

OGGETTO:

PROGETTO ESECUTIVO NUOVO STALLO LINEA AT CON PALO
GATTO PER LA CONNESSIONE ALLA LINEA TERNA
CABINA PRIMARIA DENOMINATA
"CP ALBANO"
RELAZIONE GEOLOGICA

04					
03					
02					
01	12/02/2025	SECONDA EMISSIONE	Geo.net	E-D	E-D
00	10/06/2024	PRIMA EMISSIONE	Geo.net	E-D	E-D
REV.	DATE	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

IDENTIFICATIVO CP	FASE PROGETTUALE	DIVISIONE DOCUMENTO	PROGRESSIVO	REVISIONE
ALB-	PE-	A_	2_	R1

PROGETTAZIONE:

Green and Green S.r.l.

Sede legale:

20123 Milano (MI),

Via Stampa, 14

Sede operativa:

87036 Rende (CS),

Via E. De Amicis, 64

P.IVA 13706760967

Tel: +39 0984.846295

Fax: +39 0984.1711470

www.greengreen.it



WE ENGINEERING

REGIONE LAZIO, PROVINCIA ROMA, COMUNE ARICCIA

COMMITTENTE:



AOR LAZIO - Programmazione e Gestione Lavori

Progettazione Lavori AT

Via Domenico Cimarosa, 4 - Roma

C.F. 05779711000

P.I.V.A. 15844561009

PEC e-distribuzione@pec.e-distribuzione.it

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA

CODICE:

ALB-PE-A_2_R1

Data		Foglio 1	di 1	Formato A4	Scala	DISEGNO_N°
Verificato						
Approvato						

Geo.net s.r.l.

Via degli Elleni, 24/A

04100 Latina

E-Mail geo.net@libero.it

Tel 0773 473730 (st/fax)

3496700929 (cell.)

Relazione Geologica

Comune di Ariccia

Contenuto della relazione geologica e Indagini eseguite come da R.R. n° 7 del 16-04-2021:

- > Indicazione del livello del Livello di Rischio Sismico (pag. 93);
- > Carta Geologica di dettaglio in scala proporzionale alla rilevanza delle opere 1:1 000 (pag. 94);
- > Caratteristiche idrogeologiche e interazione con la falda idrica (pag. 7 – 8);
- > Caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che possono influenzare la Risposta Sismica Locale (pag. 93);
- > N. 2 sezioni geologiche, con l'indicazione delle opere in progetto e la successione dei litotipi fondazionali con il maggiore livello della falda eventualmente presente (pag. 97);
- > Planimetria ubicativa delle indagini eseguite (pag. 95);
- > Prove DPSH (pag. 25 – 26);
- > Prove SPT in foro (pag. 27);
- > Indagini sismiche e misure di frequenza fondamentale (pag. 28/38);
- > Sondaggi meccanici (pag. 39/43);
- > Prova Down Hole (pag. 44/52);
- > Analisi di Risposta Sismica Locale (pag. 53/91);
- > Prove di laboratorio (pag. 103);
- > Stralcio ripreso dal "Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (P.A.I.)", di cui alla Legge 183/89 e D.L. 180/98 (pag. 10 – 11);
- > Stralcio ripreso dalla carta delle MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica), del livello 1 e 3 di microzonazione sismica validata se disponibili (pag. 96);
- > Documentazione fotografica delle indagini realizzate (pag. 98/102);
- > Conclusioni e Indicazioni sulla fattibilità degli interventi ed eventuali prescrizioni progettuali (pag. 92 – 93)

STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

DPSH 1	Spessore	Peso	Peso eff.	Nspt	Qc	Fi	C	Cu	E	G	Eed
	(m)	(daN/m²)	(daN/m²)		(daN/cm²)	(°)	(daN/cm²)	(daN/cm²)	(daN/cm²)	(daN/cm²)	(daN/cm²)
Strato 1	1.8	1457.09	829.35	2.44	2.81	19.20	-	0.09	14.04	121.59	21.02
Strato 2	5.2	1584.72	919.93	6.69	8.74	22.03	-	0.29	43.69	237.36	39.17
Strato 3	0.4	1981.34	1201.40	23.00	27.16	32.87	-	0.91	135.80	597.12	130.33

DPSH 2	Spessore	Peso	Peso eff.	Nspt	Qc	Fi	C	Cu	E	G	Eed
	(m)	(daN/m²)	(daN/m²)		(daN/cm²)	(°)	(daN/cm²)	(daN/cm²)	(daN/cm²)	(daN/cm²)	(daN/cm²)
Strato 1	1.8	1451.69	825.52	2.22	2.56	19.05	-	0.09	12.79	116.68	19.78
Strato 2	4.4	1564.57	905.63	5.86	7.80	21.47	-	0.26	39.01	219.08	34.54

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE T1

AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA ST =1

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO C ($V_{s,eq} = V_{s30} = 325$ m/s)

Committente:
Green & Green SRL

Latina, 02/2024

Dr. Diego Galetto



Premessa

Nel presente lavoro sono riportati i risultati di un'indagine geologico – geotecnica eseguita allo scopo di individuare le caratteristiche geologiche, idrogeologiche, geostratigrafiche e geotecniche di un terreno sito nel Comune di Ariccia, in Provincia di Roma (RM).

Dallo studio preliminare si è ritenuto opportuno effettuare due prove penetrometriche dinamiche per una corretta caratterizzazione dei parametri geomeccanici dei terreni, le indagini sismiche di comprovata validità (n. 2 stese sismiche HS – n. 2 misure di frequenza fondamentale), due sondaggi meccanici, denominati S1 e S2, che si sono spinti rispettivamente fino alla profondità di – 31 mt da P.C. (sondaggio S1) e – 10 mt da P.C. (sondaggio S2), n. 2 prove SPT in foro, la prova Down Hole, l'analisi di risposta sismica locale e le prove di laboratorio su un campione di terreno prelevato in corrispondenza dell'intervallo di profondità 1.50 – 1.80 mt da P.C., come richiesto da normativa vigente.

Tutte le operazioni di campagna e la loro elaborazione sono state eseguite secondo quanto richiesto dal D.M. del 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”.

Nel complesso l'analisi delle caratteristiche stratigrafiche e geologiche in senso lato dei terreni interessati dal presente lavoro si è svolta nelle seguenti fasi:

- Analisi bibliografica dei dati relativi alla geologia ed alle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e strutturali dell'area, ricavati da ricerche e studi eseguiti in precedenza nella zona.
- Prove Penetrometriche Dinamiche tipo DPSH.
- Prove SPT in foro.
- Indagini sismiche di comprovata validità (n. 2 stese sismiche HS – n. 2 misure di frequenza fondamentale).
- Sondaggi meccanici.
- Prova Down Hole.
- Analisi di Risposta Sismica Locale.
- Considerazioni conclusive.
- Allegati.
- Prove di laboratorio.

Inquadramento geografico

Il lotto di terreno oggetto della presente indagine è sito nel Comune di Ariccia, in Provincia di Roma (RM).

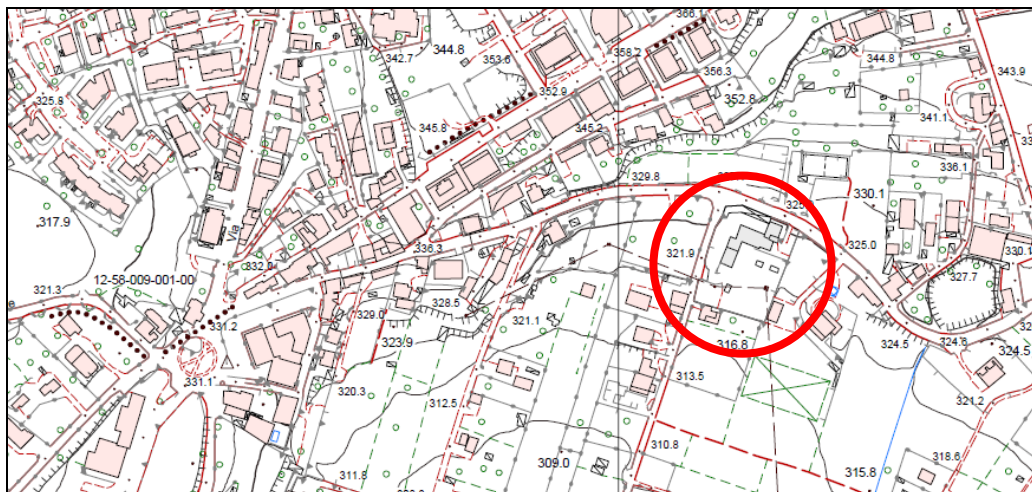
Il lotto è compreso nella Sez. 387082, denominata “Valle Riccia”, della Carta Tecnica Regionale a scala 1:5 000.

Nella cartografia presente in letteratura, il settore si individua nel Foglio n. 150, denominato “Roma”, della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100 000 e nel Foglio n. 387, denominato “Albano Laziale”, della Carta Geologica d'Italia (CARG) a scala 1:50 000.

Vengono di seguito riportati:

- Stralcio ripreso dalla Carta Tecnica Regionale, Scala 1:5 000;
- Cartografia geologica e idrogeologica.

***Stralcio ripreso dalla Carta Tecnica Regionale,
Sez. 387082 “Valle Riccia”,
Scala 1:5 000***



Inquadramento geologico

Il territorio in esame appartiene al versante sud – occidentale dell'apparato vulcanico dei Colli Albani il quale è principalmente caratterizzato dalla presenza di terreni provenienti dall'intensa attività eruttiva della fase Tuscolano-Artemisio, da circa 600.000 a circa 300.000 anni fa (Triglia et al., 1995).

I prodotti di tale attività si estendono per diverse centinaia di Km², con spessori notevoli soprattutto in prossimità dei centri d'emissione.

Tale apparato vulcanico è – insieme agli altri centri vulcanici laziali - l'espressione finale dell'estensione (e quindi assottigliamento) crostale del bacino tirrenico e, analogamente ai distretti di Vulsini, Vico, Sabatini, Ernici, esso presenta un magmatismo alcalino potassico prevalentemente esplosivo, con tenore di silicio (SiO₂) inferiore al 50%.

Il vulcano dei colli Albani si è sviluppato su un substrato sedimentario, prevalentemente sabbioso e sabbio – argilloso Plio – Pleistocenico.

L'attività dell'apparato vulcanico, impostato su una zona particolarmente fagliata e ribassata, si è manifestata sicuramente dopo il Calabriano, benché la massa magmatica abbia iniziato il suo cammino verso l'alto fin dall'Eocene, frastagliandosi e digitandosi; ha così avuto modo di entrare in contatto con le rocce carbonatiche assimilandole ed evolvendosi, fino ad assumere una composizione nettamente leucitica.

Fasi dell'attività vulcanica.

1) Fase Tuscolano – Artemisio (600.000 – 300.000 anni fa).

E' suddivisa in quattro grandi periodi.

L'attività iniziò con molteplici fenomeni esplosivi che hanno originato altrettanti imbuti, alcuni spostati alquanto verso nord e nord – ovest, esauritisi in un unico fenomeno esplosivo. Nella parte centrale intanto si sviluppava un'attività caratterizzata da eventi esplosivi alternati a fasi effusive. Di questo primo periodo si hanno notizie frammentarie, ma si sa che deve essere stato particolarmente lungo.

Il secondo periodo è caratterizzato da tremende esplosioni, che hanno portato alla formazione del complesso dei cosiddetti "tufi inferiori" che comprendono le *pozzolane rosse*.

Del terzo periodo fanno parte le *pozzolane nere*.

Il quarto periodo della fase Tuscolano – Artemisio si assiste alla eruzione di Villa Senni, con la base del *tufo lionato* accompagnato da una breccia coignimbritica, seguito dall'unità piroclastica superiore formata da tufo di *Villa Senni* e dalle successive *pozzolane grigie* o *pozzolanelle*.

Tenuto conto delle grandi quantità di materiale eiettato in ogni esplosione, si deve dedurre che l'apparato doveva avere assunto notevoli dimensioni in ordine di altezza e larghezza del condotto principale. Il fatto, poi, che tutte queste esplosioni siano essenzialmente costituite da materiale coriaceo, privo di quantità apprezzabili di pomici, testimonia che l'attività si sia evoluta a “condotto aperto”.

2) Fase Faete (300.000 – 200.000 anni fa).

Colmatasi la voragine formatasi a seguito dello sprofondamento del condotto vulcanico, si sono susseguite numerose effusioni laviche, anche di alcuni chilometri di estensione, soprattutto tra Frascati e Velletri. Si è così sviluppato un nuovo edificio centrale (Monti della Faete) il cui recinto esterno è costituito dai monti Artemisio e Tuscolano.

3) Fase Idromagmatica (200.000 – 20.000 anni fa).

Si verifica una violenta esplosione freato – magmatica da alcuni crateri del settore settentrionale ed occidentale, con lancio di *lapilli varicolori*, che ricoprono buona parte dei prodotti precedenti; da essi si generano Colle Iano e Monte Cavo. Alcune delle esplosioni eccentriche, come quelle di Albano e Ariccia, sono avvenute durante le ultime fasi dell'attività del vulcano, con prodotti piroclastici granulari contenenti blocchi di lave, tufi e rocce sedimentarie, comunemente denominate “*peperini*”.

Come si evince dallo stralcio ripreso dalla “Carta Geologica d'Italia (CARG)”, Foglio n. 387 denominato “Albano Laziale”, a scala 1:50 000 riportato di seguito, la zona in esame è interessata dalla presenza di depositi lacustri di riempimento dei laghi craterici costituiti da sedimenti vulcanici siltoso – sabbiosi alternati a livelli argillosi (**SFT_{e2}**).

Inquadramento idrogeologico

Da un punto di vista termico, l'unità idrogeologica dei Colli Albani ha un *clima* mediterraneo temperato caldo con prolungamento della stagione estiva e con inverno mite (Ventriglia, 1990).

Le condizioni morfologiche, strutturali e sedimentarie del sistema definiscono un *acquifero* multistrato, con flusso radiale dal settore extra – calderico verso la periferia dell'edificio vulcanico. Il sistema idrogeologico dei Colli Albani è costituito da due principali complessi idrogeologici (Boni C. et al., 1988):

- Complesso delle sabbie dunari: esso contiene una falda estesa con acqua di buona qualità, ma difficilmente contaminabile da parte sia dell'inquinamento organico e chimico ad opera di sversamenti incontrollati e pozzi neri, sia dall'ingressione delle acque marine laddove lo sfruttamento della falda sia eccessivo; la produttività della falda sarebbe bassa, ma è compensata dalla ridotta permeabilità del terreno.
- Complesso dei piroclasti: svolge il ruolo di area di ricarica dei grandi acquiferi regionali; è caratterizzato da buona permeabilità e alta capacità di immagazzinamento; contiene una falda basale di notevole importanza, con falde sospese minori; peculiari di questo complesso sono le sorgenti lineari, cioè emergenze naturali di acque sotterranee in un tratto dell'alveo drenante.

I caratteri idrogeologici del territorio dipendono dai rapporti di giacitura che si sono venuti a determinare tra i diversi sistemi litologici.

Le formazioni geologiche presenti hanno *permeabilità* medio bassa per porosità nelle alluvioni e per fratturazione nel tufo, media nelle pozzolane. I depositi plio – quaternari presentano permeabilità variabili in funzione della granulometria e della natura litologica.

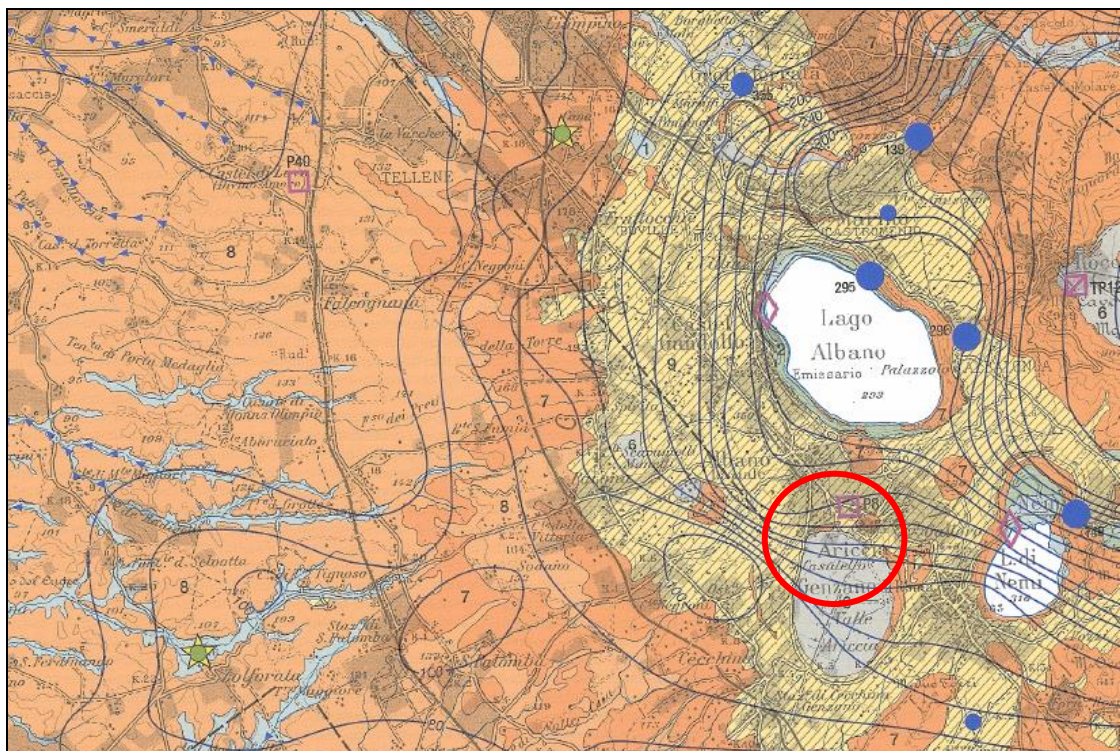
Dal punto di vista idrogeologico la zona in esame è interessata dalla presenza di un'unità idrogeologica che nella "Nuova Carta Idrogeologica del Territorio della Regione Lazio" a scala 1:100 000 è denominata "Complesso dei depositi fluvio palustri e lacustri". Tale complesso risulta essenzialmente costituito da depositi lacustri di riempimento dei laghi craterici costituiti da sedimenti vulcanici siltoso – sabbiosi alternati a livelli argillosi. La notevole variabilità granulometrica di tale complesso si riflette in un altrettanto notevole variabilità del grado di permeabilità del complesso.

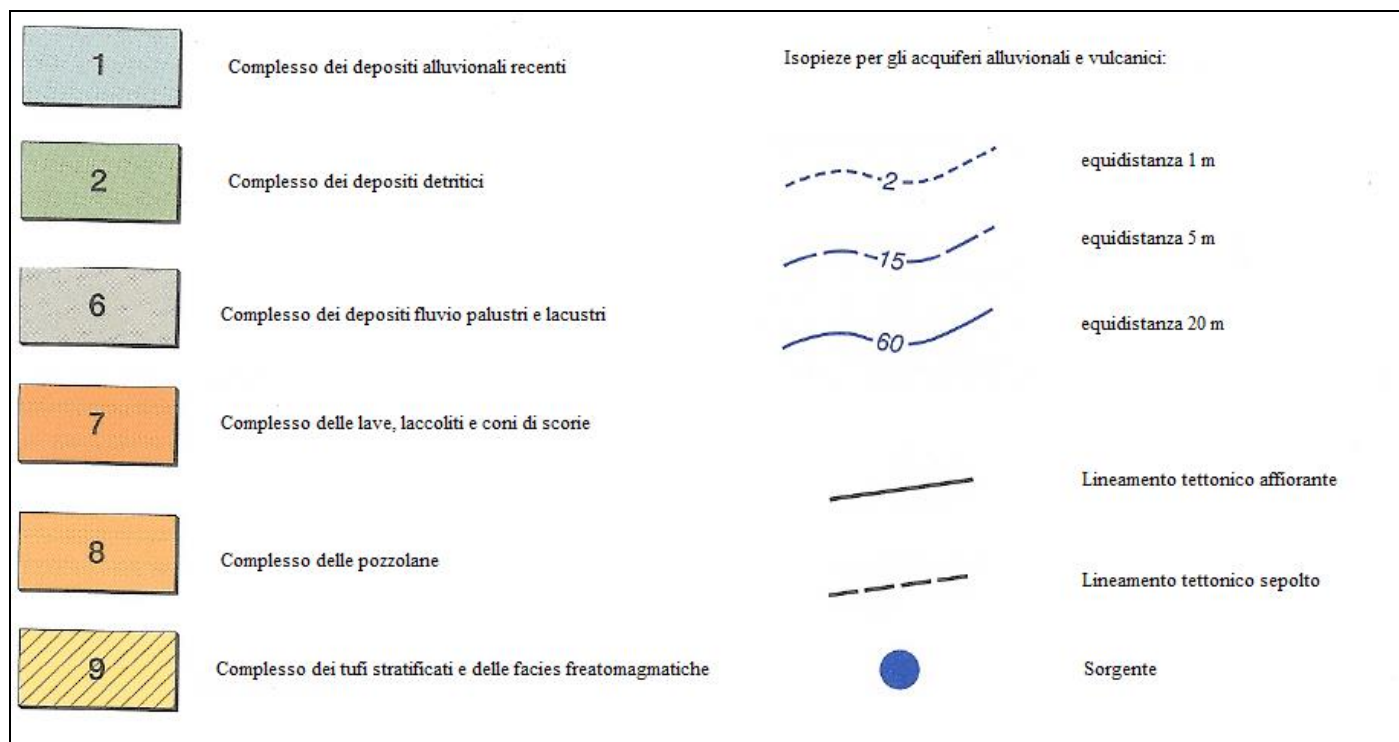
I settori circostanti la zona strettamente in esame sono invece caratterizzati dalla presenza di un'unità idrogeologica che nella "Nuova Carta Idrogeologica del Territorio della Regione Lazio" a scala 1:100 000 è denominata "Complesso dei tufi stratificati e delle facies freatomagmatiche". Tale complesso risulta essenzialmente costituito da depositi di pomici, lapilli e brecce piroclastiche in matrice cineritica di età pleistocenica e caratterizzato da una rilevanza idrogeologica limitata.

Nella zona in oggetto è presente una falda posta ad una profondità maggiore di 50 mt da P.C. pertanto si può ragionevolmente escludere l'interazione della stessa con l'opera in progetto.

Stralcio ripreso dalla "Nuova Carta Idrogeologica del Territorio della Regione Lazio"

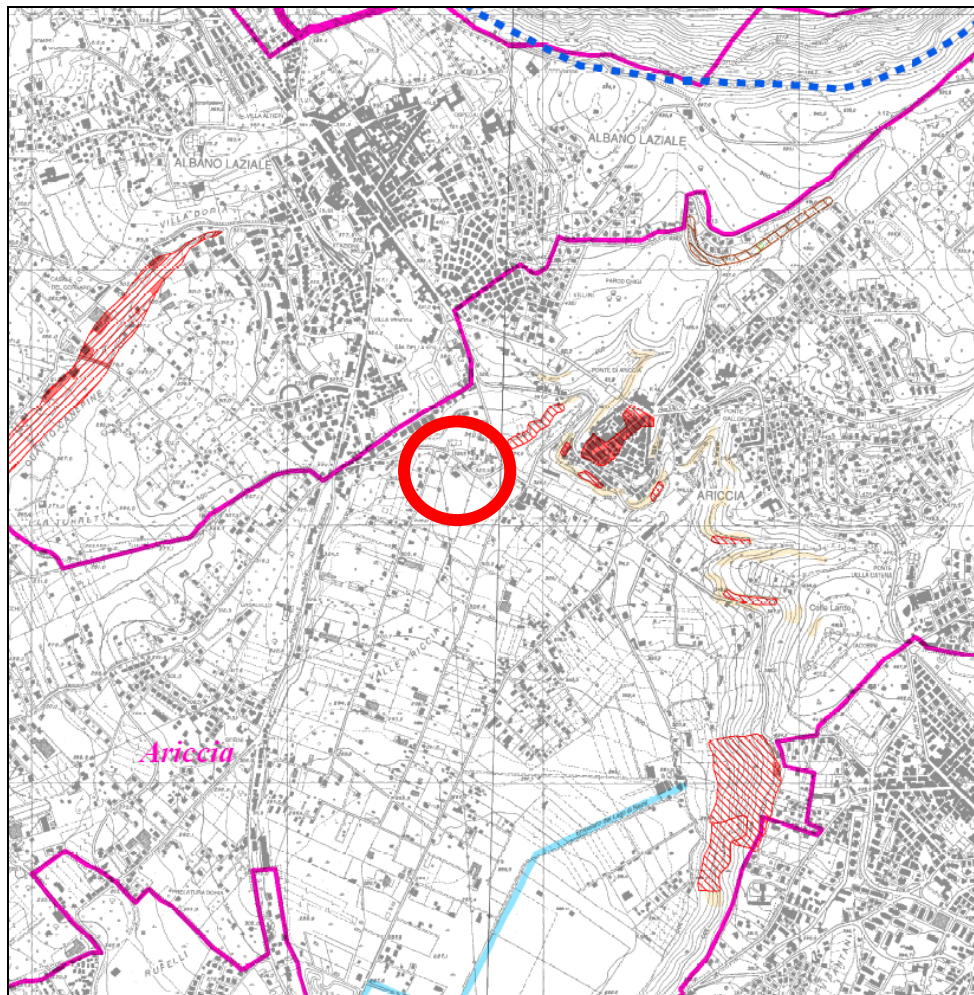
Scala 1:100 000





















LEGENDA:

Inoltre, come si evince dallo stralcio ripreso dal “Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.)”, Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Centrale, Tav. 2.01 Sud a scala 1:25 000, riportato di seguito, nella zona in oggetto non sono presenti vincoli di alcun tipo.

