta sismica locale normalizzati con i relativi parametri **dipendenti** e **indipendenti**.

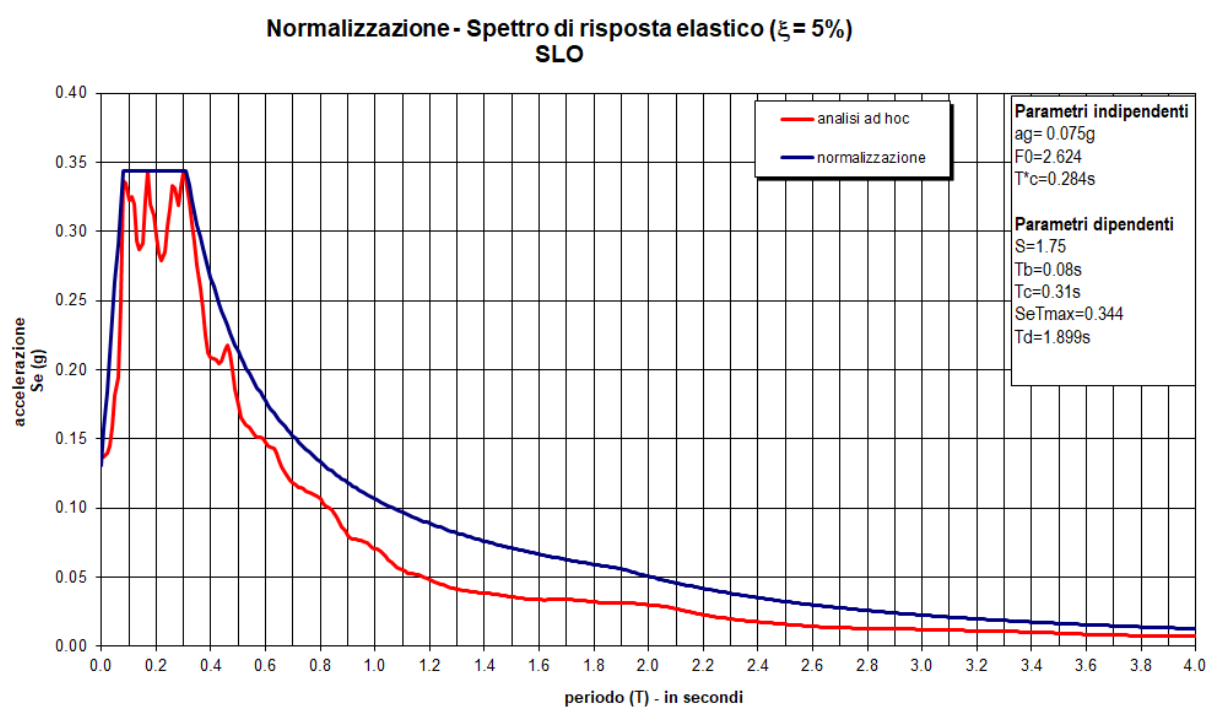


Fig. 16 - Spettro di output della risposta sismica locale normalizzato - SLO

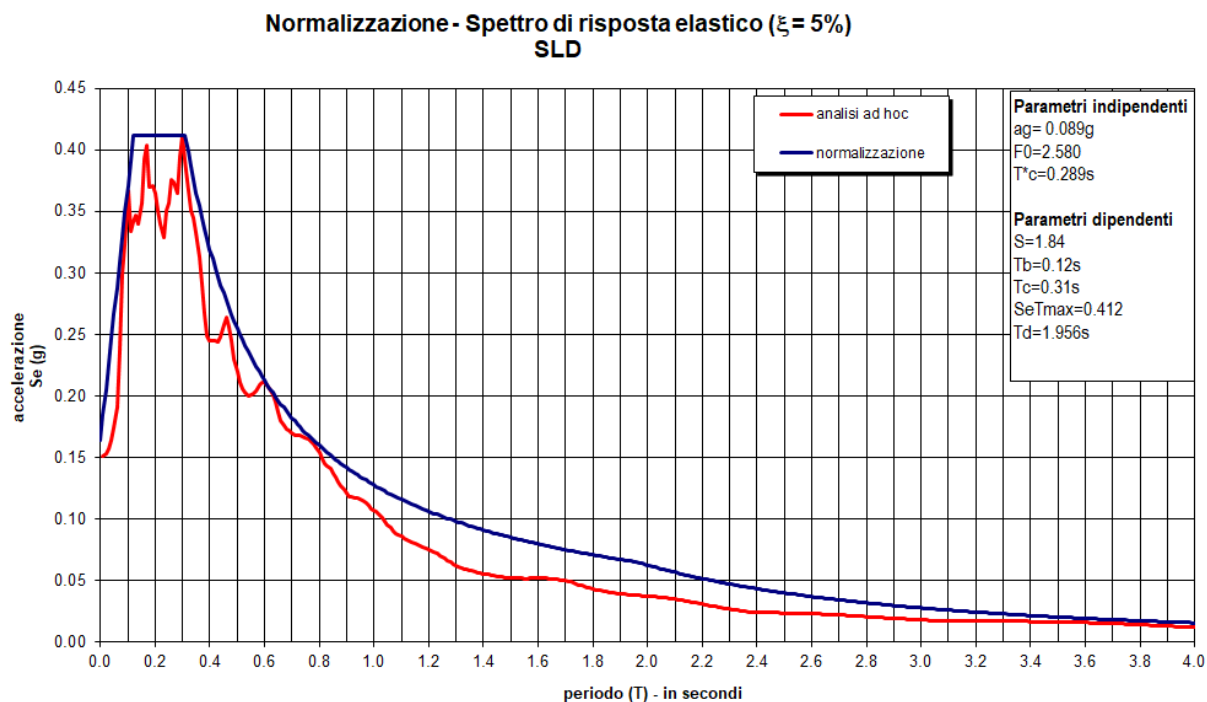


Fig. 17 - Spettro di output della risposta sismica locale normalizzato - SLD

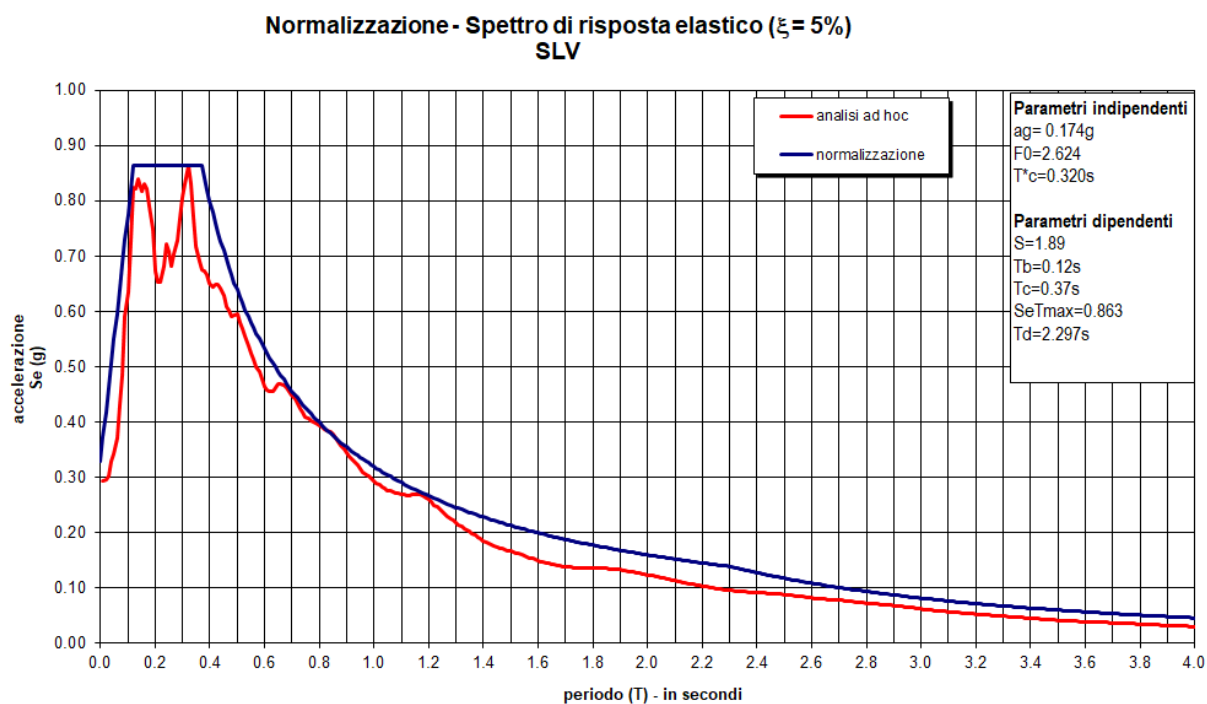


Fig. 18 - Spettro di output della risposta sismica locale normalizzato - SLV

Normalizzazione - Spettro di risposta elastico ($\xi = 5\%$)
SLC

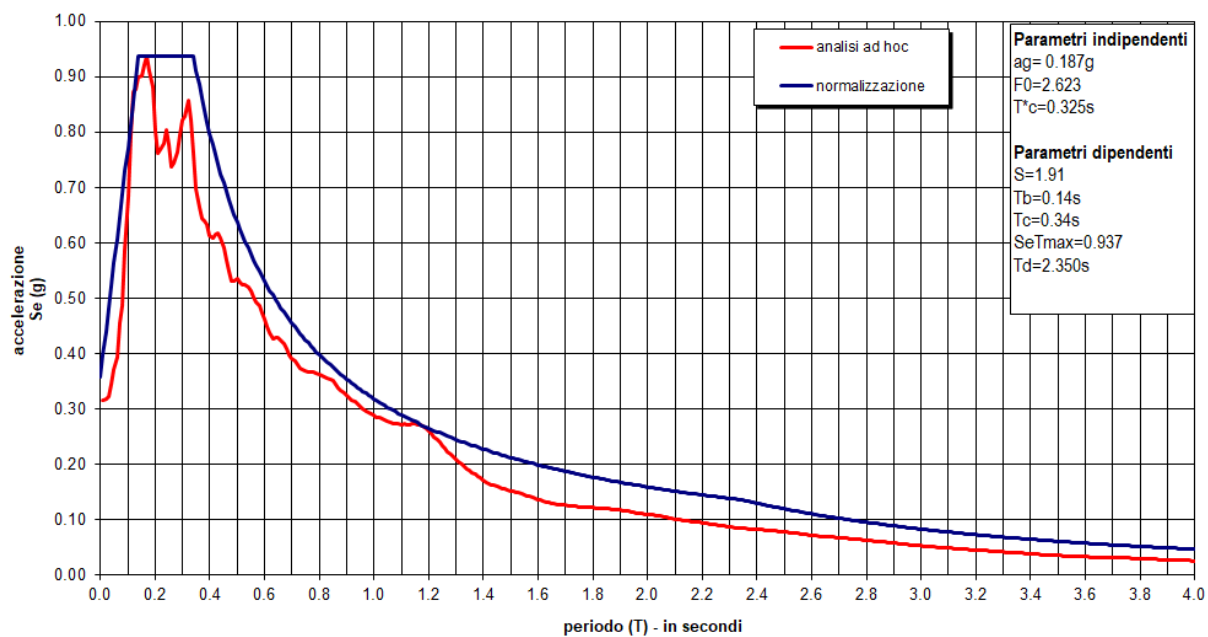


Fig. 19 - Spettro di output della risposta sismica locale normalizzato - SLC

COMMITTENTE: Ministero della Difesa - Ufficio Autonomo Lavori - G.M. per M.D.

RIFERIMENTO: Roma - Via Firenze 35

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 9.00-9.50

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	%
Peso di volume	15,8 kN/m ³
Peso di volume secco	kN/m ³
Peso di volume saturo	kN/m ³
Peso specifico	
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro	%
CNR-UNI 10006/00	

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	%
Sabbia	%
Limo	%
Argilla	%
D 10	mm
D 50	mm
D 60	mm
D 90	mm
Passante set. 10	%
Passante set. 42	%
Passante set. 200	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k cm/sec

COMPRESSIONE

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

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	0,0	kPa	ϕ' 36,8 °
c'_{Res}		kPa	ϕ'_{Res} °

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d °
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu} °
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu} °
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u °

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

Piroclastite a granulometria prevalentemente sabbiosa, debolmente limosa, di colore marrone.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06961 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 26/11/24	Inizio analisi: 23/11/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 326 del 20/11/24	Apertura campione: 23/11/24	Fine analisi: 23/11/24

COMMITTENTE: Ministero della Difesa - Ufficio Autonomo Lavori - G.M. per M.D.		
RIFERIMENTO: Roma - Via Firenze 35		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 9.00-9.50

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 15,8 kN/m³

Piroclastite a granulometria prevalentemente sabbiosa, debolmente limosa, di colore marrone.