***Stralcio ripreso dal “Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.)”,
Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Centrale, Tav. 2.01 Sud,
Scala 1:25 000***



LEGENDA:

<p>AREE SOTTOPOSTE A TUTELA PER PERICOLO D'INONDAZIONE (artt. 7 - 23 - 24 - 25 - 26)</p> <p> Aree a Pericolo A1 (c. 2 art. 7 e art. 23)</p> <p> Aree a Pericolo A2 (c. 2 art. 7 e art. 23 bis)</p> <p> Aree a Pericolo B1 (c. 2 art. 7 e art. 24)</p> <p> Aree a Pericolo B2 (c. 2 art. 7 e art. 25)</p> <p> Aree a Pericolo C (c. 2 art. 7 e art. 26)</p> <p> Ambiti territoriali caratterizzati, allo stato delle conoscenze disponibili, dall'assenza di elementi documentali tali da consentirne la definizione della pericolosità</p>	<p>AREE DI ATTENZIONE PER PERICOLO DI FRANA E D'INONDAZIONE (artt. 9 - 19 - 27)</p> <p> Aree di Attenzione Geomorfologica (artt. 9 e 19)</p> <p> Aree di Attenzione Idraulica (artt. 9 e 27)</p> <p> Aree di Attenzione per presenza di cavità naturali o artificiali soggette a crolli</p> <p> Corsi d'acqua principali classificati pubblici con D.G.R. n° 452 del 01/04/05 (artt. 9 e 27)</p> <p> Altri corsi d'acqua principali (artt. 9 e 27)</p>
<p>AREE SOTTOPOSTE A TUTELA PER PERICOLO DI FRANA (artt. 6 - 16 - 17 - 18)</p> <p> Aree a Pericolo A (c. 2 art. 6 e art. 16)</p> <p> Aree a Pericolo B (c. 2 art. 6 e art. 17)</p> <p> Aree a Pericolo C (c. 2 art. 6 e art. 18)</p> <p> Ambiti territoriali caratterizzati, allo stato delle conoscenze disponibili, dall'assenza di elementi documentali tali da consentirne la definizione della pericolosità</p>	<p>LIMITI AMMINISTRATIVI</p> <p> Limite Autorità dei Bacini Regionali</p> <p> Limiti Comunali</p> <p> Limite Regionale</p>

Sismicità dell'area

L'ultima riclassificazione sismica è relativa alla **DELIBERA DI GIUNTA REGIONALE n. 387 del 22 Maggio 2009** (*Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3519 del 28 Aprile 2006 e della DGR Lazio 766/03*) che ha inserito il Comune di Ariccia in **Zona 2 – Sottozona B** (fig. 1); quindi con un'accelerazione di picco su terreno rigido (accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni “ag” – riferimento elaborato all'84° percentile) compresa tra i seguenti valori:

$$0.15 \leq ag < 0.20$$

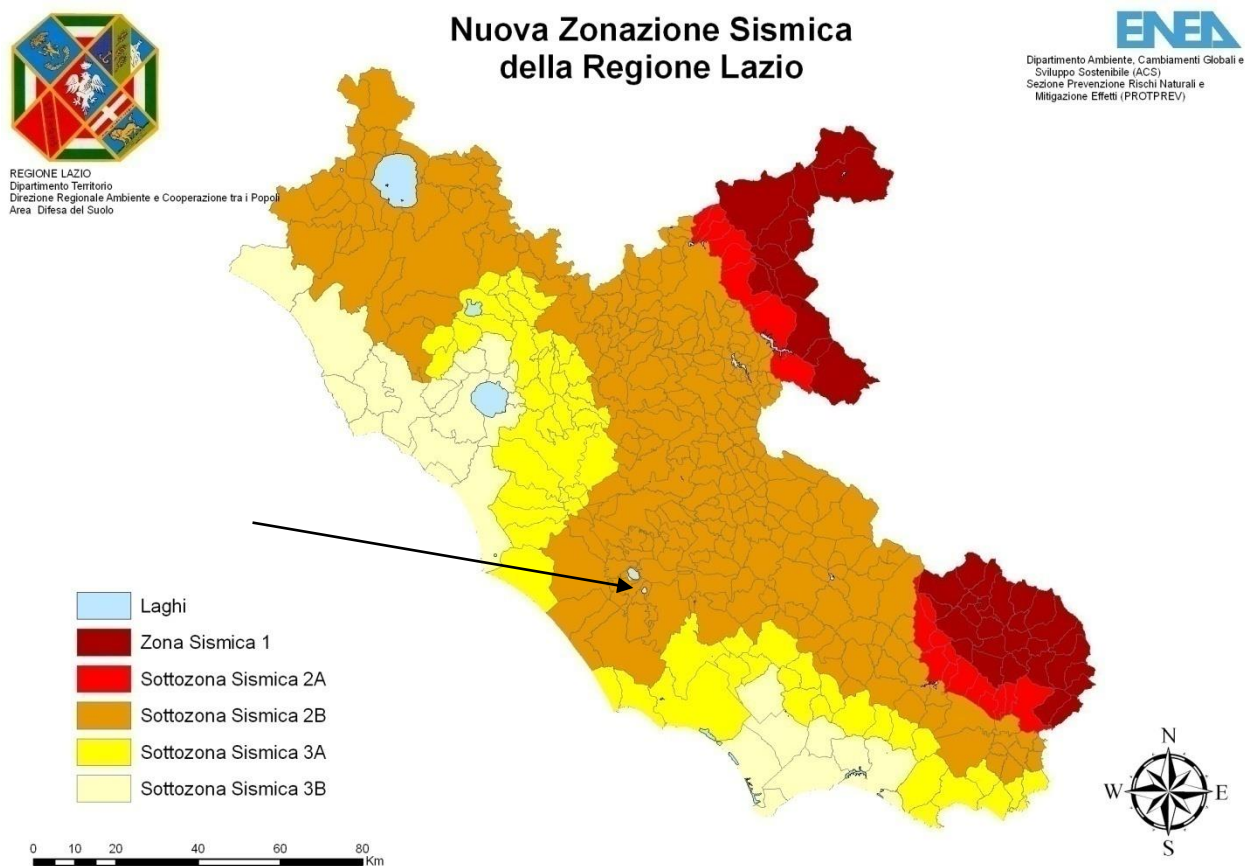


Fig. 1 – Stralcio dalla Mappa della Nuova Zonazione Sismica della Regione Lazio *DGR Lazio 387/2009*. La freccia indica il territorio del Comune di Ariccia.

ZONA SISMICA	SOTTOZONA SISMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)
1		$0.25 \leq a_g < 0.278g$ (val. Max per il Lazio)
2	A	$0.20 \leq a_g < 0.25$
	B	$0.15 \leq a_g < 0.20$
3	A	$0.10 \leq a_g < 0.15$
	B	(val. min.) $0.062 \leq a_g < 0.10$

Tabella 3 - Suddivisione delle sottozone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido utilizzate per lo scenario di riclassificazione sismica della Regione Lazio.

La nuova riclassificazione si basa su tre zone sismiche a differenza delle quattro della precedente classificazione.

▪ Zona sismica 1

È la più gravosa in termini di pericolosità sismica, non presenta sottozone, in quanto il valore di a_g (accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni) max previsto per il Lazio non giustifica ulteriori suddivisioni ed è compreso tra 0,25 e 0,27.

▪ Zona sismica 2

È suddivisa in due sottozone

▪ Sottozona Sismica 2A

Il valore di a_g (accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni) è compreso tra 0,20 e 0,25.

▪ Sottozona Sismica 2B

Il valore di a_g (accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni) è compreso tra 0,15 e 0,20.

▪ Zona sismica 3

È suddivisa in due sottozone

▪ Sottozona Sismica 3A

Il valore di a_g (accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni) è compreso tra 0,10 e 0,15.

▪ Sottozona Sismica 3B

Il valore di a_g (accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni) è compreso tra 0,062 e 0,10, valore minimo per il Lazio.

Caratteristiche geotecniche dei terreni

Sono state effettuate due prove penetrometriche dinamiche per determinare le caratteristiche geotecniche del terreno in corrispondenza del sito esaminato. La prova consiste nell'infiggere un'asta a punta conica alla profondità interessata battendo con un maglio di peso standard (63,50 Kg) da un'altezza prestabilita (75 cm) e successivamente contare il numero di colpi necessari per fare avanzare l'asta per una profondità massima di 15 m. La lettura N_{spt} è rappresentata dalla somma dei colpi ogni 20 cm di avanzamento.

Vengono di seguito riportati le metodologie adottate e i dati scaturiti dalle prove.

Dalle prove è stato possibile individuare vari strati con comportamenti geotecnici diversi.

PAGANI

Geotechnical Equipment

di PAGANI ERMANNINO

C.F. PGNRNN50H08B025P P.IVA 00309180330
 C.C.I.A.A. PC97486 Reg. Impr. PC1996/21142
 Sede legale: Loc. Santimento, 44
 Sede Amministrativa e Stabilimento: Loc. Campogrande
 Telefono: +39 0523 771535
 Fax: +39 0523 773449
 29010 CALEDASCO (PIACENZA) - ITALIA

Caledasco, lì 31.12.2012

DICHIARAZIONE DI CONFORMITA'

Numero documento: CON000497

Oggetto: Penetrometro

TG63-100KN	statico-dinamico
TG63-200KN	statico
	dinamico

con matricola P001304

IL COSTRUTTORE PAGANI GEOTECHNICAL EQUIPMENT di PAGANI ERMANNINO
 SEDE: LOCALITA' SANTIMENTO, 44
 STABILIMENTO: LOC. CAMPOGRANDE
 29010 CALEDASCO PIACENZA

dichiara sotto la sua esclusiva responsabilità che l'apparecchiatura in oggetto

- è uno strumento volto a sondare la struttura e la resistenza dei terreni;
- è conforme alle disposizioni della direttiva macchine 2006/42/CE;
- è conforme alle disposizioni della direttiva 2004/108/CE sulla compatibilità elettromagnetica;
- è conforme alle disposizioni della direttiva 2006/95/CE sulla bassa tensione;
- è conforme alle disposizioni della direttiva 2000/14/CE e successive modifiche ed integrazioni sull'emissione acustica (rif. art. 13 con classificazione "perforatrici");
- il fascicolo tecnico è redatto direttamente dal Costruttore e rimane a disposizione delle Autorità competenti degli stati Membri o/o la sede sopracitata;
- ogni modifica, effettuata dall'utilizzatore, alla macchina qui certificata, fa decadere la validità della presente Dichiarazione. Eventuali responsabilità, conseguenti alla manomissione, saranno a carico dell'utilizzatore.

Dichiara inoltre che la persona autorizzata *pro tempore* a costituire il fascicolo tecnico è: Sig. Pagani Ermanno, Località Campogrande, Caledasco - Italia. Il Sig. Pagani Ermanno potrà essere sostituito a seguito di avvicendamento aziendale dalla persona che verrà a ricoprire il suo ruolo all'interno della Pagani Geotechnical Equipment.

In fede

PAGANI Geotechnical Equipment
 di PAGANI ERMANNINO

[Firma]
 Pagani Ermanno, Titolare
 (timbro e firma)

Pagani Geotechnical Equipment

2

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI**

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (DYNAMIC PROBING)**DPSH – DPM (... scpt ecc.)**NOTE ILLUSTRATIVE - DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

penetrometri in uso in Italia

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

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A = 10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A = 10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico: talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H = 0.75$ m, avanzamento $\delta = 30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A = 20.27 \text{ cm}^2$ rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
 massa battente $M = 63.5$ kg, altezza caduta $H = 0.75$ m, avanzamento $\delta = 20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20 \text{ cm}^2$, rivestimento / fango bentonitico: talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

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

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo (δ/ N);

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di (N₁)₆₀

(N₁)₆₀ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = C_N \times N_{60} \text{ con } C_N = \sqrt{(Pa/\sigma'_{vo})} \quad C_N < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

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

ER/60: Rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

C_s: Parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

C_d: Funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

C_r: Parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

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

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

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

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

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

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

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

Media

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

Media minima

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

Massimo

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

Minimo

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

Scarto quadratico medio

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

Media deviata

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

Media + s

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

Media - s

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

Distribuzione normale R.C.

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

$$Nspt_k = Nspt_{medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt})$$

dove $sNspt$ è la deviazione standard di $Nspt$

Distribuzione normale R.N.C.

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

$$Nspt_k = Nspt_{medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

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

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

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

Correzione N_{spt} in presenza di falda

- N_{spt} corretto = $15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$.
- N_{spt} è il valore medio nello strato.
- La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 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 D_r %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt sopra falda e > 15 mt per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 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** D_r viene sovrastimato, per **limi** sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per **limi** e **sabbie** e **sabbie da fini a grossolane** NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per **sabbie fini** e **ghiaiose** NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

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

Modulo Edometrico

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

- Terzaghi-Peck 1948-1967.

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

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

Velocità onde di taglio V_s (m/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_o)

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c .

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

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

- 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 - Mo (Eed) (Kg/cmq), valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt}=6-12$).

Modulo Di Young (E_Y)

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

DPSH1	NUMERO DI COLPI PER 20 CM DI AVANZAMENTO			DPSH2	NUMERO DI COLPI PER 20 CM DI AVANZAMENTO		
1mt		4		1mt		1	
		4				3	
		3				3	
		2				2	
		2				2	
2mt		1		2mt		1	
		1				2	
		2				3	
		3				3	
3mt		5		3mt		4	
		7				4	
		6				5	
		6				4	
		5				5	
4mt		6		4mt		7	
		11				6	
		5				6	
		6				7	
		7				7	
5mt		6		5mt		6	
		5				6	
		4				7	
		11				5	
		8				6	
6mt		6		6mt		7	
		5				6	
		5				6	
		6				5	
		6				6	
7mt		5		7mt		7	
		10			0		
		9			0		
		7			0		
8mt		11		8mt		0	
		21			0		
		25			0		
		0			0		
		0			0		
9mt		0		9mt		0	
		0			0		
		0			0		
		0			0		
		0			0		
10mt		0		10mt		0	
		0			0		
		0			0		
		0			0		
		0			0		
1		0				0	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROPOSTI (DPSH1)	Strato 1	Strato 2	Strato 3
PROFONDITA' (m)	1.80	7.00	7.40
NSPT MEDIO SULLO STRATO	2.44	6.69	23.00
PESO UNITA' DI VOLUME (t/m ³)	1.49	1.62	2.02
PESO UNITA' DI VOLUME SATURO (t/m ³)	1.87	1.96	2.24
ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO FI (°)	19.20	22.03	32.87
COESIONE NON DRENATA (Kg/cm ²)	0.10	0.30	0.93
MODULO EDOMETRICO (Kg/cm ²)	21.43	39.95	132.90
MODULO ELASTICO (Kg/cm ²)	14.32	44.55	138.48
MODULO DI POISSON	0.35	0.34	0.32
MOD. DI DEF. AL TAGLIO DINAMICO (Kg/cm ²)	123.98	242.04	608.90
QC	2.86	8.91	27.70
PRESS. AMMISSIBILE (Kg/cm ²)	1.02	2.82	8.39
PRESS. AMMISSIBILE CON ACQUA (Kg/cm ²)	0.78	1.76	5.52
TENSIONE EFFICACE (Kg/cm ²)	0.06	0.24	0.78
DENSITA' RELATIVA	10.14	17.46	40.23

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROPOSTI (DPSH2)	Strato 1	Strato 2
PROFONDITA' (m)	1.80	6.20
NSPT MEDIO SULLO STRATO	2.22	5.86
PESO UNITA' DI VOLUME (t/m ³)	1.48	1.60
PESO UNITA' DI VOLUME SATURO (t/m ³)	1.86	1.94
ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO FI (°)	19.05	21.47
COESIONE NON DRENATA (Kg/cm ²)	0.09	0.27
MODULO EDOMETRICO (Kg/cm ²)	20.17	35.22
MODULO ELASTICO (Kg/cm ²)	13.04	39.77
MODULO DI POISSON	0.35	0.34
MOD. DI DEF. AL TAGLIO DINAMICO (Kg/cm ²)	118.99	223.40
QC	2.61	7.95
PRESS. AMMISSIBILE (Kg/cm ²)	0.95	2.53
PRESS. AMMISSIBILE CON ACQUA (Kg/cm ²)	0.73	1.57
TENSIONE EFFICACE (Kg/cm ²)	0.05	0.21
DENSITA' RELATIVA	9.83	16.31

DPSH 1	Spessore	Peso	Peso eff.	Nspt	Qc	Fi	C	Cu	E	G	Eed
	(m)	(daN/m ²)	(daN/m ²)		(daN/cm ²)	(°)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)
Strato 1	1.8	1457.09	829.35	2.44	2.81	19.20	-	0.09	14.04	121.59	21.02
Strato 2	5.2	1584.72	919.93	6.69	8.74	22.03	-	0.29	43.69	237.36	39.17
Strato 3	0.4	1981.34	1201.40	23.00	27.16	32.87	-	0.91	135.80	597.12	130.33

DPSH 2	Spessore	Peso	Peso eff.	Nspt	Qc	Fi	C	Cu	E	G	Eed
	(m)	(daN/m ²)	(daN/m ²)		(daN/cm ²)	(°)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)
Strato 1	1.8	1451.69	825.52	2.22	2.56	19.05	-	0.09	12.79	116.68	19.78
Strato 2	4.4	1564.57	905.63	5.86	7.80	21.47	-	0.26	39.01	219.08	34.54

Prove SPT in foro

Sono state effettuate due prove SPT in foro, rispettivamente alla profondità di – 5 mt da P.C. (SPT 1) – 7 mt da P.C. (SPT 2). Vengono di seguito riportati i dati scaturiti dalle prove.

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROPOSTI (N SPT)	SPT 1	SPT 2
PROFONDITA' INIZIO SPT (m da P.C.)	5	7
NSPT SULLO STRATO	5	11
	5	13
	5	13
PESO UNITA' DI VOLUME (t/m ³)	1.54	1.75
PESO UNITA' DI VOLUME SATURO (t/m ³)	1.91	2.06
ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO FI (°)	20.73	25.72
COESIONE NON DRENATA (Kg/cm ²)	0.19	0.52
MODULO EDOMETRICO (Kg/cm ²)	34.58	71.63
MODULO ELASTICO (Kg/cm ²)	27.60	76.56
MODULO DI POISSON	0.35	0.34
MOD. DI DEF. AL TAGLIO DINAMICO (Kg/cm ²)	175.85	367.07
QC	5.52	15.31
PRESS. AMMISSIBILE (Kg/cm ²)	1.81	4.71
PRESS. AMMISSIBILE CON ACQUA (Kg/cm ²)	1.31	3.04
TENSIONE EFFICACE (Kg/cm ²)	0.14	0.42
DENSITA' RELATIVA	13.36	25.22

	Prof. SPT	Peso	Peso eff.	Nspt medio	Qc	Fi	C	Cu	E	G	Eed
	(m)	(daN/m ²)	(daN/m ²)		(daN/cm ²)	(°)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)
NSPT 1	5	1513.17	869.15	4.50	5.41	20.73	-	0.18	27.07	172.45	33.91
NSPT 2	7.0	1719.89	1015.85	12.75	15.02	25.72	-	0.51	75.08	359.97	70.24

DETERMINAZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO PROSPEZIONI SISMICHE HS E HVSR

1. PREMESSA

Sono state effettuate n. 2 prospezioni sismiche di tipo attivo Holisurface e due misure HVSR in un'area ricadente nel Comune di Ariccia (RM), al fine classificare sismicamente il suolo, ossia definire la categoria di sottosuolo secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018).

2. BREVE INTRODUZIONE

Si è proceduto all'effettuazione di due indagini sismiche *HoliSurface*[®] (*Holistic analysis of Surface waves - HS*) + HVSR (*Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio*) utile a definire il profilo verticale delle Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio) e la determinazione della Vs30 e velocità equivalente per individuare il tipo di sottosuolo così come indicato nelle nuove norme tecniche per le costruzioni entrate in vigore nel Marzo di questo del 2018.

La tecnica HS si fonda sulla determinazione di diversi *observables* (spettri di velocità di gruppo delle componenti verticale (Z), radiale (R) e trasversale (T), *Radial-to-Vertical Spectral Ratio* – RVSR e curve *Rayleigh-wave Particle Motion*, RPM) che, anche congiuntamente alla curva HVSR, consentono di impostare un'inversione congiunta utile a determinare in modo robusto e puntuale il profilo Vs (vedi schema concettuale riportato in figura 1 e tratto da Dal Moro, 2019).

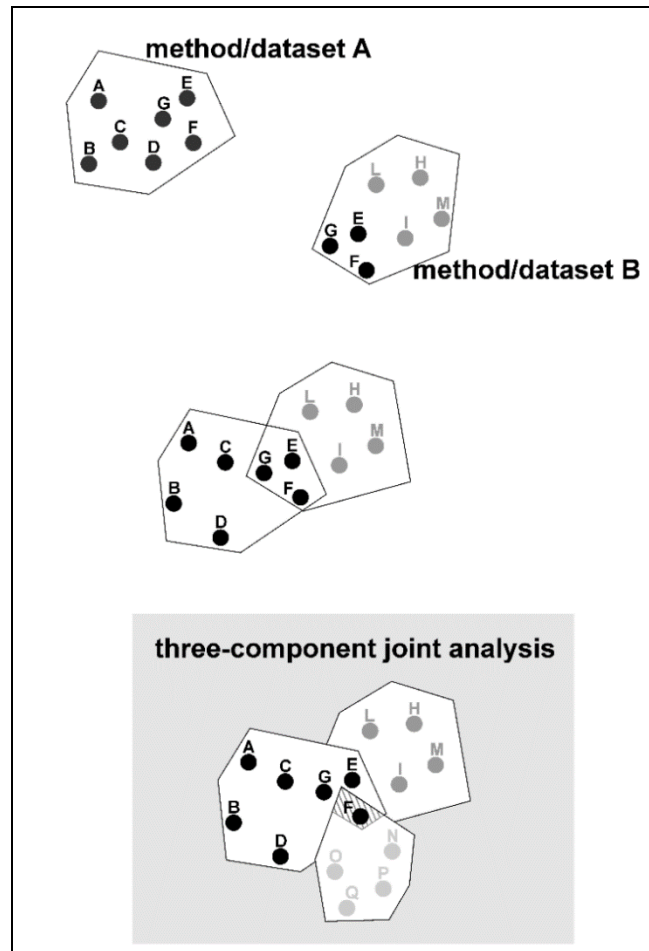


Fig. 1 - Schema concettuale per descrivere il significato dell'analisi congiunta possibile da dati multi-componente. Solamente l'utilizzo di diversi "oggetti di analisi" (*observables*) consente di restringere l'ambiguità che, altrimenti, caratterizza qualsiasi indagine di superficie.

3. METODOLOGIE HS E HVSR

3.1 HOLISURFACE®

La metodologia *HoliSurface*® (HS) è una procedura di acquisizione ed analisi di dati di sismica attiva che considera in modo congiunto (olistico) tutta una serie di *oggetti di analisi (observables)* che, nel loro insieme, descrivono in maniera appunto olistica la propagazione delle onde di Rayleigh e Love.

Tale tipo di indagine è una evoluzione del metodo di analisi delle velocità di gruppo tramite MFA (*Multiple Filter Analysis* – Dziewonski et al., 1969) e/o FTAN (*Frequency Time ANalysis* – Natale et al., 2004), quindi basata sulla dispersione delle onde di superficie (velocità di gruppo; rapporto tra spazio e tempo di arrivo dell'onda frequenza per frequenza) e la sua analisi secondo l'approccio FVS (*Full Velocity Spectrum*).

Per il presente lavoro si sono considerate entrambe le componenti dell'onda di Rayleigh (componente Z e R) e il rapporto spettrale H/V, ovverossia si è svolta un'inversione congiunta di tali *observables* secondo i principi del fronte di Pareto così come presentato ad esempio in Dal Moro et al. (2015; 2016; 2019).

L'acquisizione tanto dei dati HS (attivi) che HVSR (passivi) avviene grazie ad un semplice geofono triassiale (evidentemente *triggerabile*).

Acquisire un dato per analisi *HoliSurface*® non è molto diverso rispetto alle tradizionali acquisizioni di sismica attiva finalizzate, ad esempio, ad effettuare analisi MASW o a rifrazione (lo zero dei tempi è determinato dal trigger, il quale dà inizio alla registrazione).

Rispetto la cosiddetta tecnica MASW la differenza sostanziale sta nel fatto che per effettuare acquisizioni e analisi *HoliSurface*®, invece di utilizzare *n* geofoni a componente singola, si utilizza un unico geofono a tre componenti (geofono triassiale; fig. 2) opportunamente orientato in modo da poter definire nell'ordine la componente verticale (Z), quella radiale (R) e la trasversale (T).

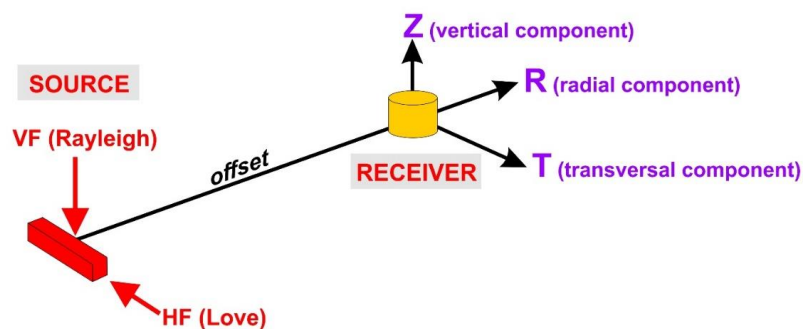


Fig. 2 - Componenti sismiche.

La seguente tabella riporta i principali parametri di acquisizione.

offset	20 m
lunghezza registrazione	2
frequenza di campionamento	1000 Hz
sorgente	Mazza da 8 kg su traversina (per la generazione delle onde di Rayleigh e delle onde di Love)
stack	5

3.2 HVSR

Il rapporto HVSR è in uso in sismologia indicativamente dalla fine degli anni '60 (vedi ad esempio Mark and Sutton, 1975). Negli anni ottanta, in Giappone, si sono poi svolti diversi studi sul suo utilizzo in relazione alla valutazione del rischio sismico (vedi studi di Nakamura riportati tra i riferimenti bibliografici). Di fatto non è mai stata dimostrata la relazione tra amplificazione e curva HVSR. Tanto considerazioni teoriche che osservazioni sperimentali non supportano infatti l'idea (purtroppo molto popolare) che la curva HVSR rappresenti, *sic et simpliciter*, la curva di amplificazione.

4. ANALISI CASO STUDIO

4.1 ANALISI HVSR

In una prima fase si fa il calcolo della sola curva HVSR in modo tale comprendere quali possano essere i parametri (smoothing, lunghezza della finestra ecc.) più indicati per il dataset di volta in volta considerato. In questa fase vengono anche evidenziate due barre rosse verticali che indicano la frequenza minima e massima all'interno del quale sono calcolati i criteri SESAME.

Nella seconda fase, una volta modificati i limiti e attivato l'opzione "full output" (in modo da effettuare tutte le possibili analisi di direttività, continuità ecc.), otterremo un grafico (in cui ora i limiti sono indicati in modo più "discreto" e non vengono evidenziati i valori inferiori all'unità):

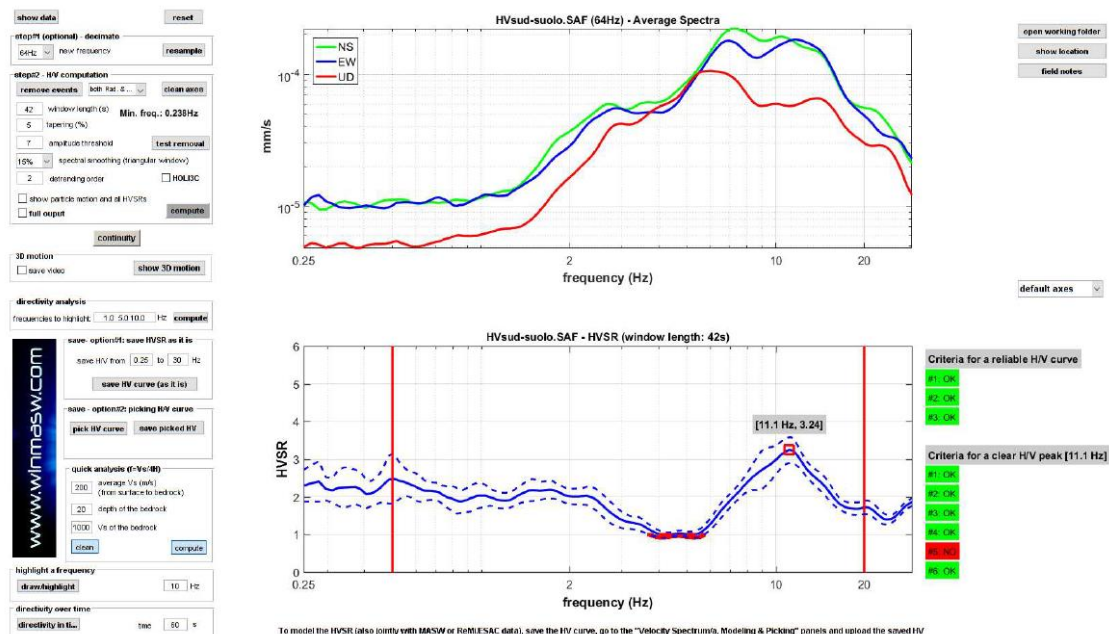


Fig. 3 – Analisi delle curve HVSR, in alto l'Average spectra in basso la curva HVSR in funzione della frequenza

Sia durante la modellazione diretta che nell'inversione automatica è buona norma (diremmo assolutamente raccomandato) inserire sempre uno strato molto profondo e molto veloce che serve a stabilizzare la matematica che sta dietro il computo dell'HVSR.

In pratica questo significa che si deve riprodurre la situazione reale nel modo più corretto.

Le frequenze di maggior interesse dal punto di vista geologico – ingegneristico, grossomodo vanno dagli 0.5 ai 20 Hz.

Poiché per individuare una certa frequenza è necessario campionare ad almeno il doppio di tale frequenza, andrebbe da sé che campionando un segnale ad almeno 40Hz dovremmo riuscire a portarci a casa un dato sufficientemente definito per i principali scopi di carattere geologico.

Una serie di altre considerazioni che non si possono qui svolgere per esteso suggeriscono comunque di acquisire ad almeno 128 Hz.

Secondo taluni è addirittura consigliabile acquisire un dato a frequenze ancora maggiori (256 o 512Hz) e poi ricampionarli (decimarli) ad una frequenza inferiore.

L'importante, allo scopo di non aumentare inutilmente i tempi di calcolo, è analizzare dei dati ad una frequenza non superiore ai 128 Hz.

In sintesi, quello che si potrebbe suggerire è: utilizzare in campagna un campionamento di 256Hz e procedere poi ad un ricampionamento a 64 o 128 Hz in fase di analisi ("step#1 – optional"). E, ad ogni modo, risulta completamente inutile (dati gli scopi delle più comuni indagini geologiche/geofisiche) analizzare dati ad una frequenza di campionamento superiore ai 128Hz (anzi consigliamo di ri-campionare 64Hz - che consente comunque di vedere sino a 32Hz).

4.2 INVERSIONE CONGIUNTA Z+R+HVSr

Gli spettri di velocità di gruppo delle componenti Z e R (verticale e radiale) dell'onda di Rayleigh e l'HVSr sono state invertite congiuntamente secondo i criteri dell'ottimo paretiano (e.g. Dal Moro et al., 2019). Gli spettri di velocità (fig. 4) sono stati gestiti tramite approccio FVS (*Full Velocity Spectrum* – Dal Moro 2014; 2019) quindi senza alcun *picking*/interpretazione in termini di curve modali. La curva HVSr è stata modellata in accordo a Arai & Tokimastu (2004), quindi considerando anche l'apporto delle onde di Love presenti nel campo dei microtremori (fattore α - vedi Dal Moro, 2014; 2019).

Possiamo ora procedere con la modellazione diretta (congiunta Rayleigh + Love) ben considerando il problema delle anisotropie delle VS (argomento al momento purtroppo pochissimo noto ed esplorato nel mondo della ricerca).

Prima andremo a capire i dati utilizzando le curve di dispersione modale (opzione "Modal Disp Curves" nel menù pop-up sopra il pulsante di calcolo "calculate").

Quando ci saremmo orientati un po' passeremo alla modalità "Velocity Spectra" (con il quale andremo a plottare i picchi degli spettri di velocità del dato sintetico).

Da sottolineare il fatto che è anche possibile caricare la curva HVSr di campagna (pulsante "HV" nella barra degli strumenti). Attivando poi la modellazione HVSr (numero di modi maggiore di zero e/o HVSr da body waves) si modellerà quindi anche l'HVSr.

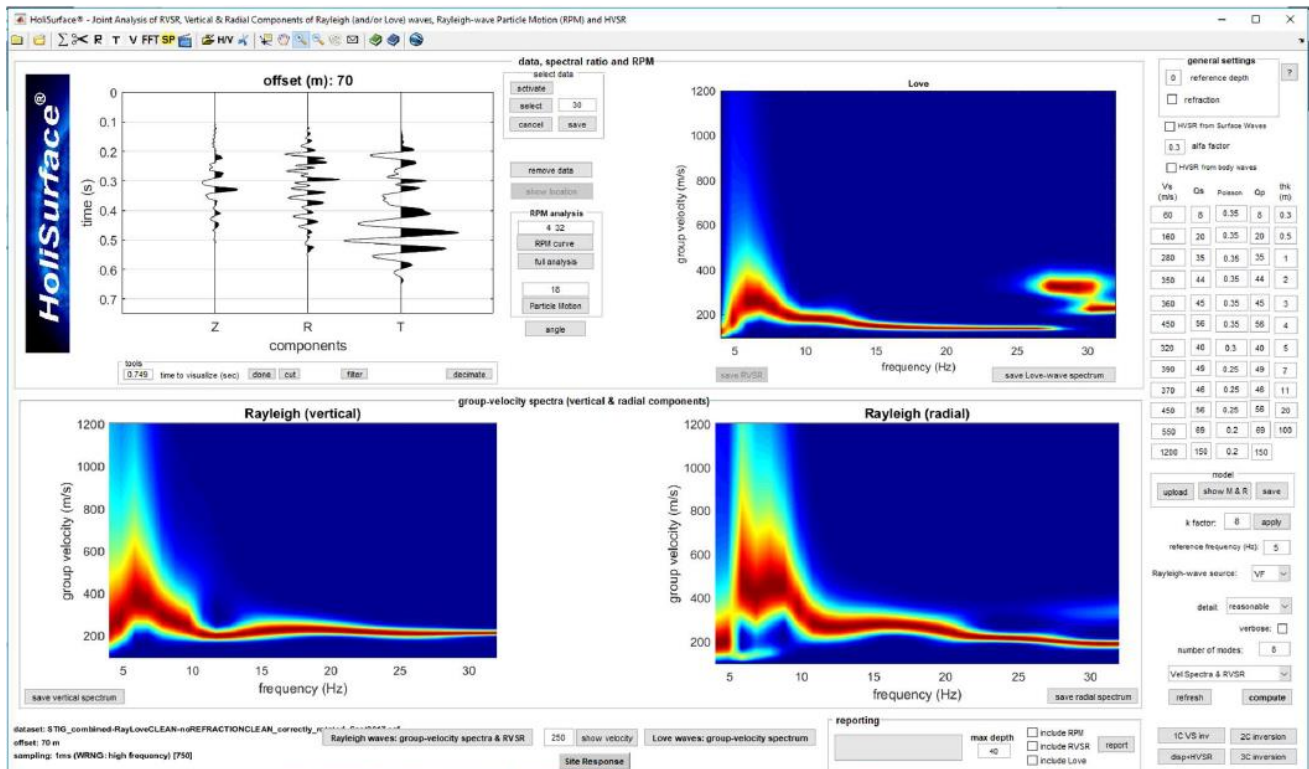


Fig. 4 – Modellazione diretta (congiunta Rayleigh + Love)

4.3 OUTPUT

Vi sono (almeno) 3 modi di procedere all'inversione automatica in HoliSurface®.

Come sempre, non vi è il modo corretto e solamente una buona conoscenza del metodo e delle problematiche consente di muoversi correttamente.

Fondamentalmente esistono 3 possibili inversioni (automatiche) (ma si ricordi che la modellazione diretta è sempre il modo migliore di procedere e comunque rappresenta sempre un passo fondamentale prima di accedere a qualsiasi tipo di inversione automatica).

Viste le modalità di acquisizione e la metodologia di elaborazione si utilizza solitamente il modulo *3c Inversion* (figura 5)

In questo modulo si invertono automaticamente in modo congiunto le componenti radiale e verticale delle onde di Rayleigh, congiuntamente con l'RVSR. Le raccomandazioni/cautele sono evidentemente le stesse di quelle del modulo "Joint Disp. - RVSR".

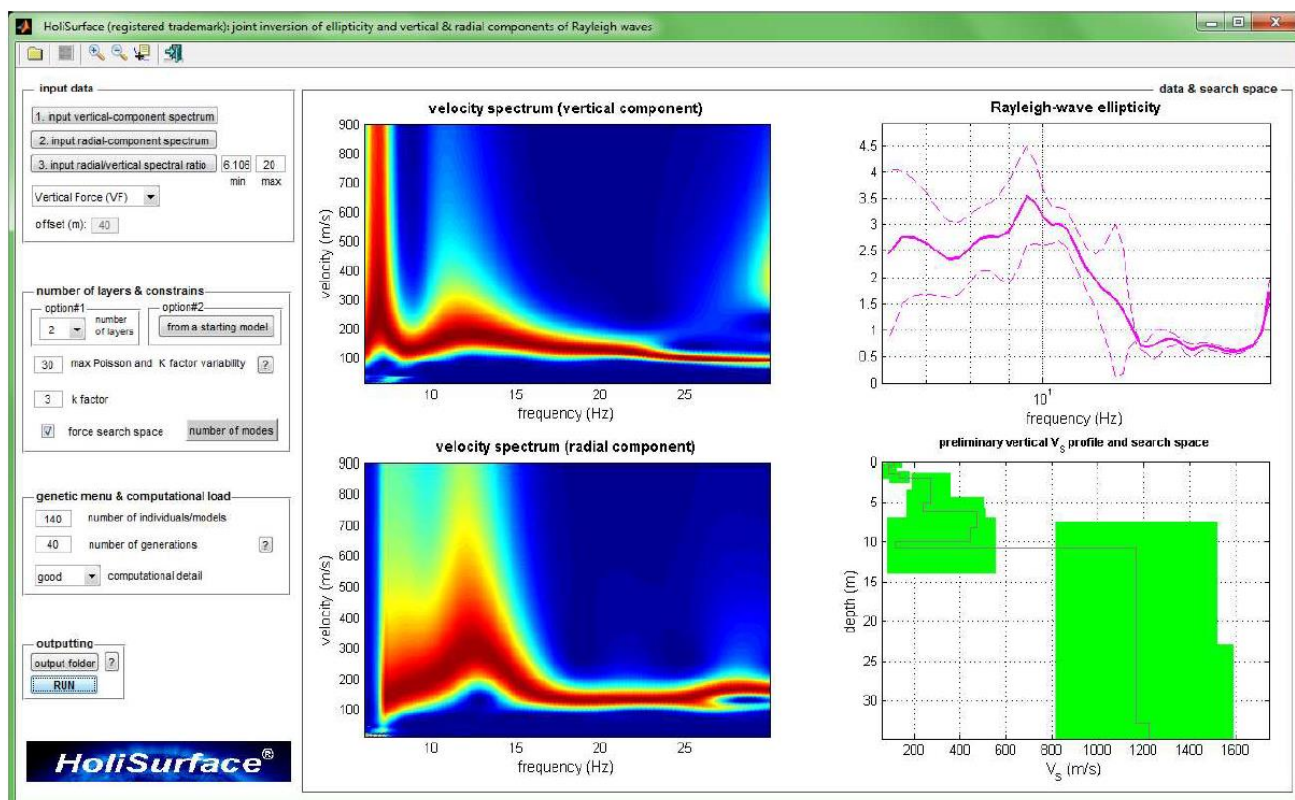


Fig. 5 – Schermata con i 3 “oggetti” considerati in questa inversione

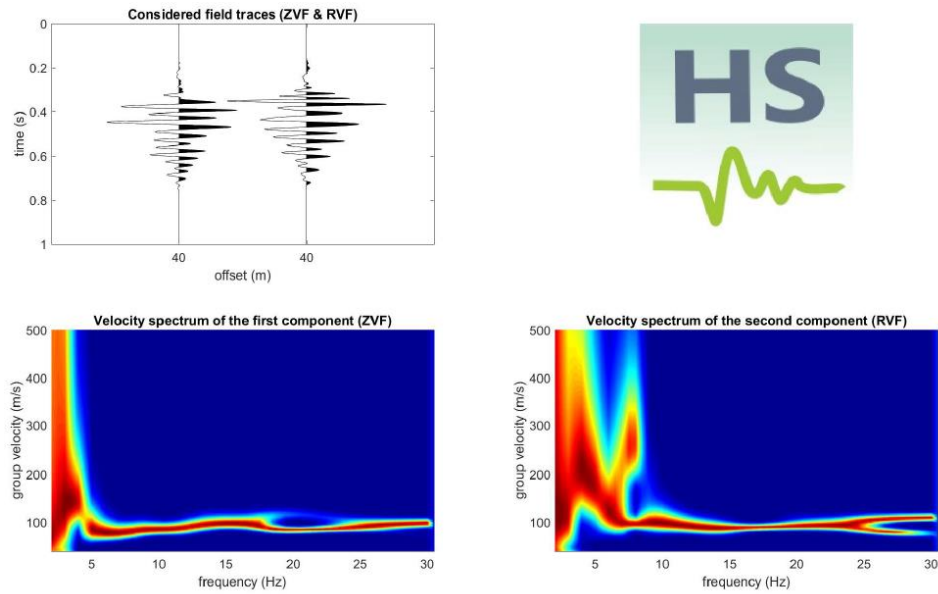


Fig. 6 – Riassunto dati considerati (componenti Z e R)

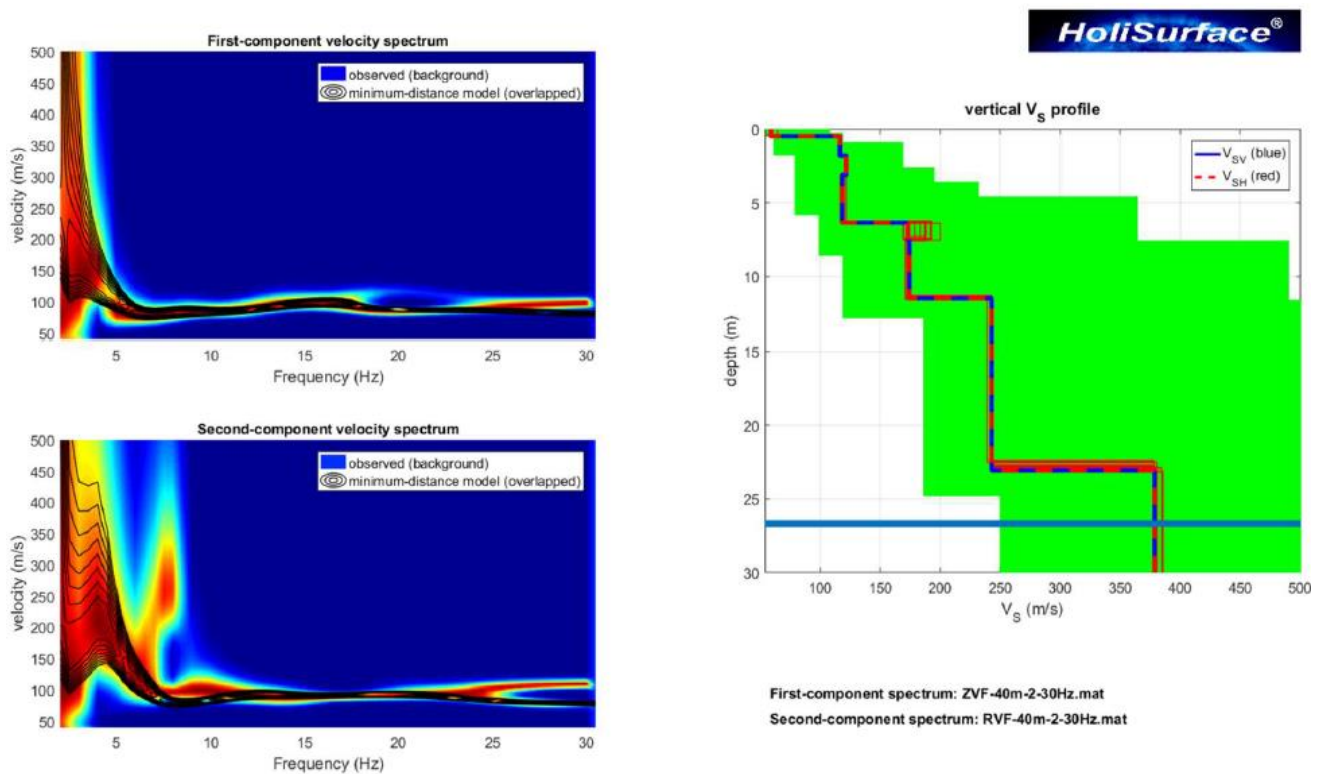


Fig. 7– Pannello principale che riassume i risultati

5. RISULTATI

Tab - MODELLO MEDIO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE DI TAGLIO HS 1		
<i>Strato</i>	<i>Spessore [m]</i>	<i>Vs [m/s]</i>
1	1.0	151
2	5.2	225
3	3.0	377
4	19.5	388
5	14.1	472
6	Inf	569

Tab - MODELLO MEDIO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE DI TAGLIO HS 2		
<i>Strato</i>	<i>Spessore [m]</i>	<i>Vs [m/s]</i>
1	1.0	162
2	5.5	204
3	3.3	376
4	19.4	416
5	14.8	447
6	Inf	568

Per il calcolo delle $V_{s,eq}$ si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 17.01.2018 (*“Aggiornamento delle 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 V_S non inferiore a 800 m/s.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente:

$$HS 1 \ V_{seq} = V_{s30} = 331 \text{ m/s}$$

$$HS 2 \ V_{seq} = V_{s30} = 331 \text{ m/s}$$

$$Media \ V_{seq} = V_{s30} = 331 \text{ m/s}$$

cui corrisponde la **categoria di sottosuolo di tipo C**

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

SONDAGGI MECCANICI

Caratteri principali della sonda utilizzata

La macchina utilizzata è una CMV 420 standardizzata munita di sistema di perforazione a rotazione ad aste e carotiere. Sono stati effettuati due sondaggi meccanici, denominati S1 e S2, che si sono spinti rispettivamente fino alla profondità di – 31 mt da P.C. (sondaggio S1) e – 10 mt da P.C. (sondaggio S2). Il sondaggio S1 è stato eseguito a carotaggio continuo fino alla profondità di – 7 mt da P.C. e quindi approfondito a distruzione di nucleo fino al raggiungimento della profondità di – 31 mt da P.C. Il sondaggio S2 è stato eseguito a carotaggio continuo.



Fig. 1 – Macchina utilizzata per l'esecuzione dei sondaggi meccanici.
Foto dell'esecuzione del sondaggio meccanico S1.



Fig. 2 – Macchina utilizzata per l'esecuzione dei sondaggi meccanici.
Foto dell'esecuzione del sondaggio meccanico S2.

Il diametro del carotiere impiegato è da 101 mm in quanto risulta essere il più compatibile con i diametri delle più usuali prove geotecniche in sito. L'uso della perforazione a rotazione con aste e carotiere è stata approntata seguendo le norme A.G.I. (1977).

Sondaggio S1



STRATIGRAFIA SONDAGGIO S1

0,00 – 1,50 mt Terreno vegetale e/o di riporto

1,50 – 7,00 mt Depositi vulcanici siltoso – sabbiosi alternati a livelli argillosi

7,00 – 10,00 mt Depositi piroclastici con livelli cineritici

10,00 – 31,00 mt Depositi piroclastici semilitoidi

I campioni carotati sono stati fotografati, identificati e classificati mediante osservazioni dirette. La stratigrafia è stata desunta dal cutting.

Committente		Cantiere	Indagine	Riferimento	Sondaggio	
Responsabile		COMUNE DI ARICCIA (RM)			S1	
GEOL. GALETTO DIEGO		Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Profondità Raggiunta	Quota Ass. P.C.	
Inizio Escavazione		CONTINUO a/o A DISTRUZIONE	CMV 420	- 31 mt DA P.C.		
		Terminio Escavazione	Certificato n°	Casse Catalogatrici	Note	
Quota (m)	Litologia	Descrizione	Quota	Fattori geotecnici	S.P.T.	
					Testa (kg/cm²)	Varco Test (kg/cm²)
					Campioni	Perforatore
					Stabilizzatore	Cura Catalog.
					Vallo	Uscita
1		TERRENO VEGETALE a/o DI RIFORTO	7.50			
2		DEPOSITI VULCANICI SUDICI - SASSOSI				
3		ALTERNATI A LIVELLI ARGILLOSI				
4						
5					SPT 1	
6					5.00 PC	
7		DEPOSITI PROCLASTICI CON LIVELLI	7.00		SPT 2	
8		CIAMERTICI			7.00 PC	
9						
10		DEPOSITI PROCLASTICI SEMILTOCI	7.00			
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31			5.00			











Sondaggio S2**STRATIGRAFIA SONDAGGIO S2**

0,00 – 1,40 mt Terreno vegetale e/o di riporto

1,40 – 7,20 mt Depositi vulcanici siltoso – sabbiosi alternati a livelli argillosi

7,20 – 10,00 mt Depositi piroclastici con livelli cineritici

I campioni carotati sono stati fotografati, identificati e classificati mediante osservazioni dirette. La stratigrafia è stata desunta dal cutting. Sul sondaggio è stato prelevato un campione di terreno in corrispondenza dell'intervallo di profondità 1.50 – 1.80 mt da P.C. che è stato inviato in laboratorio per l'esecuzione delle prove per la determinazione dei parametri geotecnici dei terreni.

Committente		Cantiere		Indagine		Riferimento		Sondaggio					
Responsabile		Tipo Carotaggio		Tipo Sonda		Profondità Raggiunta		Quota Ass. P.C.					
GEOL. GALETTO DIEGO		CONTINUO		CMV 420		- 10 mt DA P.C.							
Inizio Esecuzione		Termine Esecuzione		Certificato n°		Casse Catalogatrici		Note					
Scala [m]	Litologia	Descrizione	Quota	Parametri geotecnici	S.P.T.	Pocket [kg/cm²]	Vane Test [kg/cm²]	Campioni	Perforazione	Stabilizzazione	Cass.Catalog.	Falda	User1
1		TERRENO VEGETALE e/o DI RIPORTO	1.40										
2		DEPOSITI VULCANICI SILTOSO - SABBIOSI ALTERNATI A LIVELLI ARGILLOSI											
3													
4													
5													
6													
7			7.20										
8		DEPOSITI PIROCLASTICI CON LIVELLI CINERITICI											
9			10.00										

PROSPEZIONE SISMICA DOWNHOLE

1.PREMESSA

E' stata effettuata un'indagine sismica in foro (down hole) in un'area ricadente nel Comune di Ariccia (RM; fig. 1), al fine di classificare sismicamente il suolo e definire la velocità media delle onde S da 0m fino a 30 m o ad intercettazione bedrock sismico (fine misura 30 m dal p.c.).



Fig. 1 - Ubicazione della prospezione sismica down hole (in rosso) su ortofoto

2.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:

- 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 con una malta a ritiro controllato, generalmente composta di acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso.