1
43375

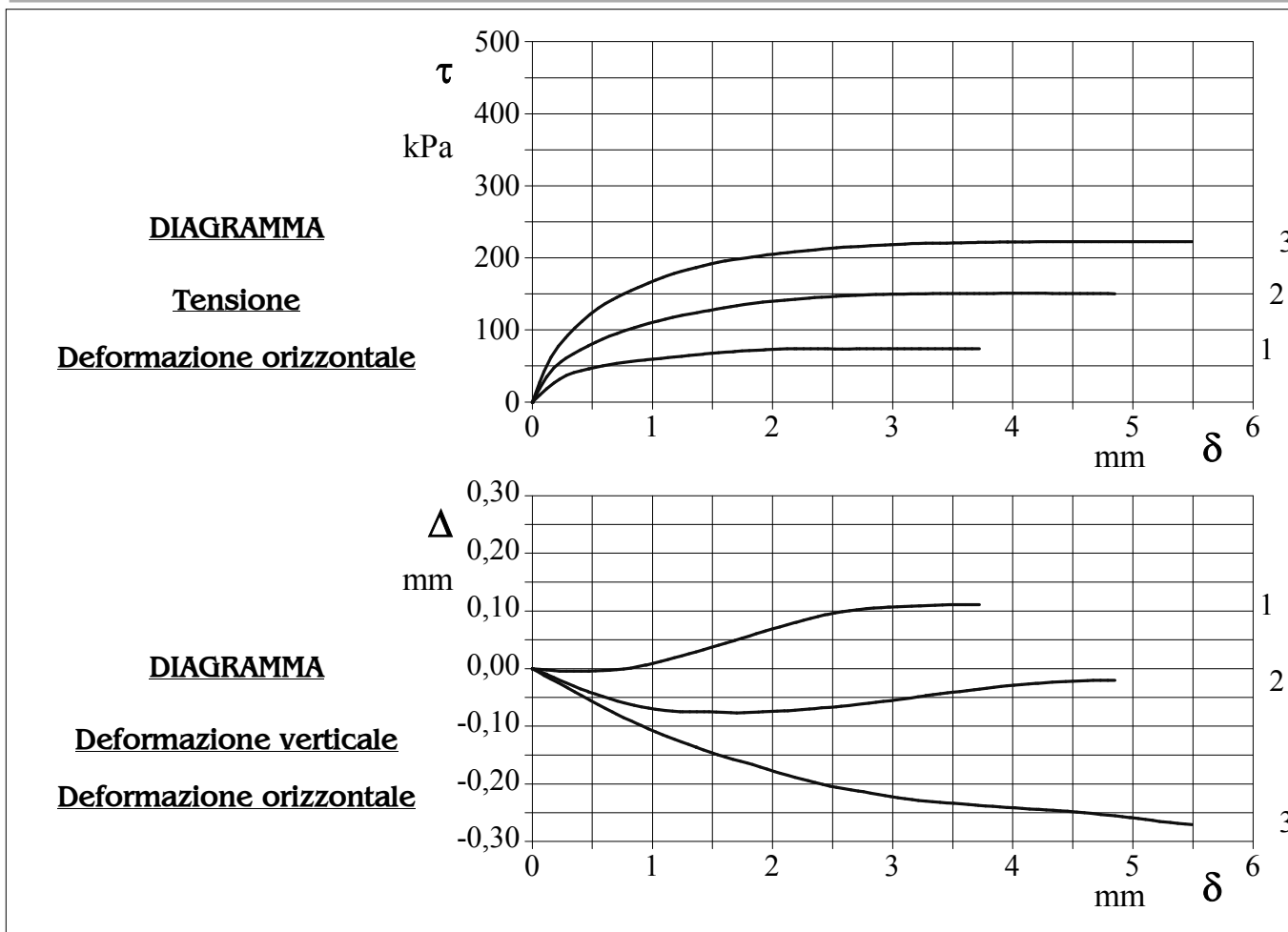
CERTIFICATO DI PROVA N°: 06960	Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 26/11/24	Inizio analisi: 23/11/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 326 del 20/11/24		Apertura campione: 23/11/24	Fine analisi: 25/11/24

COMMITTENTE: Ministero della Difesa - Ufficio Autonomo Lavori - G.M. per M.D.		
RIFERIMENTO: Roma - Via Firenze 35		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 9.00-9.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100,0	200,0	300,0
Umidità naturale (%):	---	---	---
Peso di volume (kN/m³):	15,8	15,8	15,7
Tipo di prova: Consolidata - lenta		Velocità di deformazione: 0,053 mm / min	



Piroclastite a granulometria prevalentemente sabbiosa, debolmente limosa, di colore marrone.

1
43375

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06960	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE: 26/11/24	Inizio analisi: 23/11/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 326 del 20/11/24		Apertura campione: 23/11/24	Fine analisi: 25/11/24

COMMITTENTE: Ministero della Difesa - Ufficio Autonomo Lavori - G.M. per M.D.			
RIFERIMENTO: Roma - Via Firenze 35			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 9.00-9.50	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	1,600
Altezza finale (cm)	1,595
Sezione (cm ²):	36,00
T ₁₀₀ (min)	7,4
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,068

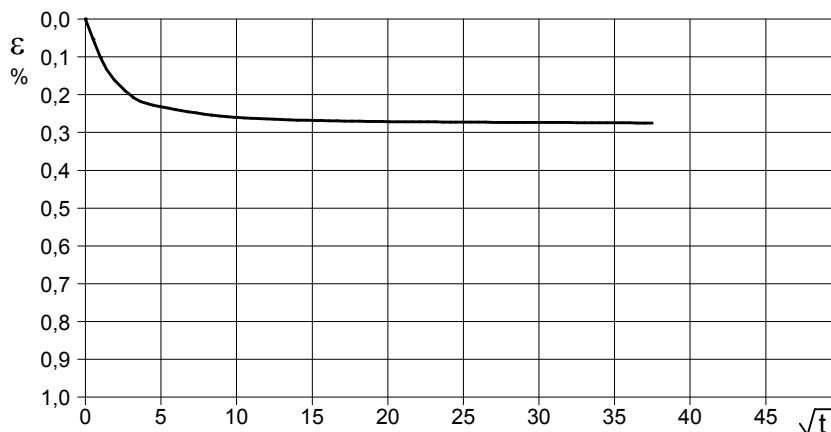


Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	1,600
Altezza finale (cm)	1,592
Sezione (cm ²):	36,00
T ₁₀₀ (min)	11,2
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,044

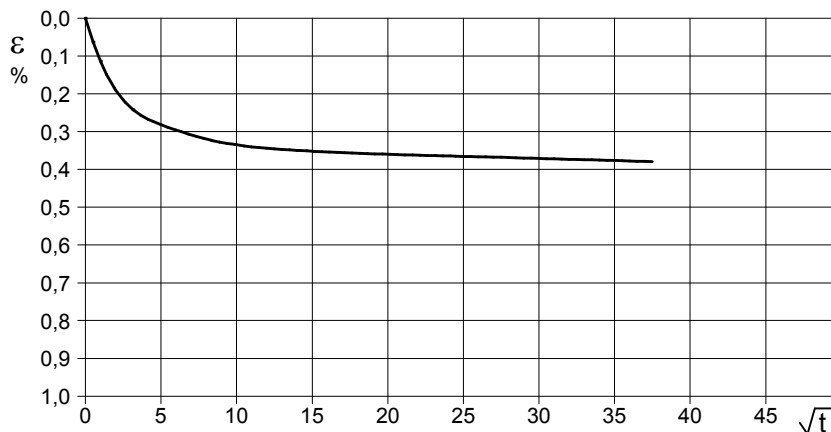
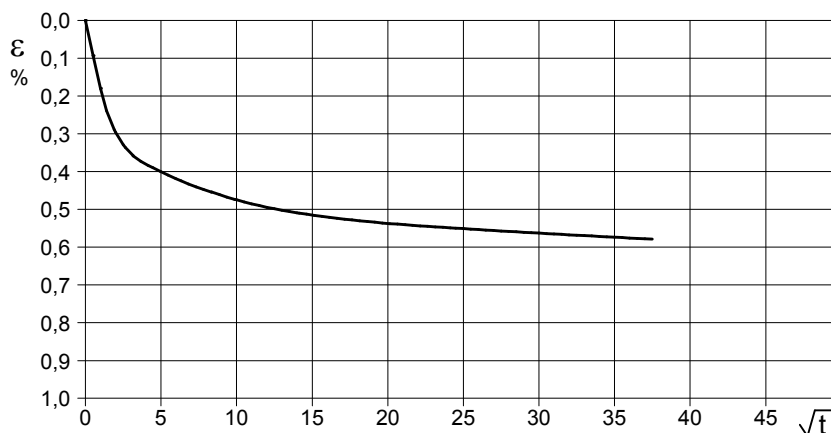


Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	1,600
Altezza finale (cm)	1,588
Sezione (cm ²):	36,00
T ₁₀₀ (min)	10,4
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,048



1
43375

Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 10 \times T_{100}$ Vs = Df / tf