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

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 (figura 3), r la distanza fra la sorgente e la tripletta di sensori, z la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti (t_{corr}) mediante la seguente formula di conversione:

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

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

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

1) coefficiente di Poisson medio:

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

2) modulo di deformazione a taglio medio:

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

3) modulo di Young medio:

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

3.STRUMENTAZIONE ADOTTATA

Per l'esecuzione del DH è stato utilizzato sistema sismico digitale multicanale (**SoilSpy Rosina**; fig. 2) composto da un cavo di trasmissione digitale dati lungo il quale sono disposti i moduli di amplificazione/digitalizzazione collegati ai sensori (comunemente geofoni). Il sistema si connette ad un PC portatile per l'impostazione dei parametri di acquisizione, per il salvataggio dei dati e la loro preanalisi.

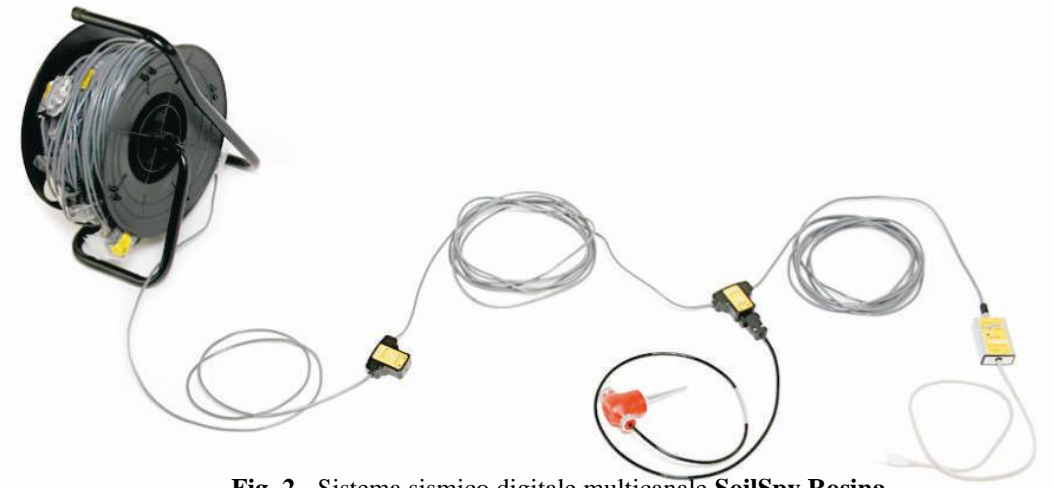


Fig. 2 - Sistema sismico digitale multicanale **SoilSpy Rosina**

Come trasduttore delle onde sismiche è stato impiegato il SENSORE SS-BH 5C (*Sara electronics instruments*) consistente in un geofono quinquassiale a 4,5 Hz, montato su un dispositivo stagno di calata e bloccaggio elettrico ed innestato su apposito cavo sismico (fig. 3).



Fig. 3 – Sensore sismico quinquassiale da foro SS-BH 5C

Il sistema di energizzazione è utilizzato è costituito da una massa battente (mazza dal peso di 8 kg) 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 2.9 metri di distanza dal bocca-foro (fig. 4).



Fig. 4 – Sistema di energizzazione delle onde di taglio

4.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 3 m dal p.c.

Quindi il geofono è stato bloccato alle pareti del foro e sono state eseguite 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 6 m dal p.c., le successive acquisizioni sono state eseguite con passo di tre metri (per un totale di 20 acquisizioni in onde S -destra e sinistra-, e 10 in onde P), fino ad arrivare a fondo foro (30 m dal p.c.; fig. 5).

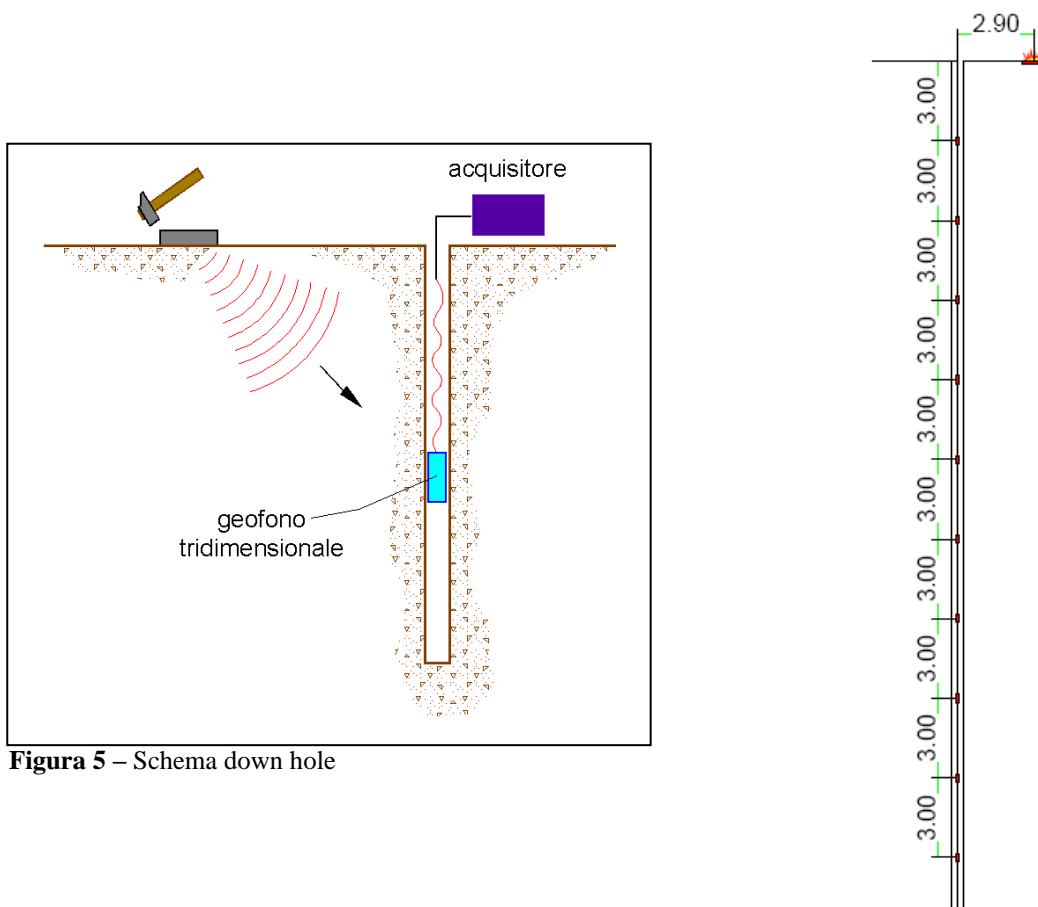


Figura 5 – Schema down hole

L'acquisizione dei dati è stata effettuata mediante il software SoilSpy Rosina 3.16 della Micromed S.p.A. che è lo strumento che permette di impostare i parametri di acquisizione, di visualizzare i tracciati e di effettuarne una prima analisi.

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

Durata totale di acquisizione del segnale = 1 sec

Settaggio Gain = 0.5 μ V/digit

Frequenza di campionamento = 2000 Hz

5.INTERPRETAZIONE DELLE MISURE

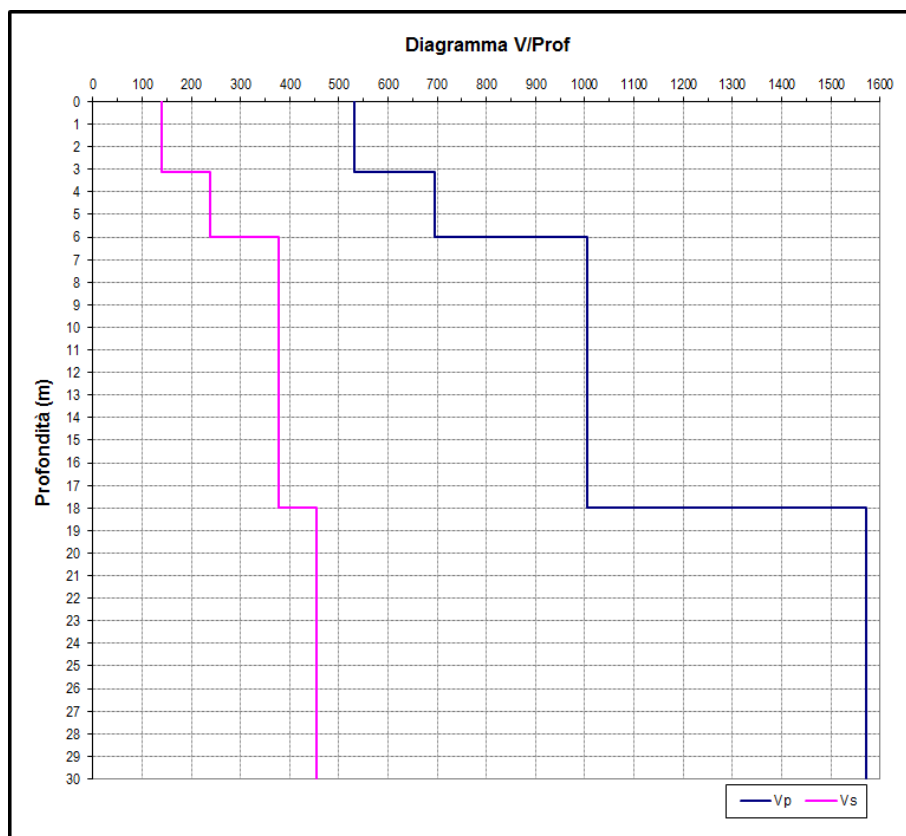
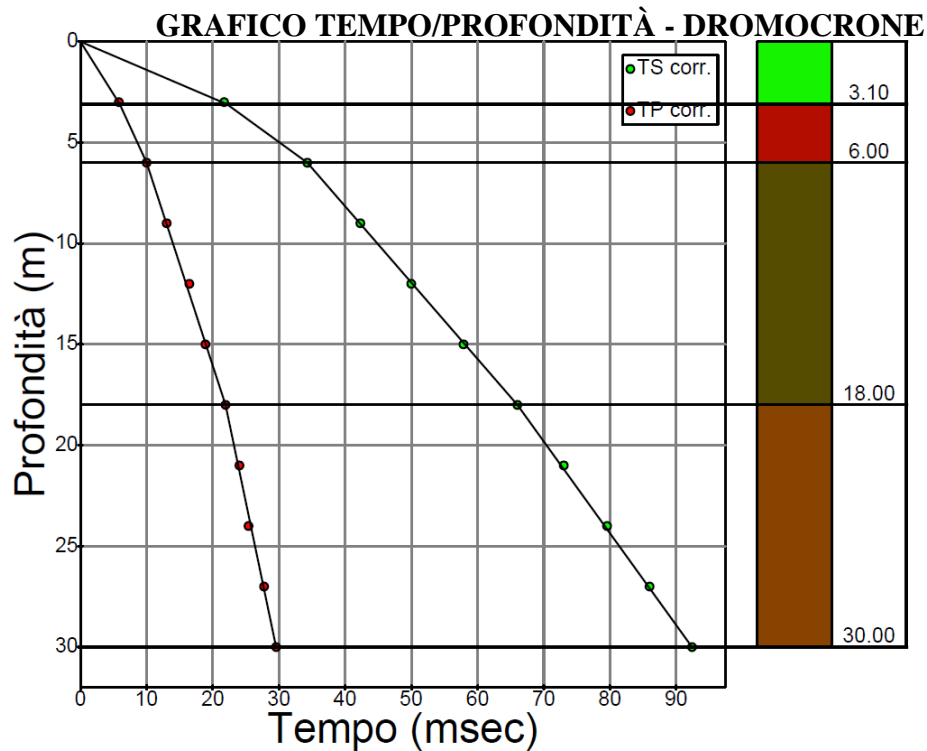
Le singole registrazioni sismiche sono state scelte ed unite in tre sismogrammi (Ssx - Sdx - P) contenenti ognuno le registrazioni relative alla stessa modalità di acquisizione (Ssx = Vs sinistra; Sdx = Vs destra; P = Vp.).

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 e 2).

TABELLA 1 - DATI SPERIMENTALI				Distanza dell'energizzazione dal sondaggio (m): 2		
Registrazione	Profondità	Distanza dalla sorgente	Tempi di arrivo P	Tempi di arrivo P corretti	Tempi di arrivo Smed	Tempi di arrivo S corretti
Nr.	(m)	(m)	(msec)	(msec)	(msec)	(msec)
1	3	3.6056	6.98	5.8077	26.09	21.7082
2	6	6.3246	10.54	9.9991	36.13	34.2759
3	9	9.2195	13.34	13.0223	43.32	42.2884
4	12	12.1655	16.68	16.4531	50.67	49.9806
5	15	15.1328	19.05	18.8829	58.38	57.8679
6	18	18.1108	22.06	21.9251	66.42	66.0138
7	21	21.095	24.13	24.0213	73.35	73.0196
8	24	24.0832	25.48	25.392	79.83	79.5543
9	27	27.074	27.82	27.744	86.22	85.9844
10	30	30.0666	29.63	29.5644	92.6	92.3949

TABELLA 2 - RISULTATI					
Profondità	Vp medio	Vs medio	Poisson medio	Modulo di taglio medio	Young medio
(m)	(m/s)	(m/s)		(MPa)	(MPa)
3.1	532	140	0.46	35	102
6	695	239	0.43	114	327
18	1006	378	0.42	293	832
30	1573	455	0.45	438	1275
Vs(0-30)=325 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_{s30} , 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 delle 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 V_S non inferiore a 800 m/s.

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

$$V_{s(0.0-30.0)} = 325 \text{ m/s}$$

cui corrisponde la **categoria di sottosuolo di tipo C**

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

ANALISI NUMERICA DI RISPOSTA SISMICA LOCALE MONODIMENSIONALE**INTRODUZIONE****PROCEDURA DI CALCOLO**

La procedura di calcolo adoperata da RSL per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, od uno spettro di risposta in accelerazione, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
 - 2.1. Stima della funzione di trasferimento;
 - 2.2. Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
 - 2.3. Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;

Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;
3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile "trasferire" l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M - 1}{10}$$

dove M rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da N strati orizzontali di cui l' N -esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come

ipotesi che ciascuno strato si comporti come un solido di Kelvin-Voigt $\left[\tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z,t)}{\partial z \partial t} \right]$, la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove: u rappresenta lo spostamento; t il tempo; ρ la densità; G il modulo di deformazione al taglio; η la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z, t) = U(z) e^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone

$$(G + i\omega\eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (3)$$

dove ω rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto $G^* = G + i\omega\eta$, ovvero il modulo di deformazione al taglio *complesso*. Questo può essere ulteriormente riscritto come

$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

$$\eta = \frac{2G}{\omega} \xi \quad (6)$$

dove ξ rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, e fatta convenzione che l'apice * indica la natura complessa delle variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z, t) = E e^{i(\omega t + k^* z)} + F e^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$

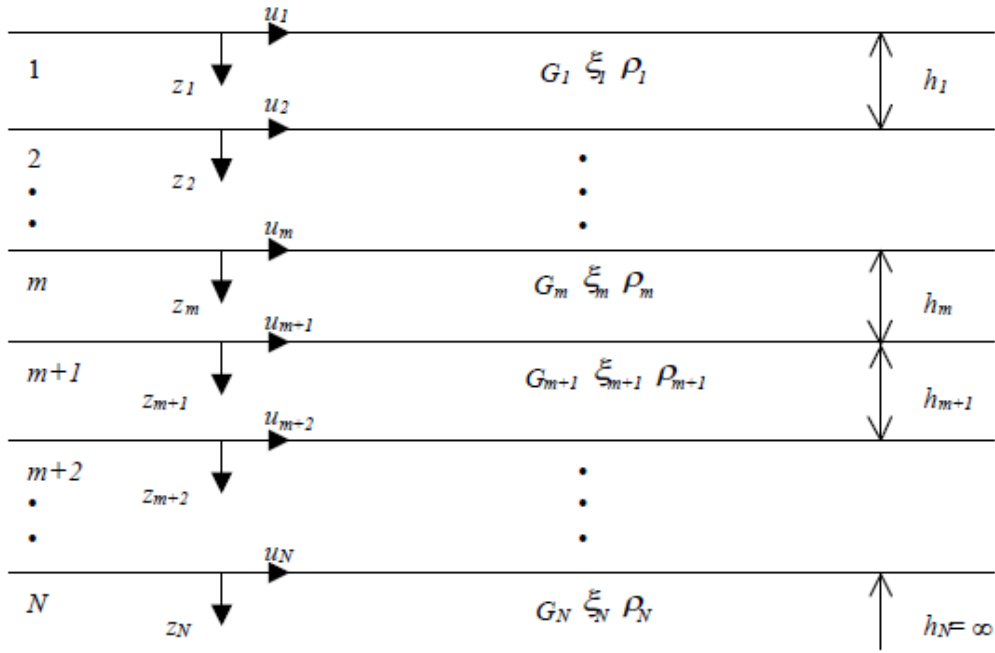


Figura 1: Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto ($-z$) e verso il basso ($+z$), mentre k^* rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \quad (8)$$

Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z, t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* \left[E e^{i(\omega t + k^* z)} + F e^{i(\omega t - k^* z)} \right] e^{i\omega t} \quad (9)$$

Per il generico strato m di spessore h_m gli spostamenti, rispettivamente in sommità ($z = 0$) ed al fondo ($z = h_m$), sono:

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m, t) = (E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m}) e^{i\omega t} \quad (11)$$

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell' m -esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0, t) = ik_m^* G_m^* [E_m - F_m] e^{i\omega t} \quad (14)$$

$$\tau_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* [E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}] e^{i\omega t} \quad (15)$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

$$\tau_m(z = h_m, t) = \tau_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

Ovvero

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} (E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}) \quad (17)$$

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

dove α_m^* rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati m ed $m+1$, ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^* = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} \quad (20)$$

Poiché in superficie il taglio è nullo,

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i\omega t} = 0$$

si deduce che $E_I = F_I$.

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad m . La funzione di trasferimento A_{mn} che lega gli spostamenti in sommità degli strati m ed n è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

A_{mn} rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti m e n .

In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$\dot{u}(z, t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i\omega u(z, t) \quad \ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t) \quad (22)$$

La funzione di trasferimento A_{mn} può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati n ed m :

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità z e al tempo t dalla relazione:

$$\gamma(z, t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* (E e^{ik^+ z} - F e^{-ik^+ z}) e^{i\omega t} \quad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z, t) = G^* \gamma(z, t) \quad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di Figura 2 in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

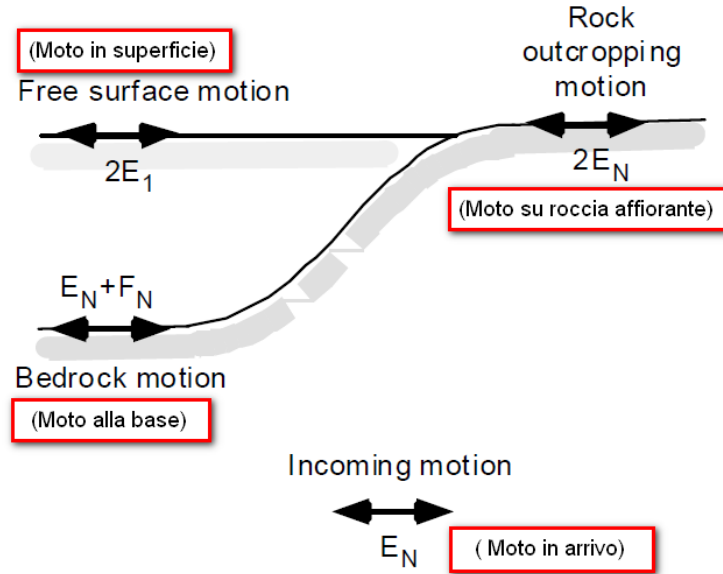


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad E_N ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a $E_N + F_N$. Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ($E_N = F_N$), il moto avrà ampiezza pari a $2E_N$. La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{NN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \quad (26)$$

A è non lineare poiché G è funzione di γ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di γ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo G così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per $G(\gamma)$ adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, Pl) (\sigma'_m)^{m(\gamma, Pl) - m_0} \quad (24)$$

$$K(\gamma, Pl) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000102 + n(Pl)}{\gamma} \right)^{0.492} \right] \right\} \quad (25)$$

$$m(\gamma, Pl) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145 Pl^{1.3}) \quad (26)$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \quad (27)$$

dove G_{max} è dato dalla relazione

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (28)$$

dove ρ è la densità del terreno e V_s la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di G per la prima iterazione.

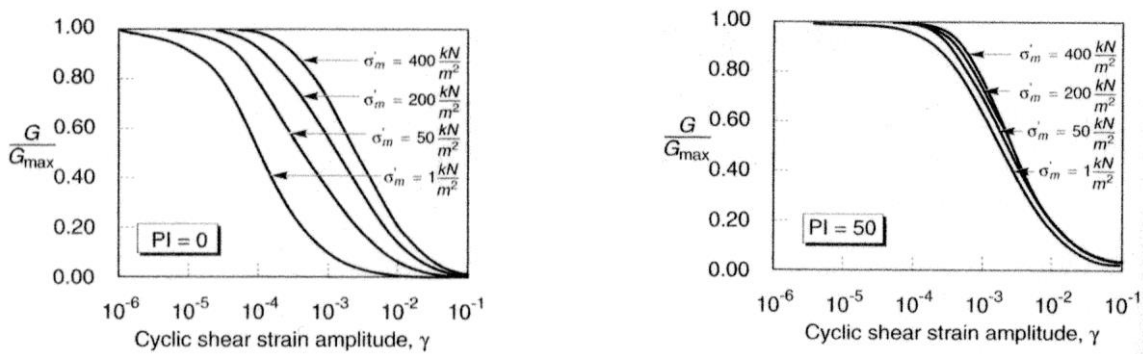


Figura 2: Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso ξ , in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.5})}{2} \left[0.586 \left(\frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche ξ deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.

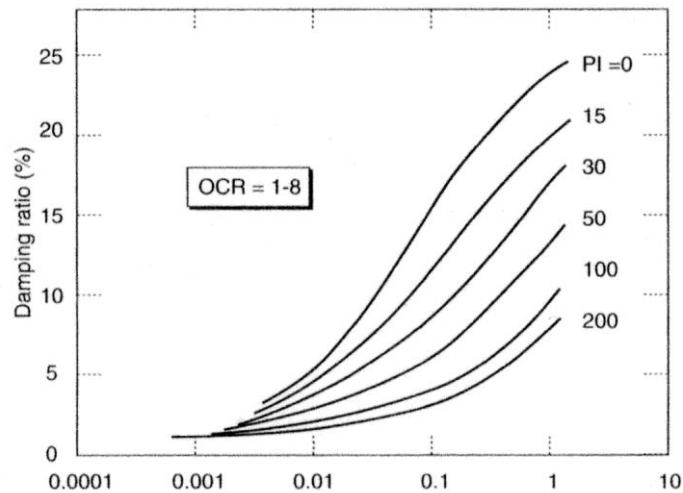


Figura 3: Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

Dati generali

Data della prova d.C./06/2024
 Via via Casaleto, Ariccia (RM)
 Latitudine 41.71905[°]
 Longitudine 12.662962[°]
 Vn 50
 c.u. 2
 Cat. Sottosuolo C

Input sismico

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	60	0.079	2.374	0.266
Danno (SLD)	101	0.098	2.448	0.267
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.208	2.545	0.280
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.254	2.509	0.289
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

Valori dei parametri a_g , Fo, T_c^* per i periodi di ritorno TR 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 . In particolare, bisognerà conoscere per il sito in esame i 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.

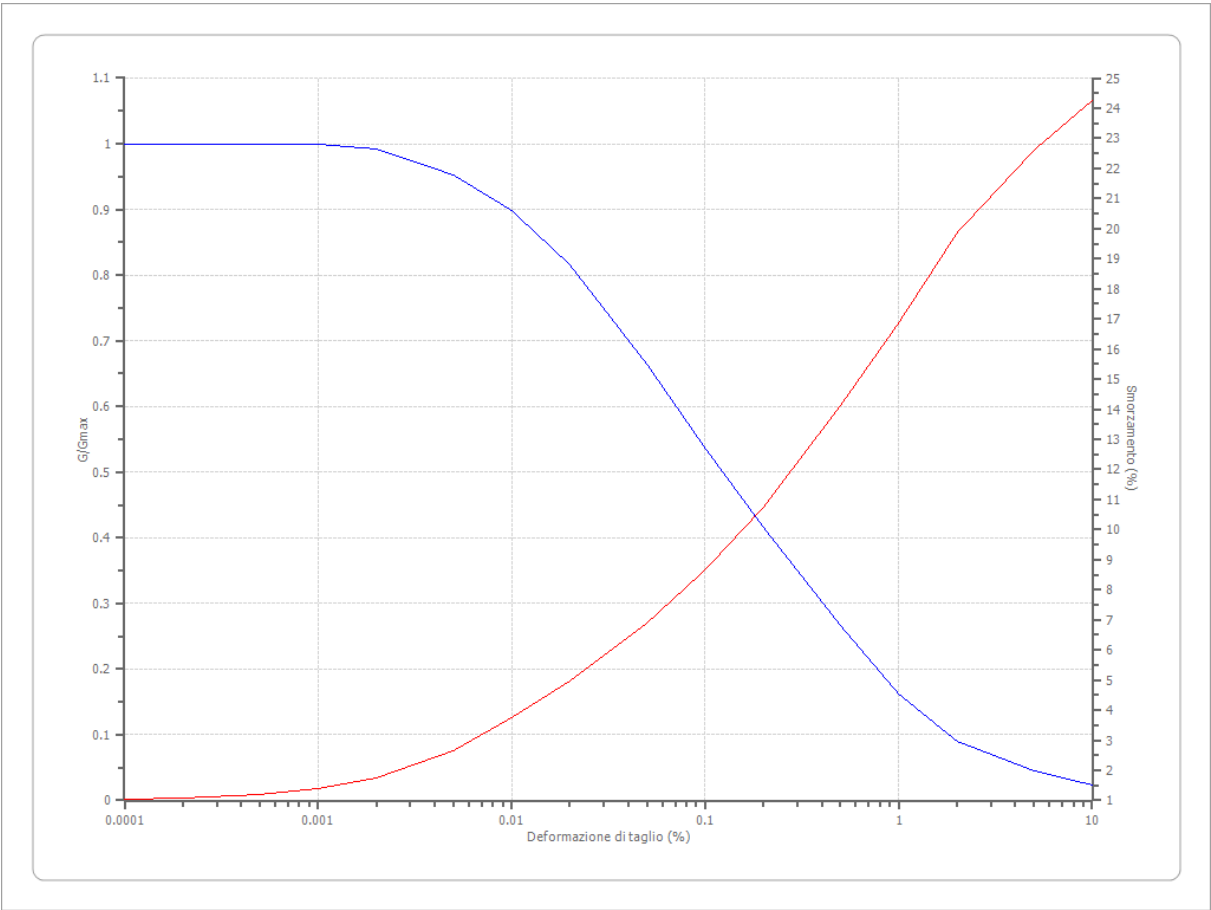
Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 41.732 lon. 12.686 - id 29181)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5- 4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0- 5.5	5.5- 6.0	6.0- 6.5	6.5- 7.0	7.0- 7.5	7.5- 8.0	8.0- 8.5	8.5- 9.0
0-10	0.0000	30.8000	44.6000	9.1100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	3.2000	8.6100	2.9300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.1470	0.2040	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0048	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.0306	0.0422	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0536	0.1020	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0215	0.0772	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.0437	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0194	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0052	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.67	6.31	1.1

Terreni

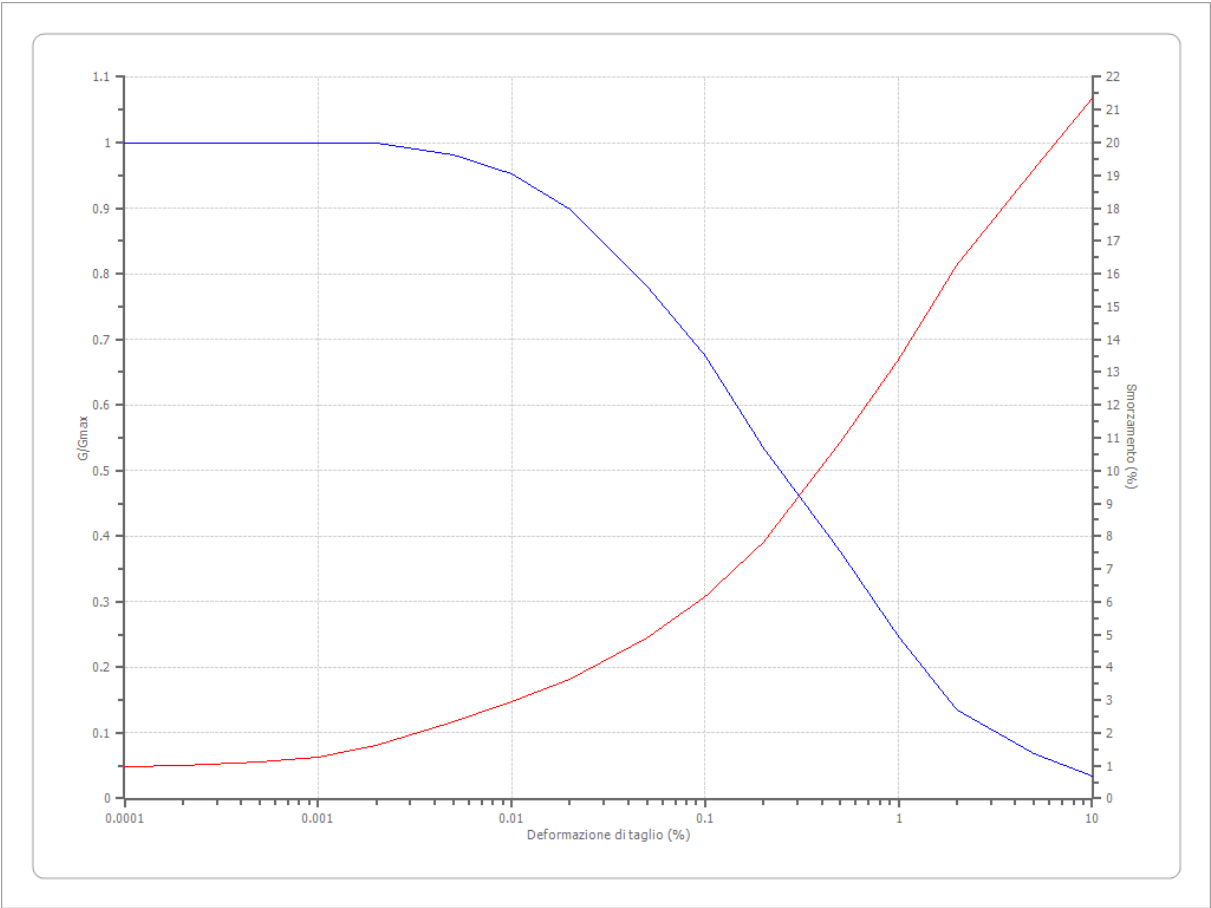
Vucetic & Dorby (1991) PI=30

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	1.030
0.0002	1.000	0.0002	1.080
0.0005	1.000	0.0005	1.194
0.001	1.000	0.001	1.412
0.002	0.992	0.002	1.744
0.005	0.953	0.005	2.658
0.010	0.898	0.010	3.738
0.020	0.816	0.020	4.983
0.050	0.664	0.050	6.894
0.100	0.537	0.100	8.640
0.200	0.416	0.200	10.760
0.500	0.266	0.500	14.120
1.000	0.162	1.000	16.860
2.000	0.090	2.000	19.850
5.000	0.045	5.000	22.590
10.000	0.023	10.000	24.250



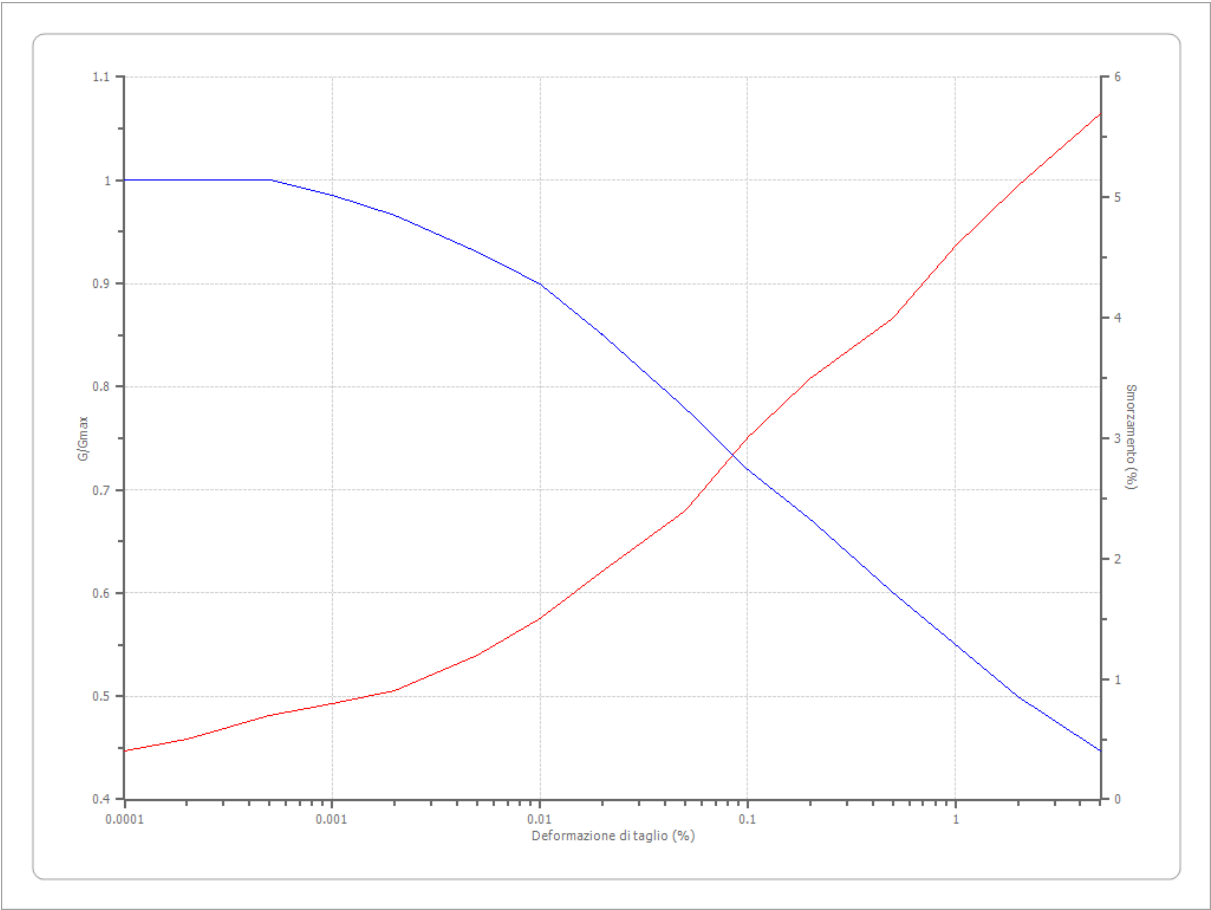
Vucetic & Dorby (1991) PI=50

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.964
0.0002	1.000	0.0002	0.997
0.0005	1.000	0.0005	1.100
0.001	1.000	0.001	1.274
0.002	1.000	0.002	1.620
0.005	0.982	0.005	2.326
0.010	0.953	0.010	2.949
0.020	0.898	0.020	3.654
0.050	0.781	0.050	4.900
0.100	0.676	0.100	6.146
0.200	0.535	0.200	7.807
0.500	0.377	0.500	10.880
1.000	0.246	1.000	13.410
2.000	0.135	2.000	16.280
5.000	0.068	5.000	19.190
10.000	0.034	10.000	21.350



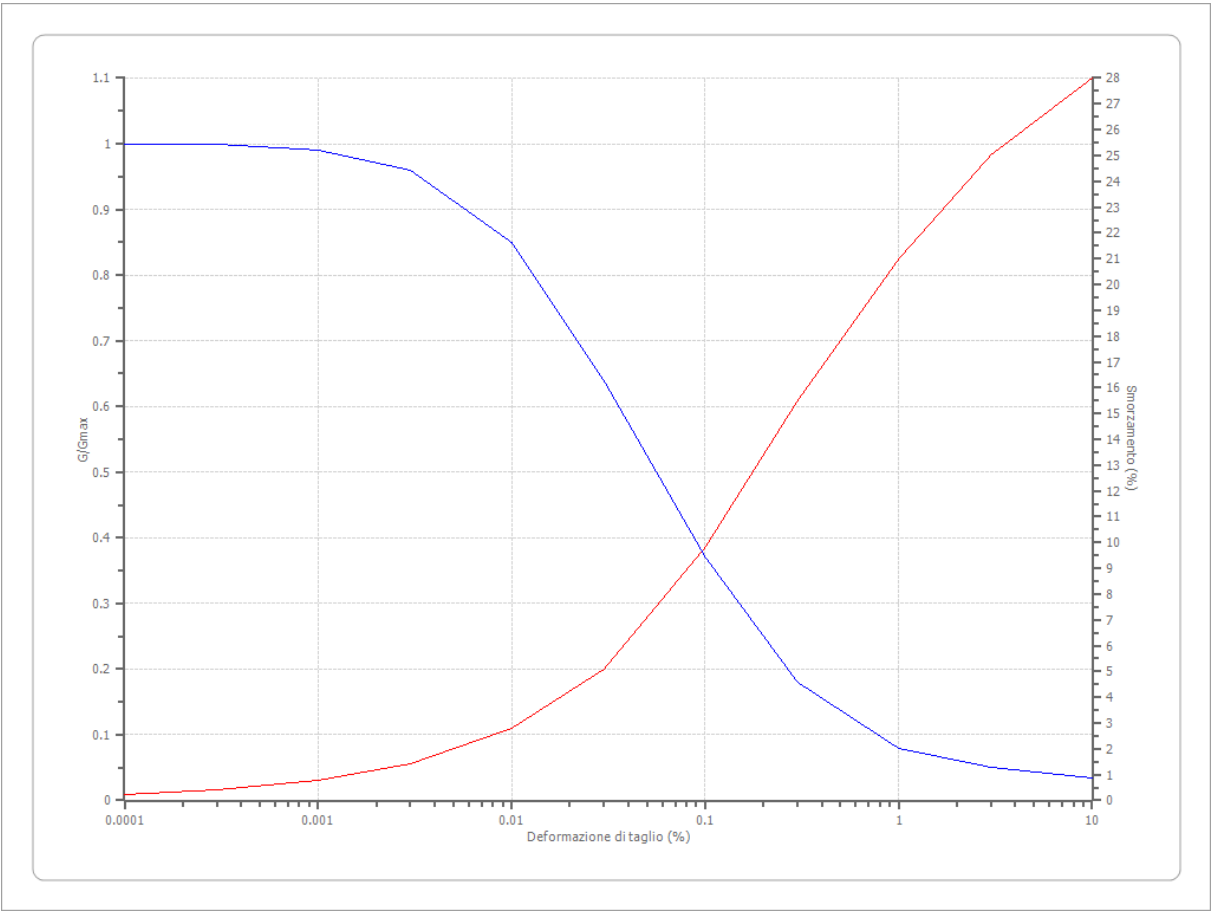
Idriss (1990) Rock

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.400
0.0002	1.000	0.0002	0.500
0.0005	1.000	0.0005	0.700
0.001	0.986	0.001	0.800
0.002	0.966	0.002	0.900
0.005	0.931	0.005	1.200
0.010	0.900	0.010	1.500
0.020	0.850	0.020	1.900
0.050	0.779	0.050	2.400
0.100	0.720	0.100	3.000
0.200	0.671	0.200	3.500
0.500	0.600	0.500	4.000
1.000	0.550	1.000	4.600
2.000	0.500	2.000	5.100
5.000	0.447	5.000	5.700



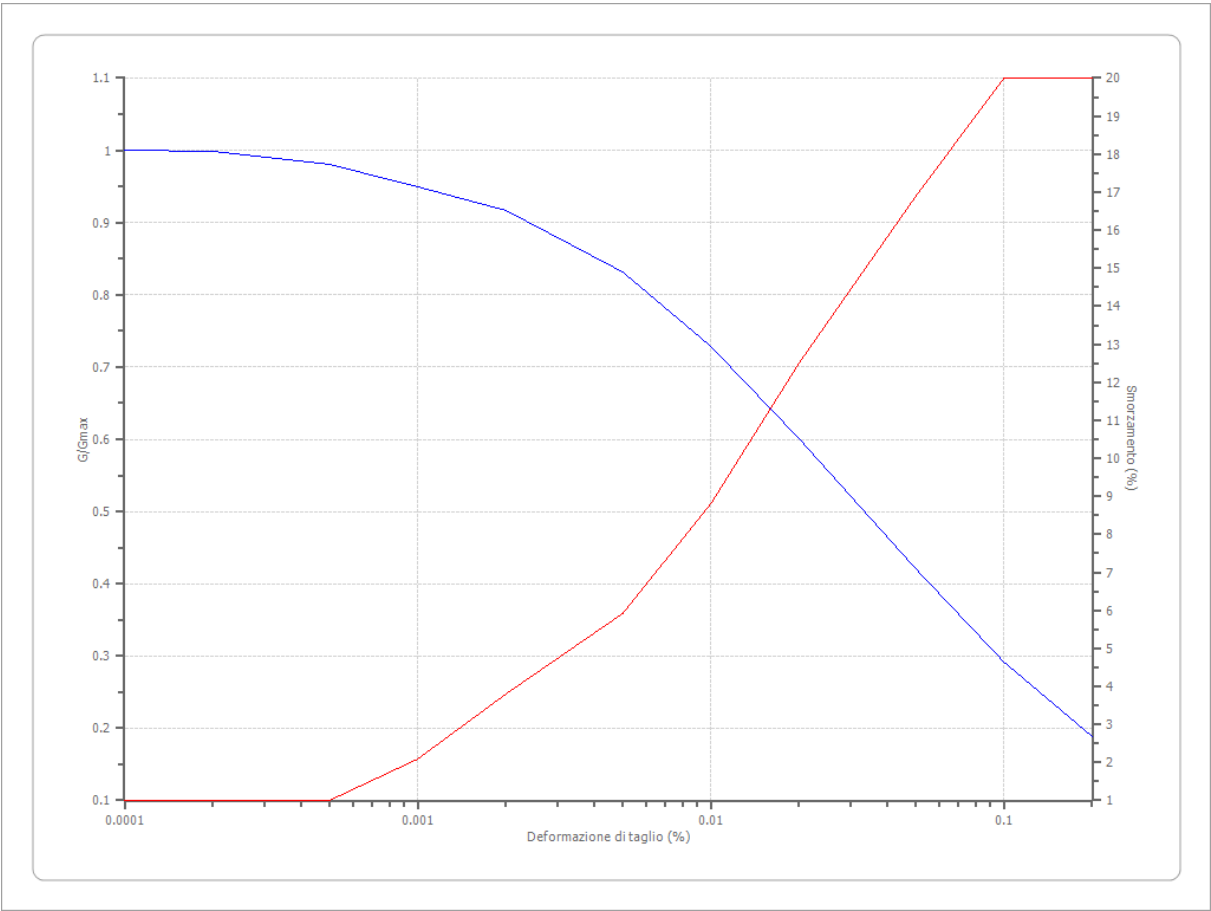
Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	0.990	0.001	0.800
0.003	0.960	0.003	1.400
0.010	0.850	0.010	2.800
0.030	0.640	0.030	5.100
0.100	0.370	0.100	9.800
0.300	0.180	0.300	15.500
1.000	0.080	1.000	21.000
3.000	0.050	3.000	25.000
10.000	0.035	10.000	28.000



Regione Lazio, Sabbie alluvionali

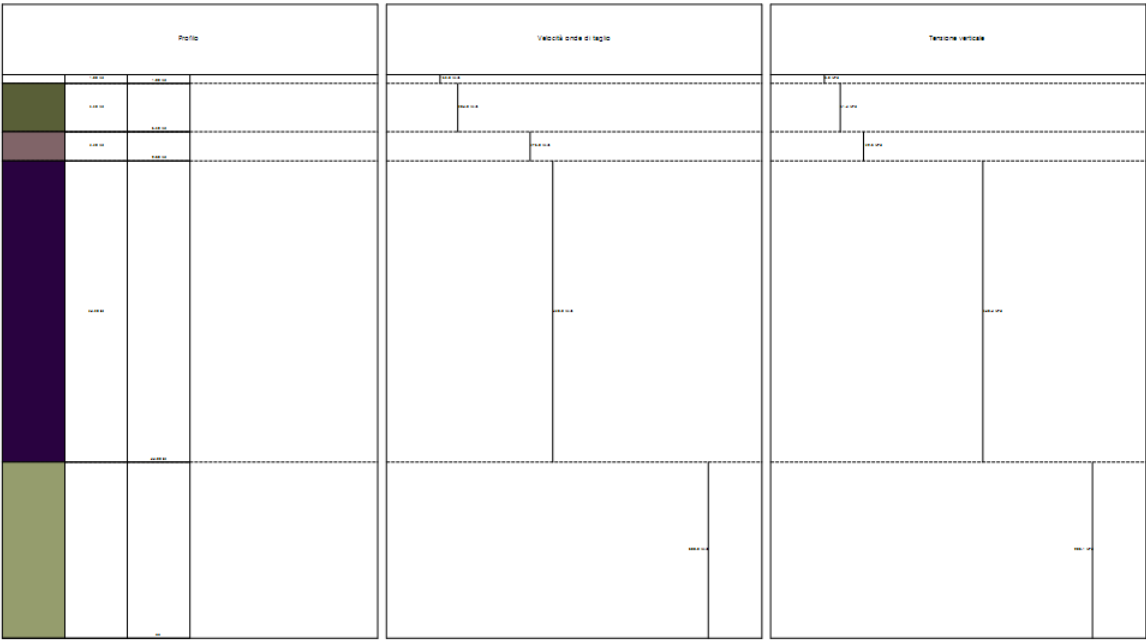
Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	1.000
0.0002	0.998	0.0002	1.000
0.0005	0.980	0.0005	1.000
0.001	0.949	0.001	2.100
0.002	0.917	0.002	3.800
0.005	0.832	0.005	5.900
0.010	0.729	0.010	8.800
0.020	0.600	0.020	12.500
0.050	0.421	0.050	16.900
0.100	0.291	0.100	20.000
0.200	0.188	0.200	20.000



Stratigrafia

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Numero sottostrati	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1		--	1.0	Regione Lazio, Sabbie alluvionali	0	42.80	--	16.0	162.0	8.0
2		1.0	5.5	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	0	70.00	--	16.5	204.0	61.4
3		6.5	3.3	Vucetic & Dorby (1991) PI=30	0	288.23	--	20.0	376.0	139.8
4		9.8	34.2	Vucetic & Dorby (1991) PI=50	0	405.23	--	21.5	430.0	540.4
5		oo	--	Idriss (1990) Rock	0	1435.27	--	22.0	800.0	908.1

Strato rilevamento accelerogramma: 5 Affiorante



Elaborazione SLV

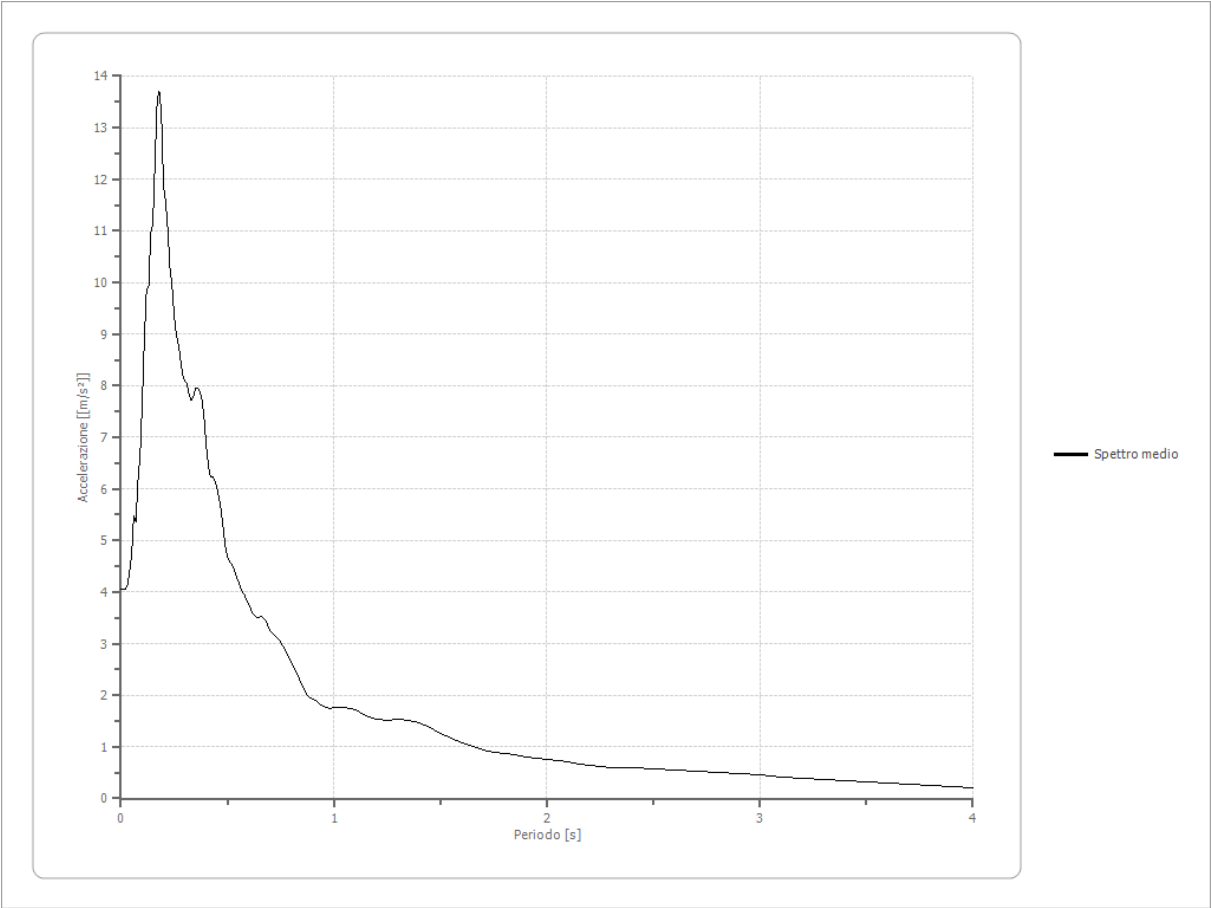
Numero di iterazioni	50	
Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima	0.5	
Tipo di modulo elastico	Shake	
Massimo errore percentuale di convergenza	--	

Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.180 [s]
Tvi	1.400 [s]
Tao	0.180 [s]
Tvo	0.380 [s]
Sami	5.082 [m/s ²]
Svmi	0.295 [m/s]
Samo	10.672 [m/s ²]
Svmo	0.454 [m/s]
Fa	2.100 [-]
Fv	1.537 [-]
TB	0.156 [s]
TC	0.218 [s]
TD	2.432 [s]
SA(0)	5.381 [m/s ²]
SA(TB)	13.696 [m/s ²]

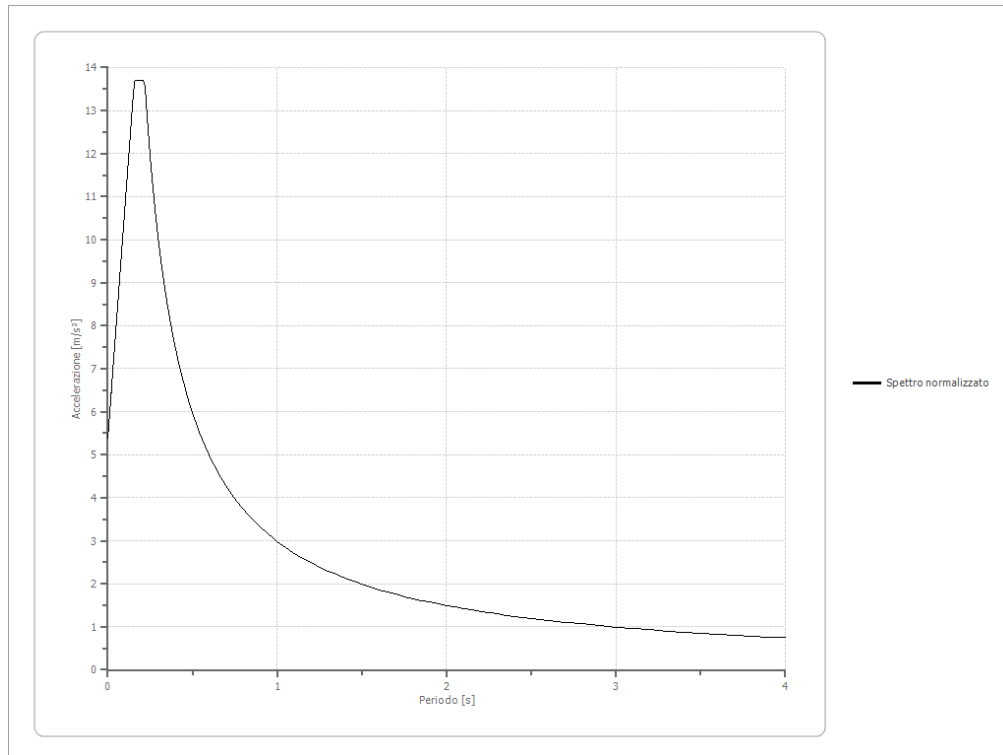
Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]
0.00	4.0523	0.26	8.9862	0.52	4.5319	0.98	1.7464	2.25	0.6179
0.01	4.0528	0.27	8.8010	0.53	4.4354	1.00	1.7610	2.30	0.6026
0.02	4.0525	0.28	8.5069	0.54	4.3293	1.05	1.7621	2.35	0.5929
0.03	4.1233	0.29	8.2129	0.55	4.2156	1.10	1.7121	2.40	0.5868
0.04	4.3809	0.30	8.0897	0.56	4.0982	1.15	1.6000	2.50	0.5726
0.05	4.7201	0.31	8.0377	0.57	4.0131	1.20	1.5330	2.60	0.5494
0.06	5.4697	0.32	7.8214	0.58	3.9410	1.25	1.5216	2.70	0.5251
0.07	5.3526	0.33	7.7297	0.60	3.7568	1.30	1.5448	2.80	0.4968
0.08	6.1681	0.34	7.7908	0.62	3.5652	1.35	1.5120	2.90	0.4750
0.09	6.6505	0.35	7.9420	0.64	3.5101	1.40	1.4586	3.00	0.4473
0.10	7.6940	0.36	7.9612	0.66	3.5262	1.45	1.3705	3.10	0.4141
0.11	8.9224	0.37	7.8880	0.68	3.4271	1.50	1.2569	3.20	0.3893
0.12	9.8848	0.38	7.7435	0.70	3.2574	1.55	1.1598	3.30	0.3634
0.13	9.9073	0.39	7.3971	0.72	3.1532	1.60	1.0738	3.40	0.3380
0.14	10.9792	0.40	6.8413	0.74	3.0945	1.65	1.0046	3.50	0.3125
0.15	11.1317	0.41	6.4621	0.76	2.9652	1.70	0.9464	3.60	0.2887
0.16	12.3740	0.42	6.2386	0.78	2.7937	1.75	0.9022	3.70	0.2647
0.17	13.5419	0.43	6.2394	0.80	2.6398	1.80	0.8670	3.80	0.2437
0.18	13.6955	0.44	6.1716	0.82	2.4639	1.85	0.8402	3.90	0.2241
0.19	13.2701	0.45	6.0285	0.84	2.2857	1.90	0.8102	4.00	0.2049
0.20	11.8441	0.46	5.8480	0.86	2.1055	1.95	0.7760		
0.21	11.5770	0.47	5.5966	0.88	1.9641	2.00	0.7531		
0.22	11.0173	0.48	5.2411	0.90	1.9143	2.05	0.7266		
0.23	10.2827	0.49	4.8913	0.92	1.8741	2.10	0.6996		
0.24	9.9112	0.50	4.6875	0.94	1.8125	2.15	0.6689		
0.25	9.3627	0.51	4.5921	0.96	1.7583	2.20	0.6403		

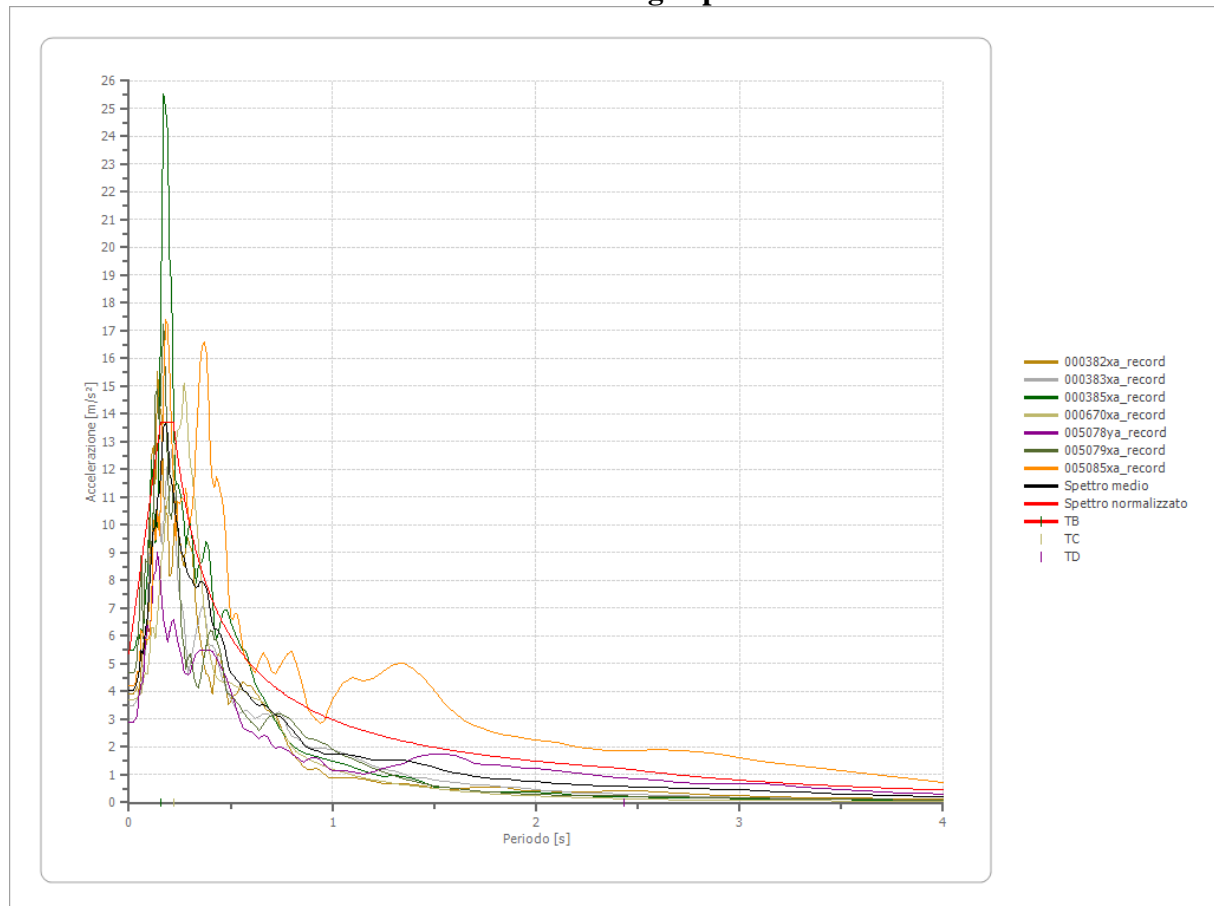


Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]
0.00	5.3813	0.26	11.4832	0.52	5.7416	0.98	3.0465	2.25	1.3269
0.01	5.9143	0.27	11.0578	0.53	5.6332	1.00	2.9856	2.30	1.2981
0.02	6.4473	0.28	10.6629	0.54	5.5289	1.05	2.8434	2.35	1.2705
0.03	6.9802	0.29	10.2952	0.55	5.4284	1.10	2.7142	2.40	1.2440
0.04	7.5132	0.30	9.9521	0.56	5.3315	1.15	2.5962	2.50	1.1942
0.05	8.0461	0.31	9.6310	0.57	5.2379	1.20	2.4880	2.60	1.1483
0.06	8.5791	0.32	9.3301	0.58	5.1476	1.25	2.3885	2.70	1.1058
0.07	9.1120	0.33	9.0473	0.60	4.9760	1.30	2.2966	2.80	1.0663
0.08	9.6450	0.34	8.7812	0.62	4.8155	1.35	2.2116	2.90	1.0295
0.09	10.1780	0.35	8.5303	0.64	4.6650	1.40	2.1326	3.00	0.9952
0.10	10.7109	0.36	8.2934	0.66	4.5237	1.45	2.0590	3.10	0.9631
0.11	11.2439	0.37	8.0692	0.68	4.3906	1.50	1.9904	3.20	0.9330
0.12	11.7768	0.38	7.8569	0.70	4.2652	1.55	1.9262	3.30	0.9047
0.13	12.3098	0.39	7.6554	0.72	4.1467	1.60	1.8660	3.40	0.8781
0.14	12.8428	0.40	7.4640	0.74	4.0346	1.65	1.8095	3.50	0.8530
0.15	13.3757	0.41	7.2820	0.76	3.9284	1.70	1.7562	3.60	0.8293
0.16	13.9086	0.42	7.1086	0.78	3.8277	1.75	1.7061	3.70	0.8069
0.17	14.4415	0.43	6.9433	0.80	3.7320	1.80	1.6587	3.80	0.7857
0.18	14.9744	0.44	6.7855	0.82	3.6410	1.85	1.6138	3.90	0.7655
0.19	15.5073	0.45	6.6347	0.84	3.5543	1.90	1.5714	4.00	0.7464
0.20	16.0402	0.46	6.4905	0.86	3.4716	1.95	1.5311		
0.21	16.5731	0.47	6.3524	0.88	3.3927	2.00	1.4928		
0.22	17.1060	0.48	6.2200	0.90	3.3174	2.05	1.4564		
0.23	17.6389	0.49	6.0931	0.92	3.2452	2.10	1.4217		
0.24	18.1718	0.50	5.9712	0.94	3.1762	2.15	1.3887		
0.25	18.7047	0.51	5.8542	0.96	3.1100	2.20	1.3571		

**Parametri spettro normalizzato**

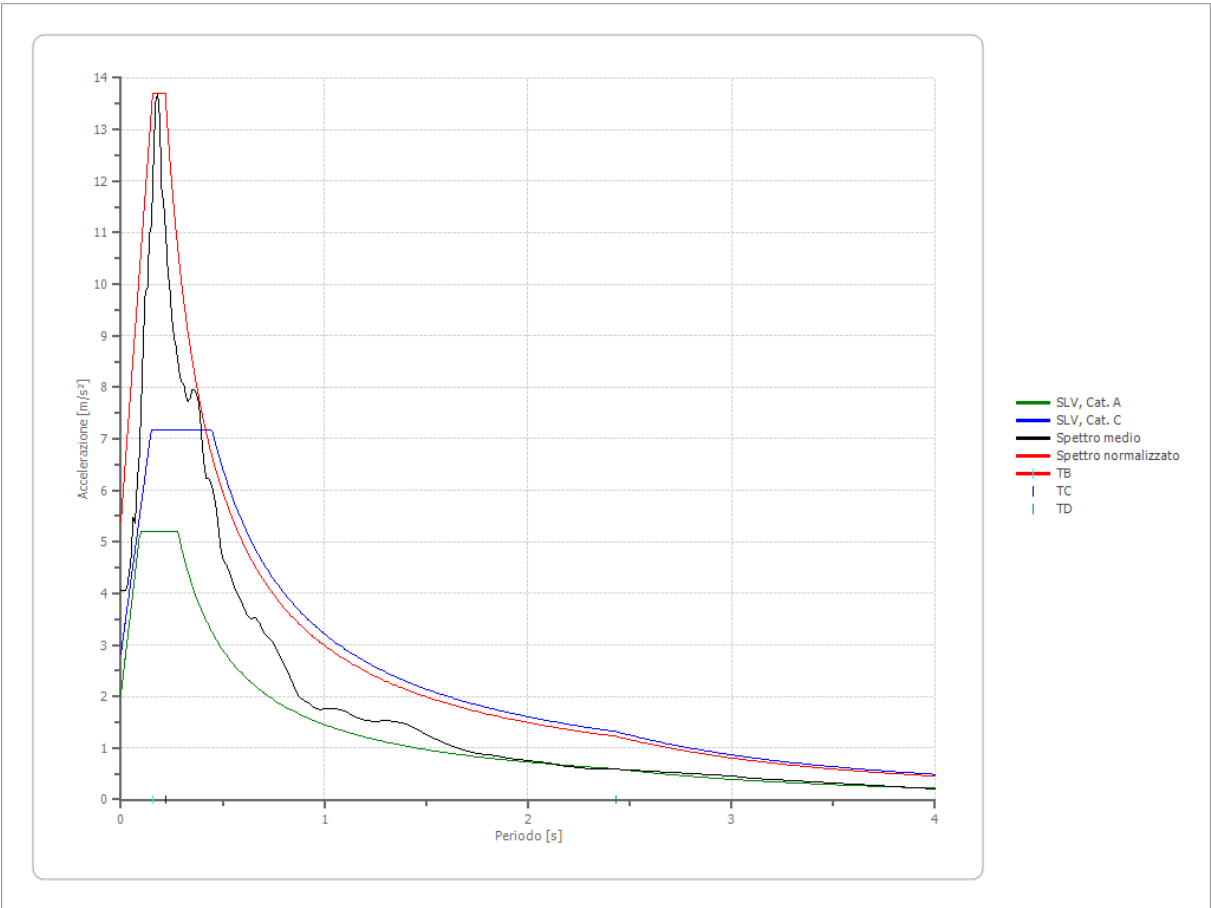
Ag [m/s ²]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s ²]	Se(TB) [m/s ²]	S
5.381	2.545	--	0.156	0.218	2.432	5.381	13.696	2.638

Confronto tra gli spettri

Confronto spettro normativa

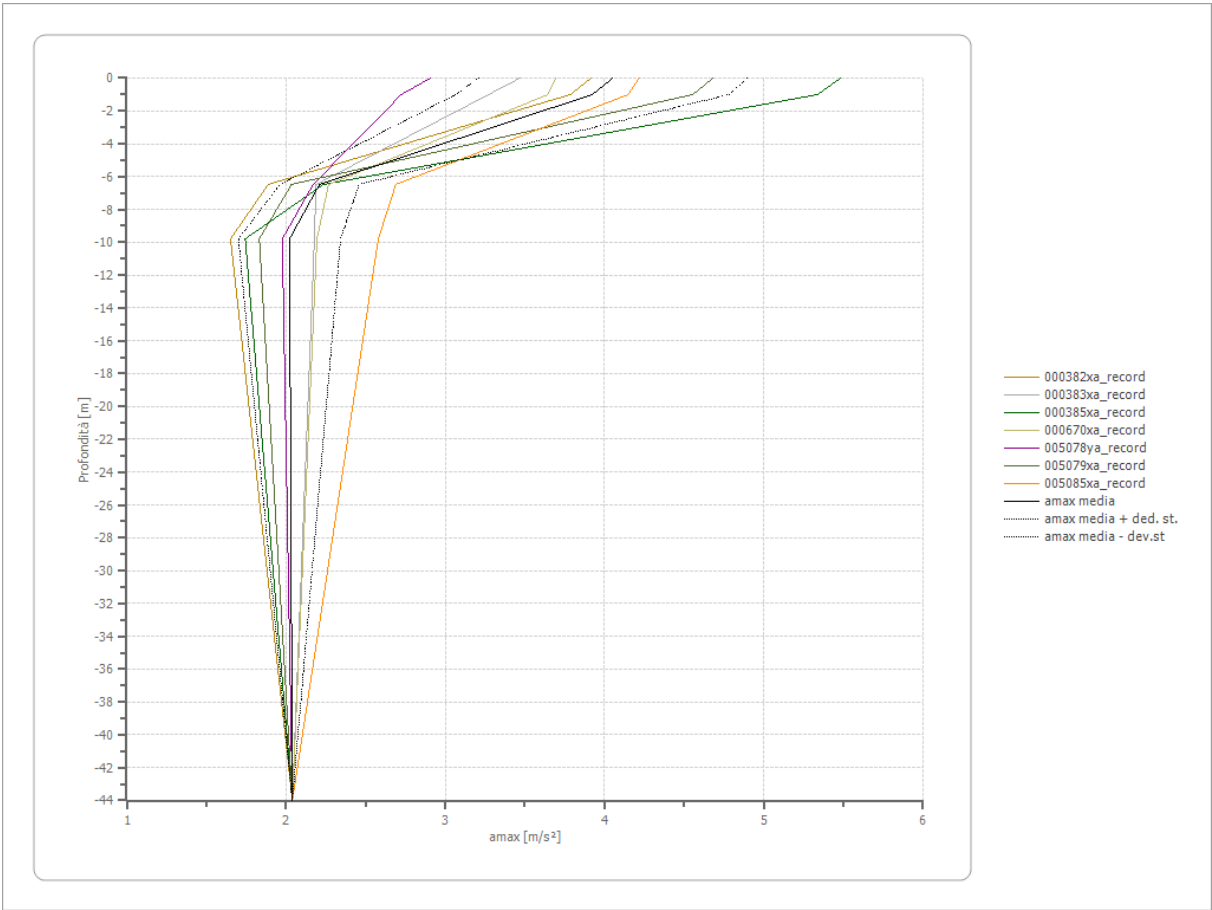
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguardi a vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardi a vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C
Tr [anni]	60	101	949	1950	60	101	949	1950
ag [m/s²]	0.775	0.961	2.040	2.492	0.775	0.961	2.040	2.492
Fo	2.374	2.448	2.545	2.509	2.374	2.448	2.545	2.509
Tc* [s]	0.266	0.267	0.28	0.289	0.266	0.267	0.28	0.289
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.38	1.32
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.63	1.62	1.60	1.58
TB [s]	0.089	0.089	0.093	0.096	0.144	0.144	0.149	0.152
TC [s]	0.266	0.267	0.280	0.289	0.432	0.433	0.447	0.457
TD [s]	1.916	1.992	2.432	2.616	1.916	1.992	2.432	2.616
Se(0) [m/s²]	0.775	0.961	2.040	2.492	1.163	1.442	2.820	3.283
Se(TB) [m/s²]	1.840	2.353	5.192	6.252	2.760	3.529	7.177	8.238



Profilo a max

	0.0 [m]	1.0 [m]	6.5 [m]	9.8 [m]	44.0 [m]
000382xa_record [m/s²]	3.916	3.787	1.888	1.652	2.040
000383xa_record [m/s²]	3.469	3.272	2.188	2.178	2.040
000385xa_record [m/s²]	5.482	5.337	2.234	1.745	2.040
000670xa_record [m/s²]	3.696	3.644	2.267	2.194	2.040
005078ya_record [m/s²]	2.906	2.723	2.171	1.977	2.040
005079xa_record [m/s²]	4.682	4.555	2.035	1.833	2.040
005085xa_record [m/s²]	4.217	4.148	2.689	2.580	2.040
media [m/s²]	4.052	3.924	2.210	2.023	2.040
Dev. St. [m/s²]	0.843	0.857	0.248	0.321	0.000



Elaborazione SLC

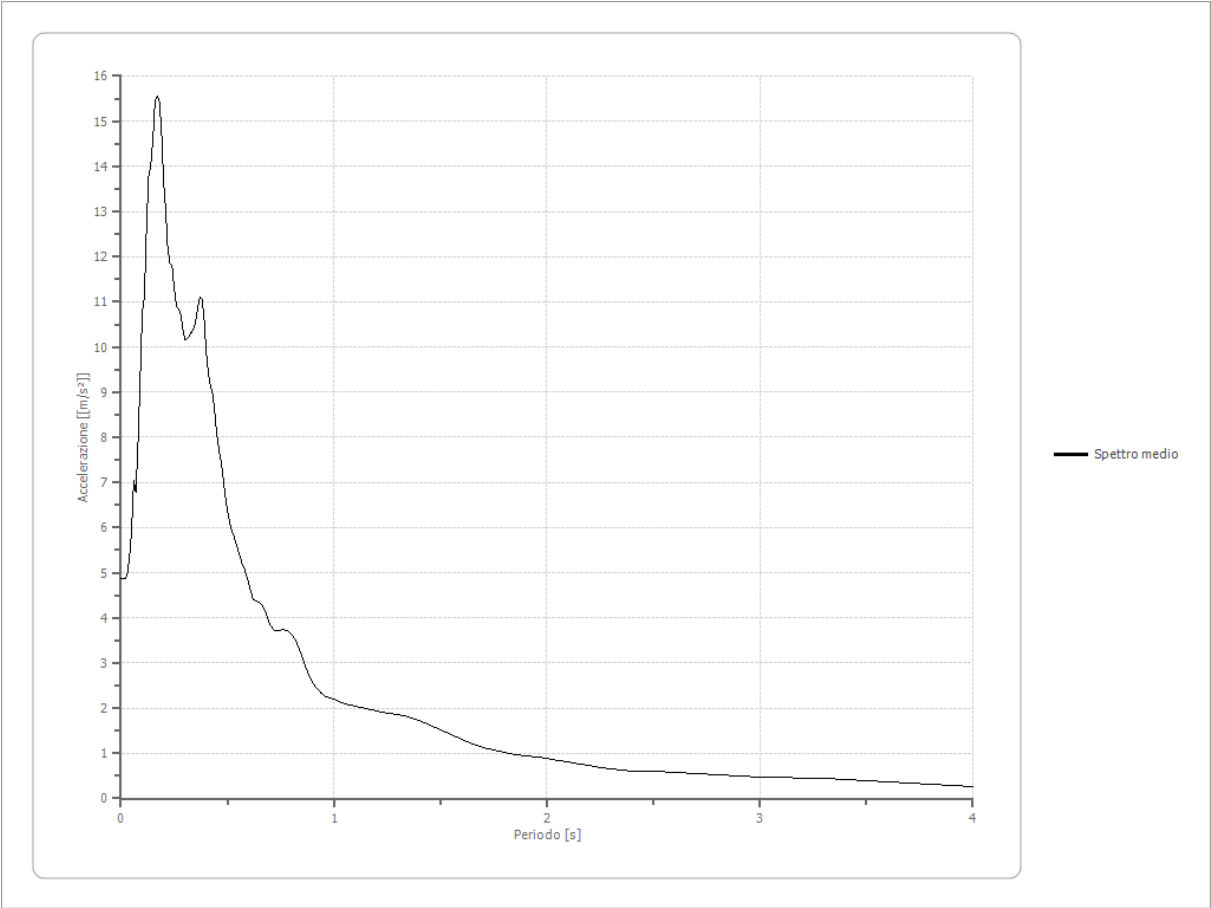
Numero di iterazioni	50	
Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima	0.5	
Tipo di modulo elastico	Shake	
Massimo errore percentuale di convergenza	--	

Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.130 [s]
Tvi	1.400 [s]
Tao	0.170 [s]
Tvo	0.390 [s]
Sami	5.837 [m/s ²]
Svmi	0.369 [m/s]
Samo	13.006 [m/s ²]
Svmo	0.621 [m/s]
Fa	2.228 [-]
Fv	1.686 [-]
TB	0.150 [s]
TC	0.280 [s]
TD	2.616 [s]
SA(0)	6.195 [m/s ²]
SA(TB)	15.543 [m/s ²]

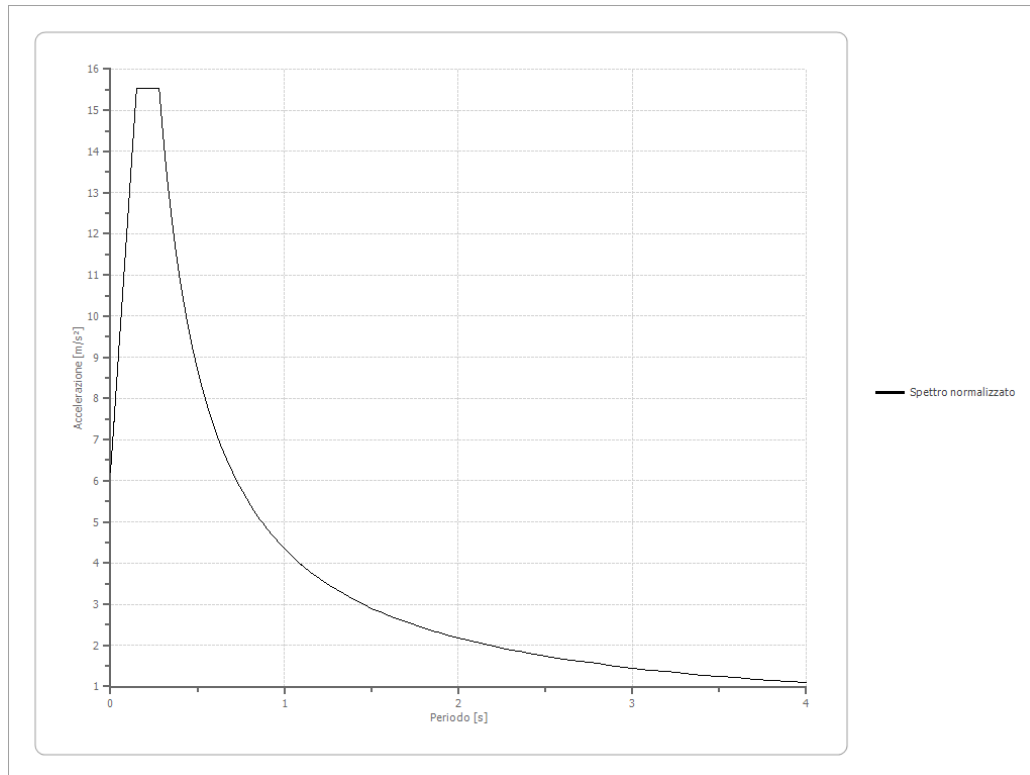
Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]
0.00	4.8788	0.26	10.9221	0.52	5.9075	0.98	2.2210	2.25	0.6921
0.01	4.8795	0.27	10.8542	0.53	5.8112	1.00	2.1924	2.30	0.6586
0.02	4.8790	0.28	10.7279	0.54	5.6654	1.05	2.0994	2.35	0.6281
0.03	4.9848	0.29	10.4108	0.55	5.4937	1.10	2.0335	2.40	0.6027
0.04	5.3549	0.30	10.1713	0.56	5.3500	1.15	1.9932	2.50	0.5899
0.05	5.9356	0.31	10.1788	0.57	5.1940	1.20	1.9320	2.60	0.5754
0.06	7.0435	0.32	10.2363	0.58	5.0929	1.25	1.8934	2.70	0.5594
0.07	6.7817	0.33	10.3242	0.60	4.7593	1.30	1.8693	2.80	0.5315
0.08	7.8430	0.34	10.3849	0.62	4.3977	1.35	1.8111	2.90	0.5023
0.09	9.2785	0.35	10.5546	0.64	4.3644	1.40	1.7379	3.00	0.4834
0.10	10.7536	0.36	10.8522	0.66	4.3041	1.45	1.6299	3.10	0.4663
0.11	11.1088	0.37	11.1002	0.68	4.1015	1.50	1.5147	3.20	0.4549
0.12	12.6676	0.38	11.0818	0.70	3.8543	1.55	1.4096	3.30	0.4376
0.13	13.7855	0.39	10.6739	0.72	3.7172	1.60	1.3019	3.40	0.4146
0.14	14.0324	0.40	9.9111	0.74	3.7259	1.65	1.2129	3.50	0.3874
0.15	14.5816	0.41	9.4270	0.76	3.7507	1.70	1.1389	3.60	0.3576
0.16	15.4390	0.42	9.1391	0.78	3.7217	1.75	1.0704	3.70	0.3349
0.17	15.5434	0.43	8.9512	0.80	3.6508	1.80	1.0131	3.80	0.3127
0.18	15.4543	0.44	8.5857	0.82	3.5044	1.85	0.9797	3.90	0.2870
0.19	14.8517	0.45	8.0736	0.84	3.2782	1.90	0.9527	4.00	0.2599
0.20	13.6925	0.46	7.7224	0.86	3.0244	1.95	0.9057		
0.21	13.0509	0.47	7.4595	0.88	2.7443	2.00	0.8795		
0.22	12.1593	0.48	7.0889	0.90	2.5787	2.05	0.8473		
0.23	11.8506	0.49	6.6727	0.92	2.4394	2.10	0.8060		
0.24	11.7794	0.50	6.3537	0.94	2.3291	2.15	0.7556		
0.25	11.3073	0.51	6.1167	0.96	2.2455	2.20	0.7268		

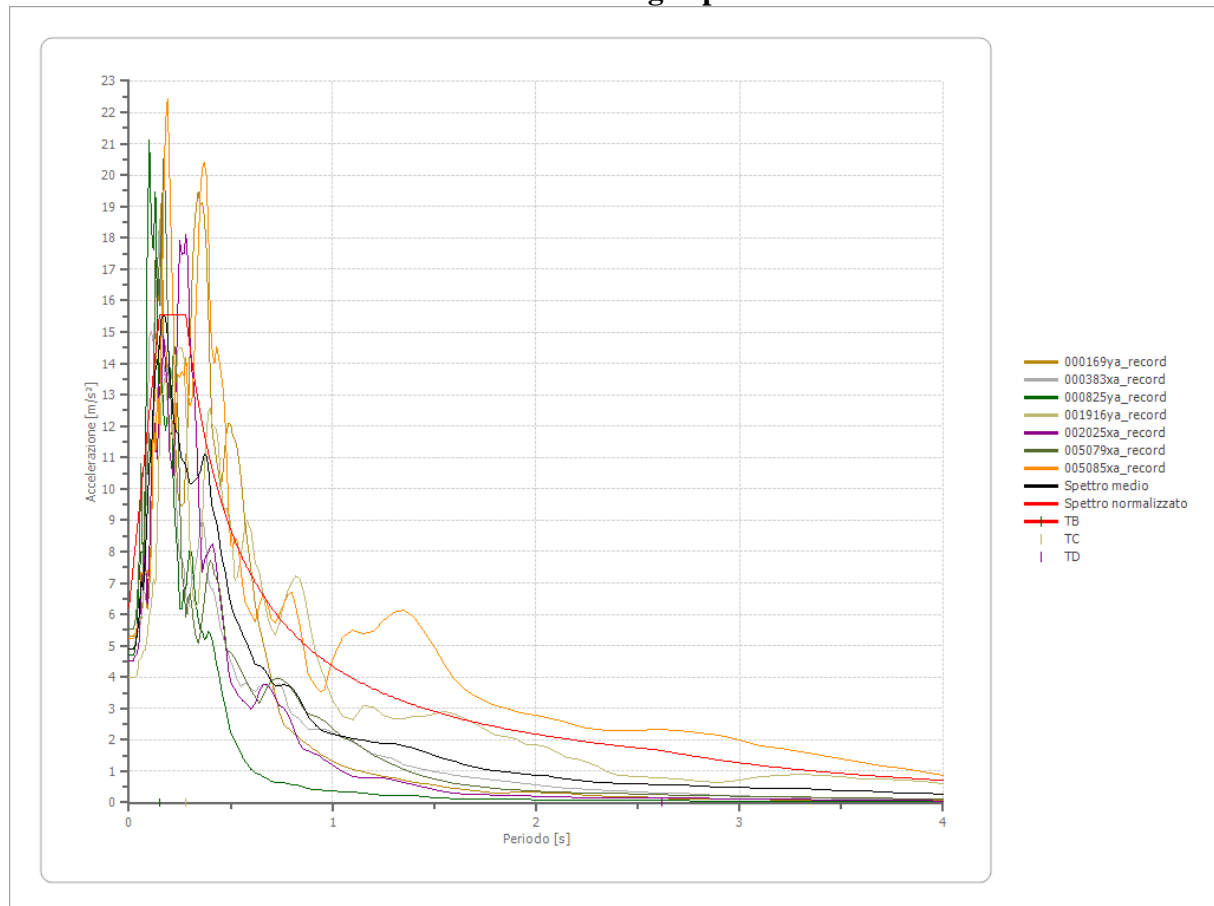


Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]
0.00	6.1951	0.26	15.5434	0.52	8.3695	0.98	4.4410	2.25	1.9343
0.01	6.8183	0.27	15.5434	0.53	8.2116	1.00	4.3522	2.30	1.8922
0.02	7.4415	0.28	15.5434	0.54	8.0596	1.05	4.1449	2.35	1.8520
0.03	8.0647	0.29	15.0075	0.55	7.9130	1.10	3.9565	2.40	1.8134
0.04	8.6880	0.30	14.5072	0.56	7.7717	1.15	3.7845	2.50	1.7409
0.05	9.3112	0.31	14.0392	0.57	7.6354	1.20	3.6268	2.60	1.6739
0.06	9.9344	0.32	13.6005	0.58	7.5037	1.25	3.4817	2.70	1.6119
0.07	10.5576	0.33	13.1884	0.60	7.2536	1.30	3.3478	2.80	1.5543
0.08	11.1809	0.34	12.8005	0.62	7.0196	1.35	3.2238	2.90	1.5007
0.09	11.8041	0.35	12.4348	0.64	6.8003	1.40	3.1087	3.00	1.4507
0.10	12.4273	0.36	12.0893	0.66	6.5942	1.45	3.0015	3.10	1.4039
0.11	13.0505	0.37	11.7626	0.68	6.4002	1.50	2.9014	3.20	1.3601
0.12	13.6738	0.38	11.4531	0.70	6.2174	1.55	2.8078	3.30	1.3188
0.13	14.2970	0.39	11.1594	0.72	6.0447	1.60	2.7201	3.40	1.2800
0.14	14.9202	0.40	10.8804	0.74	5.8813	1.65	2.6377	3.50	1.2435
0.15	15.5434	0.41	10.6150	0.76	5.7265	1.70	2.5601	3.60	1.2089
0.16	15.5434	0.42	10.3623	0.78	5.5797	1.75	2.4869	3.70	1.1763
0.17	15.5434	0.43	10.1213	0.80	5.4402	1.80	2.4179	3.80	1.1453
0.18	15.5434	0.44	9.8913	0.82	5.3075	1.85	2.3525	3.90	1.1159
0.19	15.5434	0.45	9.6715	0.84	5.1811	1.90	2.2906	4.00	1.0880
0.20	15.5434	0.46	9.4612	0.86	5.0607	1.95	2.2319		
0.21	15.5434	0.47	9.2599	0.88	4.9456	2.00	2.1761		
0.22	15.5434	0.48	9.0670	0.90	4.8357	2.05	2.1230		
0.23	15.5434	0.49	8.8820	0.92	4.7306	2.10	2.0725		
0.24	15.5434	0.50	8.7043	0.94	4.6300	2.15	2.0243		
0.25	15.5434	0.51	8.5336	0.96	4.5335	2.20	1.9783		

**Parametri spettro normalizzato**

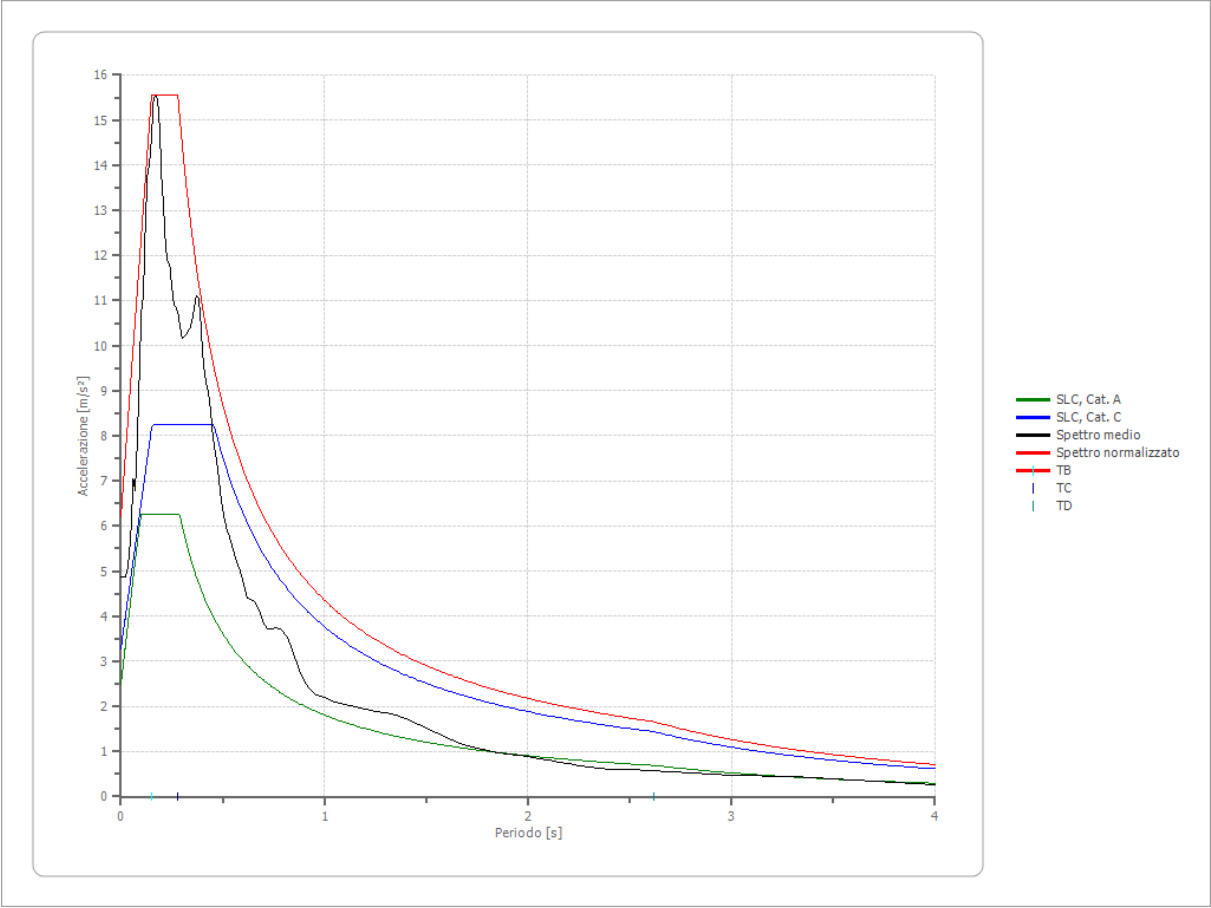
Ag [m/s ²]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s ²]	Se(TB) [m/s ²]	S
6.195	2.509	--	0.150	0.280	2.616	6.195	15.543	2.486

Confronto tra gli spettri

Confronto spettro normativa

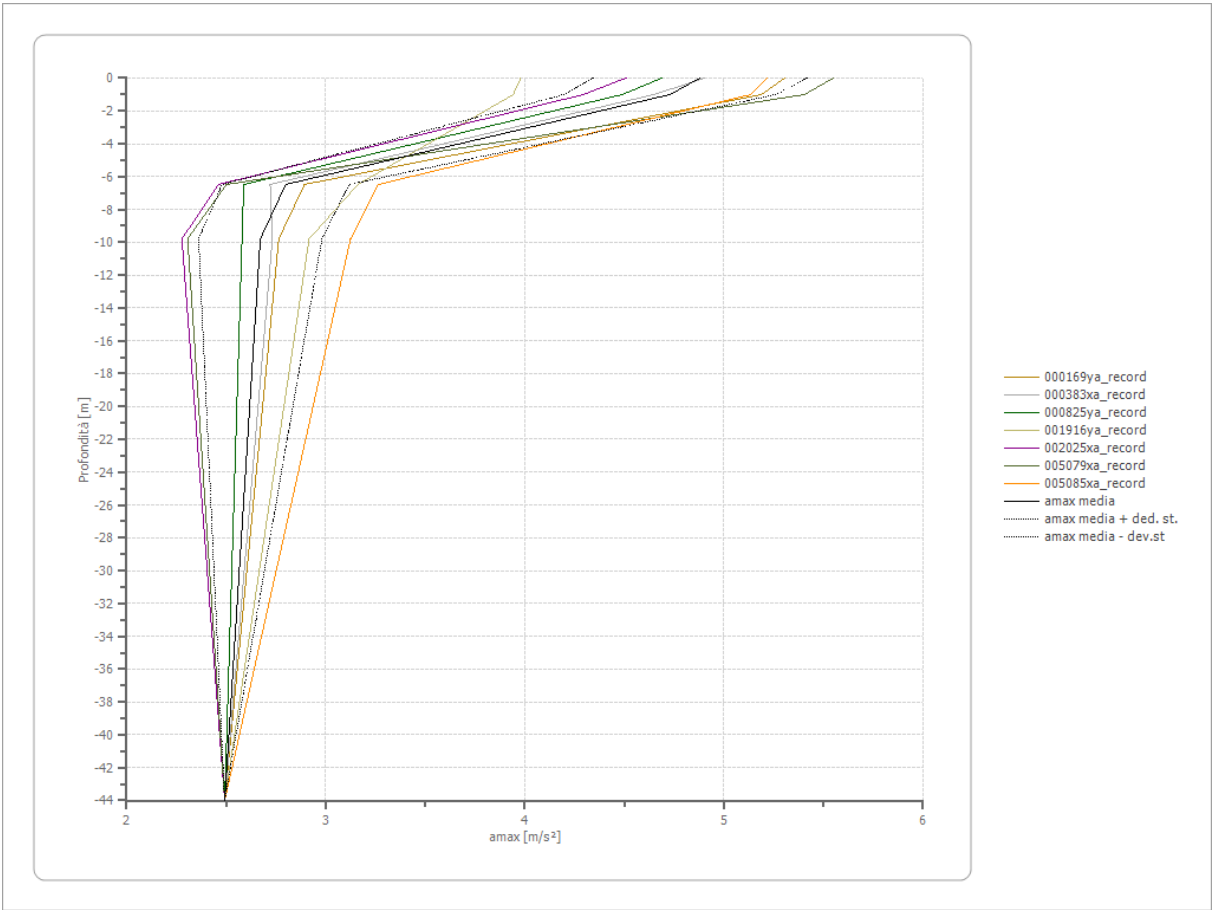
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguardi a vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardi a vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C
Tr [anni]	60	101	949	1950	60	101	949	1950
ag [m/s²]	0.775	0.961	2.040	2.492	0.775	0.961	2.040	2.492
Fo	2.374	2.448	2.545	2.509	2.374	2.448	2.545	2.509
Tc* [s]	0.266	0.267	0.28	0.289	0.266	0.267	0.28	0.289
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.38	1.32
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.63	1.62	1.60	1.58
TB [s]	0.089	0.089	0.093	0.096	0.144	0.144	0.149	0.152
TC [s]	0.266	0.267	0.280	0.289	0.432	0.433	0.447	0.457
TD [s]	1.916	1.992	2.432	2.616	1.916	1.992	2.432	2.616
Se(0) [m/s²]	0.775	0.961	2.040	2.492	1.163	1.442	2.820	3.283
Se(TB) [m/s²]	1.840	2.353	5.192	6.252	2.760	3.529	7.177	8.238



Profilo a max

	0.0 [m]	1.0 [m]	6.5 [m]	9.8 [m]	44.0 [m]
000169ya_record [m/s²]	5.304	5.188	2.893	2.764	2.492
000383xa_record [m/s²]	4.905	4.648	2.721	2.732	2.492
000825ya_record [m/s²]	4.689	4.489	2.588	2.579	2.492
001916ya_record [m/s²]	3.979	3.941	3.161	2.916	2.492
002025xa_record [m/s²]	4.508	4.292	2.461	2.277	2.492
005079xa_record [m/s²]	5.549	5.403	2.501	2.306	2.492
005085xa_record [m/s²]	5.219	5.134	3.264	3.125	2.492
media [m/s²]	4.879	4.728	2.798	2.671	2.492
Dev. St. [m/s²]	0.537	0.533	0.319	0.310	0.000



Elaborazione SLD

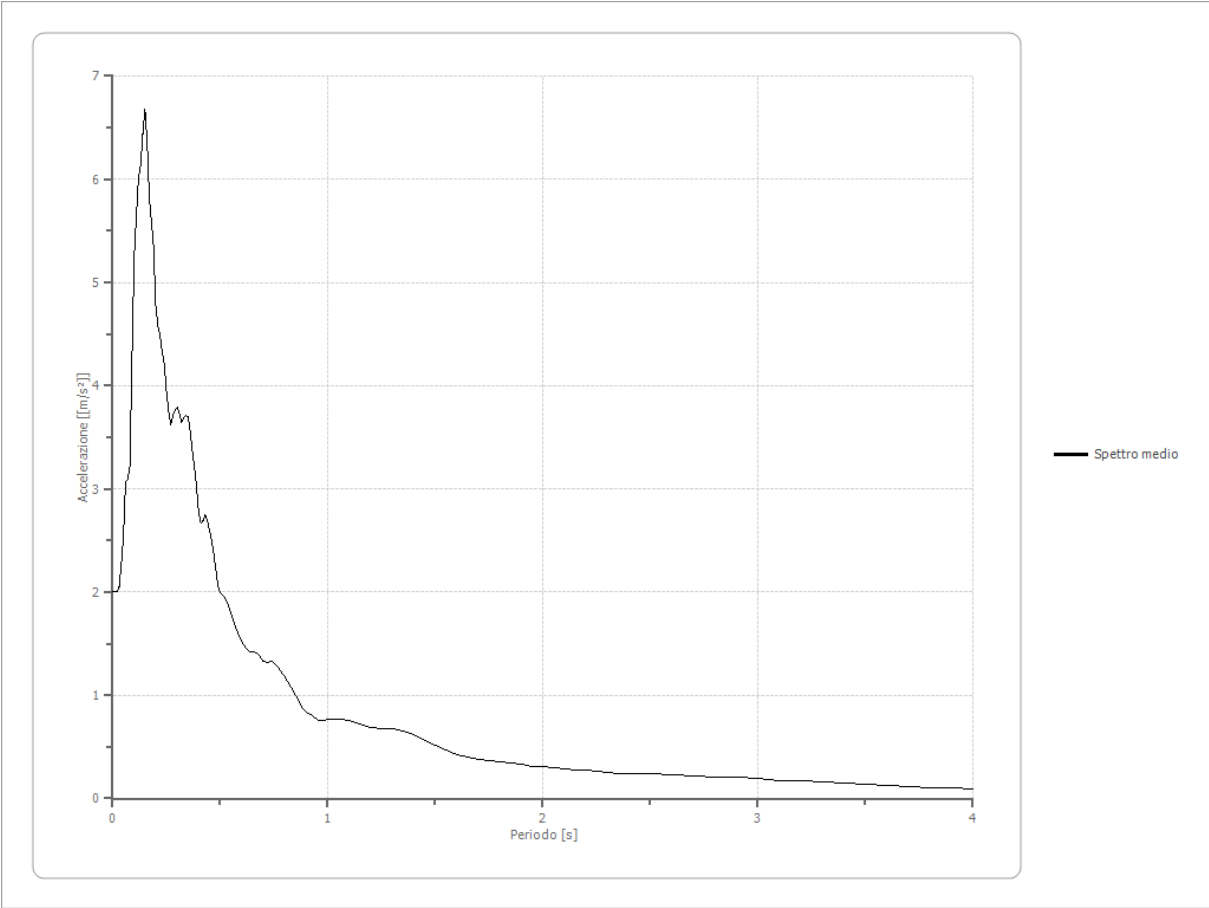
Numero di iterazioni 50
 Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5
 Tipo di modulo elastico Shake
 Massimo errore percentuale di convergenza 7.76 E-05

Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.220 [s]
Tvi	1.350 [s]
Tao	0.150 [s]
Tvo	0.390 [s]
Sami	2.341 [m/s ²]
Svmi	0.124 [m/s]
Samo	5.379 [m/s ²]
Svmo	0.197 [m/s]
Fa	2.297 [-]
Fv	1.589 [-]
TB	0.127 [s]
TC	0.200 [s]
TD	1.992 [s]
SA(0)	2.730 [m/s ²]
SA(TB)	6.682 [m/s ²]

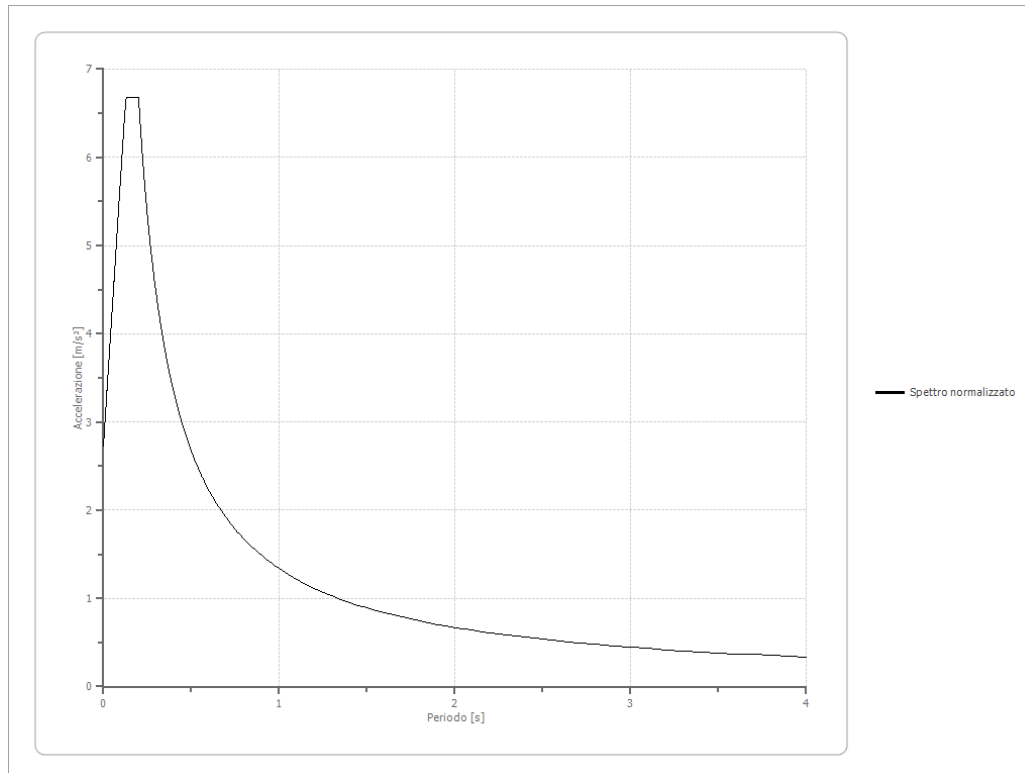
Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]
0.00	2.0002	0.26	3.7409	0.52	1.9523	0.98	0.7587	2.25	0.2595
0.01	2.0005	0.27	3.6232	0.53	1.9106	1.00	0.7680	2.30	0.2509
0.02	2.0003	0.28	3.7075	0.54	1.8522	1.05	0.7732	2.35	0.2448
0.03	2.0517	0.29	3.7620	0.55	1.7933	1.10	0.7585	2.40	0.2403
0.04	2.2642	0.30	3.7952	0.56	1.7339	1.15	0.7174	2.50	0.2359
0.05	2.5410	0.31	3.7335	0.57	1.6700	1.20	0.6877	2.60	0.2282
0.06	3.0730	0.32	3.6381	0.58	1.6163	1.25	0.6787	2.70	0.2208
0.07	3.0987	0.33	3.6862	0.60	1.5294	1.30	0.6749	2.80	0.2110
0.08	3.2187	0.34	3.7102	0.62	1.4499	1.35	0.6499	2.90	0.2015
0.09	4.3086	0.35	3.6957	0.64	1.4210	1.40	0.6137	3.00	0.1900
0.10	5.2621	0.36	3.5608	0.66	1.4173	1.45	0.5668	3.10	0.1764
0.11	5.6498	0.37	3.3792	0.68	1.3820	1.50	0.5154	3.20	0.1673
0.12	6.0122	0.38	3.2129	0.70	1.3332	1.55	0.4653	3.30	0.1576
0.13	6.1464	0.39	3.0275	0.72	1.3212	1.60	0.4258	3.40	0.1470
0.14	6.4374	0.40	2.7697	0.74	1.3247	1.65	0.3988	3.50	0.1365
0.15	6.6824	0.41	2.6731	0.76	1.2997	1.70	0.3804	3.60	0.1262
0.16	6.3813	0.42	2.6969	0.78	1.2424	1.75	0.3638	3.70	0.1160
0.17	5.8190	0.43	2.7454	0.80	1.1836	1.80	0.3506	3.80	0.1070
0.18	5.5924	0.44	2.6957	0.82	1.1093	1.85	0.3399	3.90	0.0988
0.19	5.3493	0.45	2.6020	0.84	1.0438	1.90	0.3280	4.00	0.0907
0.20	4.7796	0.46	2.5008	0.86	0.9674	1.95	0.3144		
0.21	4.5788	0.47	2.3692	0.88	0.8812	2.00	0.3081		
0.22	4.4956	0.48	2.2094	0.90	0.8357	2.05	0.2999		
0.23	4.3339	0.49	2.0659	0.92	0.8082	2.10	0.2906		
0.24	4.2025	0.50	1.9886	0.94	0.7770	2.15	0.2803		
0.25	3.9566	0.51	1.9681	0.96	0.7558	2.20	0.2697		

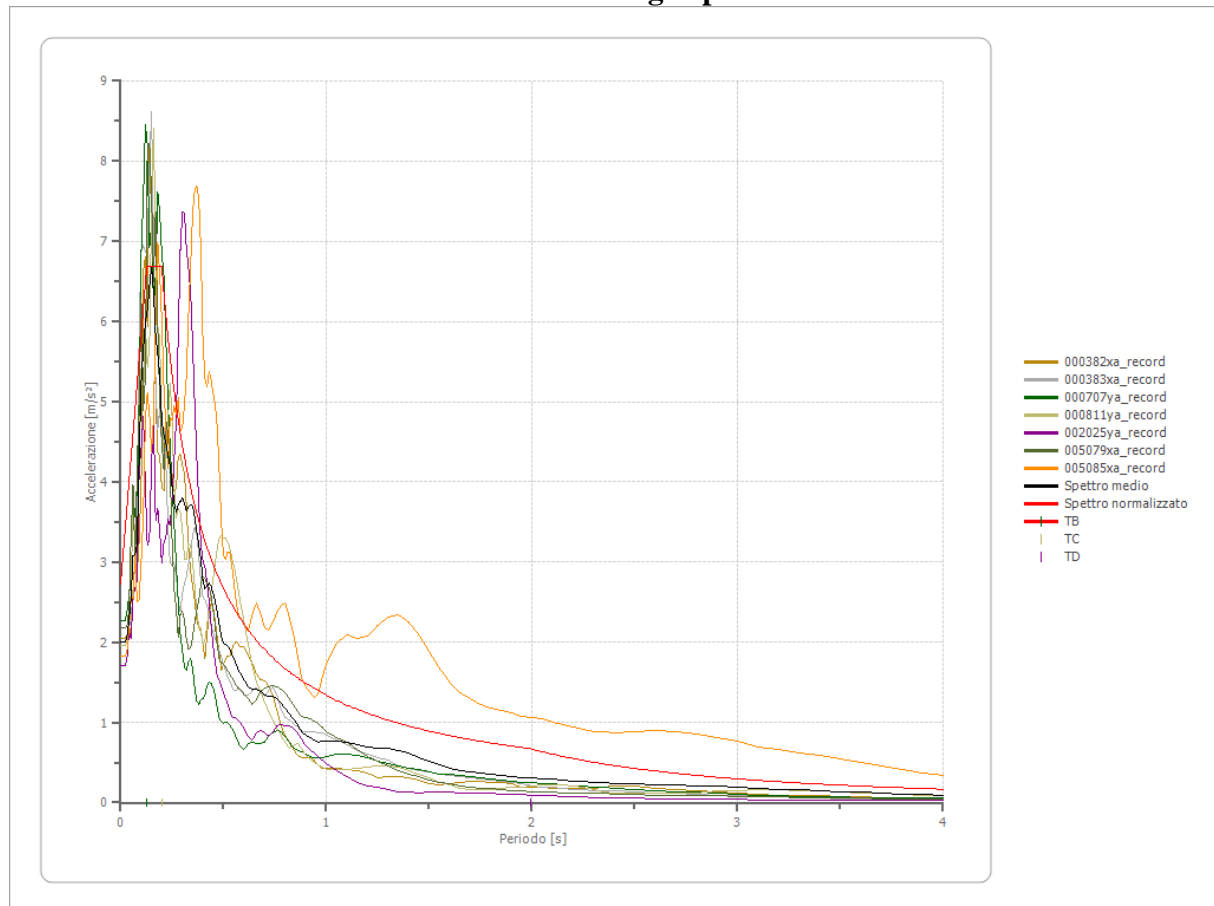


Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]
0.00	2.7297	0.26	5.1403	0.52	2.5702	0.98	1.3638	2.25	0.5940
0.01	3.0410	0.27	4.9499	0.53	2.5217	1.00	1.3365	2.30	0.5811
0.02	3.3522	0.28	4.7732	0.54	2.4750	1.05	1.2728	2.35	0.5687
0.03	3.6634	0.29	4.6086	0.55	2.4300	1.10	1.2150	2.40	0.5569
0.04	3.9747	0.30	4.4549	0.56	2.3866	1.15	1.1622	2.50	0.5346
0.05	4.2859	0.31	4.3112	0.57	2.3447	1.20	1.1137	2.60	0.5140
0.06	4.5972	0.32	4.1765	0.58	2.3043	1.25	1.0692	2.70	0.4950
0.07	4.9084	0.33	4.0500	0.60	2.2275	1.30	1.0281	2.80	0.4773
0.08	5.2196	0.34	3.9308	0.62	2.1556	1.35	0.9900	2.90	0.4609
0.09	5.5309	0.35	3.8185	0.64	2.0883	1.40	0.9546	3.00	0.4455
0.10	5.8421	0.36	3.7125	0.66	2.0250	1.45	0.9217	3.10	0.4311
0.11	6.1533	0.37	3.6121	0.68	1.9654	1.50	0.8910	3.20	0.4177
0.12	6.4646	0.38	3.5171	0.70	1.9093	1.55	0.8622	3.30	0.4050
0.13	6.6824	0.39	3.4269	0.72	1.8562	1.60	0.8353	3.40	0.3931
0.14	6.6824	0.40	3.3412	0.74	1.8061	1.65	0.8100	3.50	0.3819
0.15	6.6824	0.41	3.2597	0.76	1.7585	1.70	0.7862	3.60	0.3712
0.16	6.6824	0.42	3.1821	0.78	1.7134	1.75	0.7637	3.70	0.3612
0.17	6.6824	0.43	3.1081	0.80	1.6706	1.80	0.7425	3.80	0.3517
0.18	6.6824	0.44	3.0375	0.82	1.6299	1.85	0.7224	3.90	0.3427
0.19	6.6824	0.45	2.9700	0.84	1.5911	1.90	0.7034	4.00	0.3341
0.20	6.6824	0.46	2.9054	0.86	1.5541	1.95	0.6854		
0.21	6.3642	0.47	2.8436	0.88	1.5187	2.00	0.6682		
0.22	6.0749	0.48	2.7843	0.90	1.4850	2.05	0.6519		
0.23	5.8108	0.49	2.7275	0.92	1.4527	2.10	0.6364		
0.24	5.5687	0.50	2.6730	0.94	1.4218	2.15	0.6216		
0.25	5.3459	0.51	2.6206	0.96	1.3922	2.20	0.6075		

**Parametri spettro normalizzato**

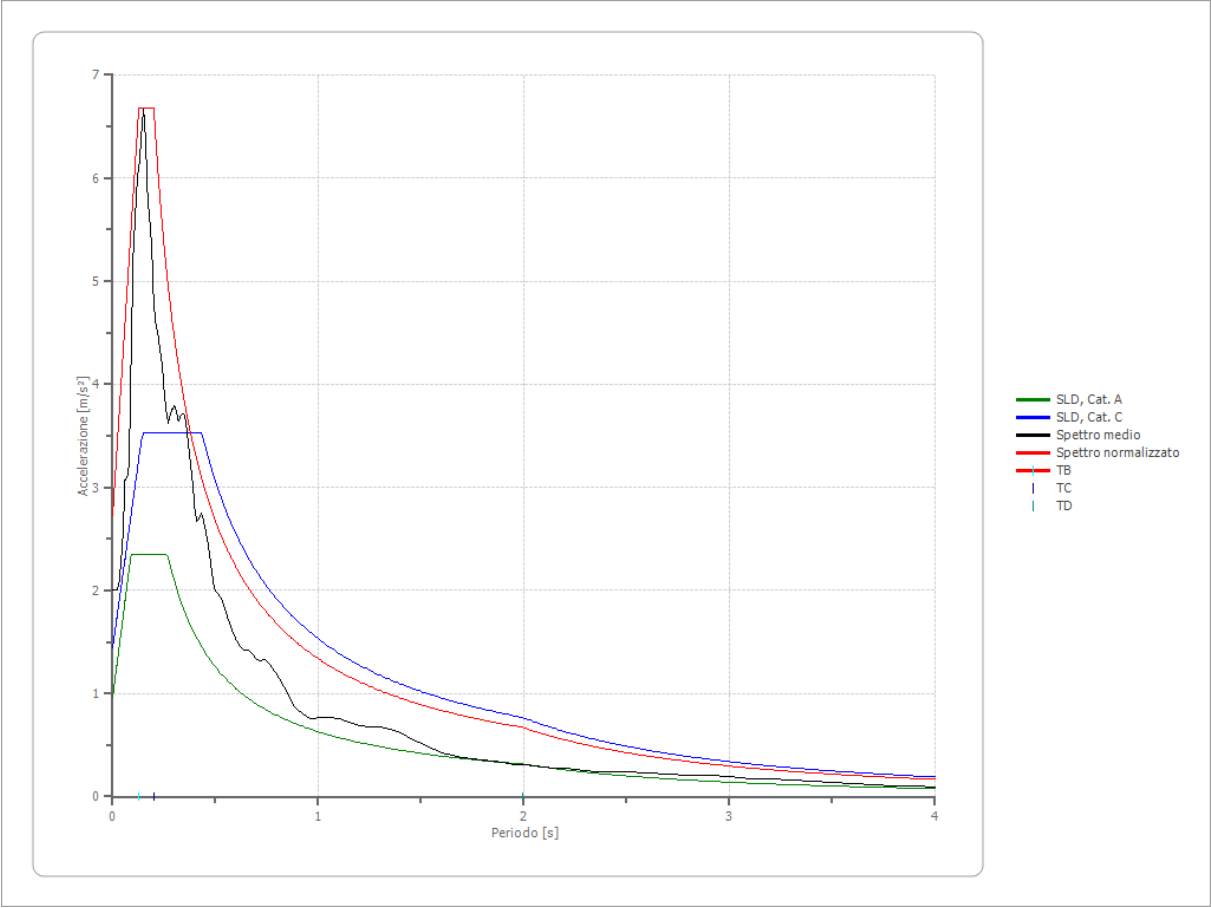
Ag [m/s ²]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s ²]	Se(TB) [m/s ²]	S
2.730	2.448	--	0.127	0.200	1.992	2.730	6.682	2.841

Confronto tra gli spettri

Confronto spettro normativa

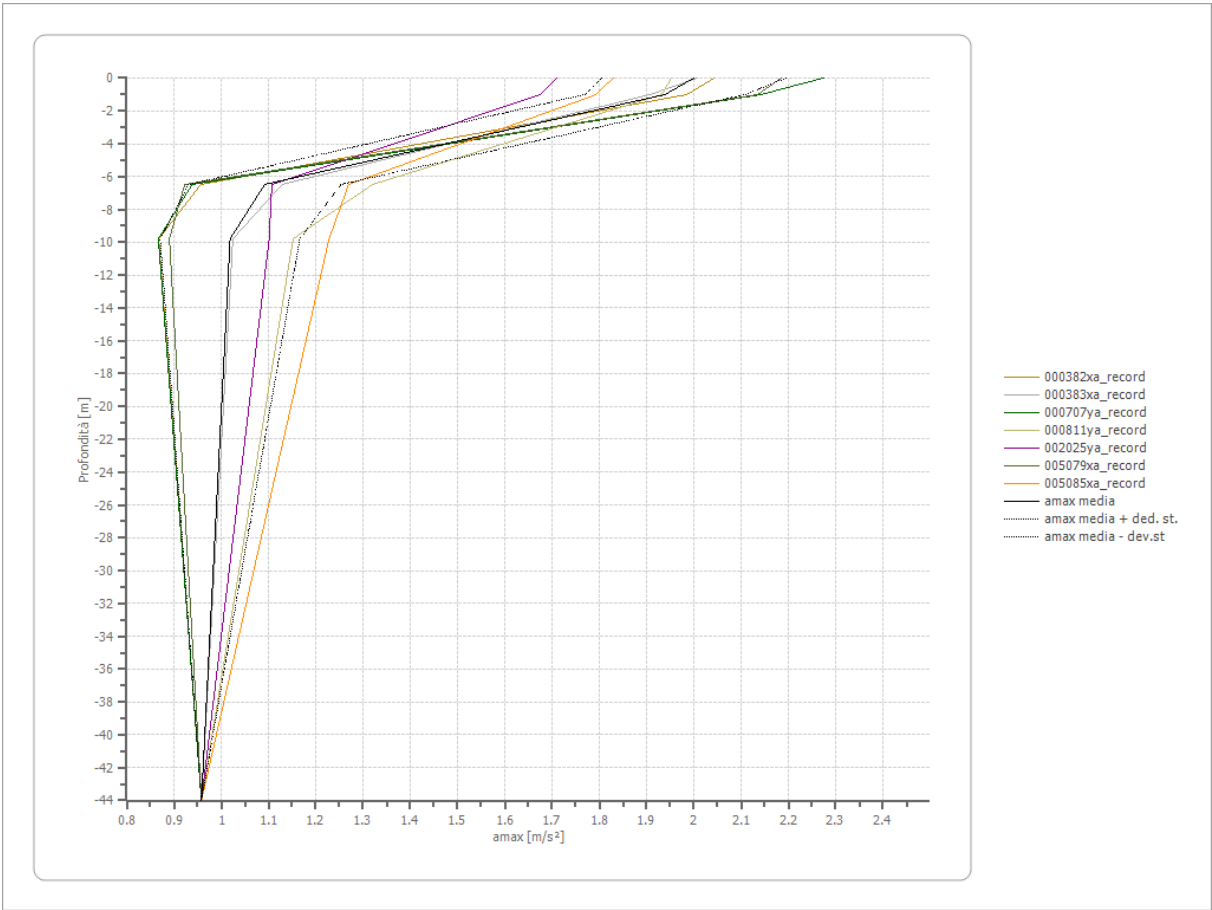
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguardi a vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardi a vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C
Tr [anni]	60	101	949	1950	60	101	949	1950
ag [m/s²]	0.775	0.961	2.040	2.492	0.775	0.961	2.040	2.492
Fo	2.374	2.448	2.545	2.509	2.374	2.448	2.545	2.509
Tc* [s]	0.266	0.267	0.28	0.289	0.266	0.267	0.28	0.289
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.38	1.32
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.63	1.62	1.60	1.58
TB [s]	0.089	0.089	0.093	0.096	0.144	0.144	0.149	0.152
TC [s]	0.266	0.267	0.280	0.289	0.432	0.433	0.447	0.457
TD [s]	1.916	1.992	2.432	2.616	1.916	1.992	2.432	2.616
Se(0) [m/s²]	0.775	0.961	2.040	2.492	1.163	1.442	2.820	3.283
Se(TB) [m/s²]	1.840	2.353	5.192	6.252	2.760	3.529	7.177	8.238



Profilo a max

	0.0 [m]	1.0 [m]	6.5 [m]	9.8 [m]	44.0 [m]
000382xa_record [m/s²]	2.043	1.985	0.957	0.868	0.958
000383xa_record [m/s²]	2.008	1.908	1.129	1.025	0.958
000707ya_record [m/s²]	2.274	2.141	0.939	0.867	0.958
000811ya_record [m/s²]	1.952	1.932	1.320	1.152	0.958
002025ya_record [m/s²]	1.710	1.676	1.107	1.101	0.958
005079xa_record [m/s²]	2.185	2.135	0.923	0.890	0.958
005085xa_record [m/s²]	1.829	1.793	1.269	1.228	0.958
media [m/s²]	2.000	1.939	1.092	1.019	0.958
Dev. St. [m/s²]	0.194	0.170	0.161	0.148	0.000



Elaborazione SLO

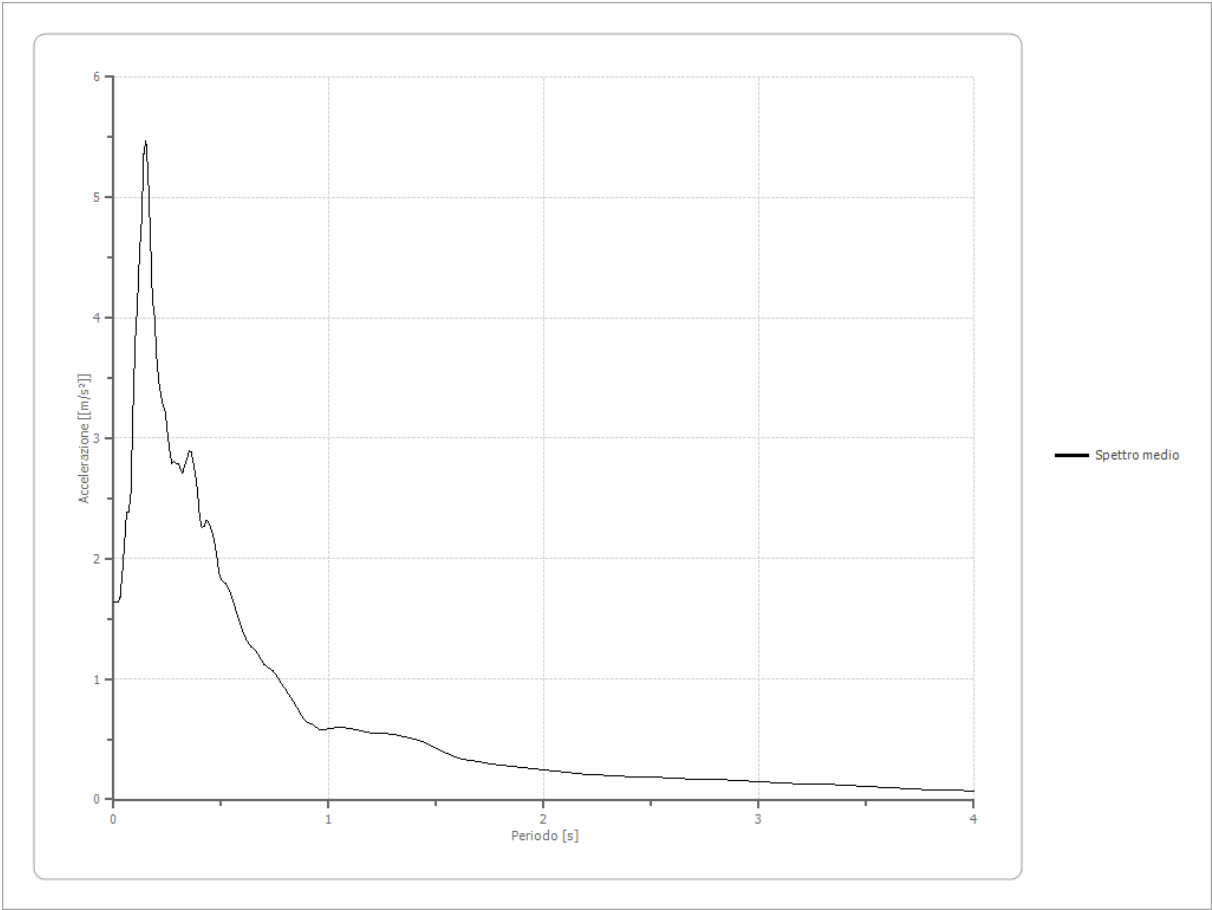
Numero di iterazioni 50
 Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5
 Tipo di modulo elastico Shake
 Massimo errore percentuale di convergenza 1.93 E-05

Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.140 [s]
Tvi	1.400 [s]
Tao	0.150 [s]
Tvo	0.390 [s]
Sami	1.820 [m/s ²]
Svmi	0.097 [m/s]
Samo	4.162 [m/s ²]
Svmo	0.160 [m/s]
Fa	2.287 [-]
Fv	1.648 [-]
TB	0.141 [s]
TC	0.192 [s]
TD	1.916 [s]
SA(0)	2.304 [m/s ²]
SA(TB)	5.470 [m/s ²]

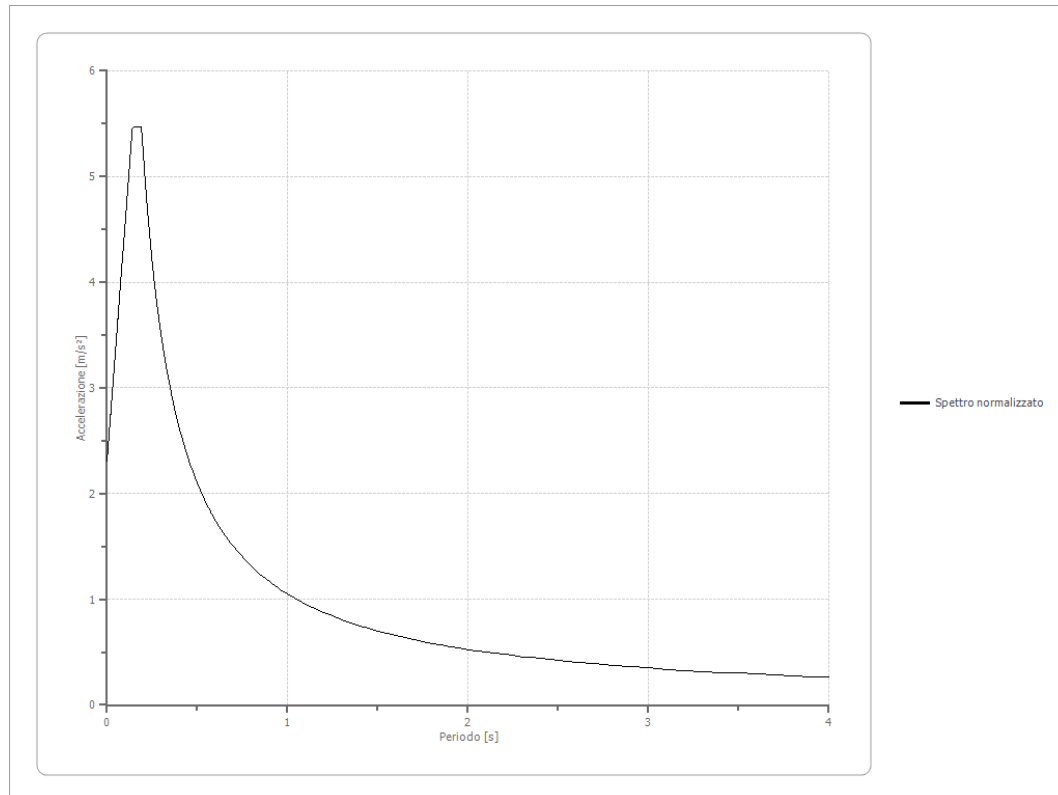
Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]
0.00	1.6353	0.26	2.8927	0.52	1.7963	0.98	0.5816	2.25	0.2033
0.01	1.6356	0.27	2.7880	0.53	1.7720	1.00	0.5880	2.30	0.1966
0.02	1.6354	0.28	2.8125	0.54	1.7256	1.05	0.5942	2.35	0.1917
0.03	1.6795	0.29	2.7924	0.55	1.6770	1.10	0.5904	2.40	0.1880
0.04	1.8778	0.30	2.7880	0.56	1.6229	1.15	0.5681	2.50	0.1838
0.05	2.1167	0.31	2.7533	0.57	1.5586	1.20	0.5516	2.60	0.1767
0.06	2.3827	0.32	2.7126	0.58	1.4988	1.25	0.5459	2.70	0.1708
0.07	2.3822	0.33	2.7795	0.60	1.3992	1.30	0.5415	2.80	0.1637
0.08	2.5399	0.34	2.8151	0.62	1.3155	1.35	0.5240	2.90	0.1569
0.09	3.2648	0.35	2.8982	0.64	1.2707	1.40	0.5025	3.00	0.1480
0.10	3.8131	0.36	2.8843	0.66	1.2339	1.45	0.4688	3.10	0.1382
0.11	4.1085	0.37	2.8032	0.68	1.1779	1.50	0.4230	3.20	0.1312
0.12	4.5377	0.38	2.6974	0.70	1.1227	1.55	0.3789	3.30	0.1236
0.13	4.7975	0.39	2.5588	0.72	1.0941	1.60	0.3448	3.40	0.1153
0.14	5.3581	0.40	2.3439	0.74	1.0711	1.65	0.3243	3.50	0.1067
0.15	5.4700	0.41	2.2538	0.76	1.0248	1.70	0.3108	3.60	0.0986
0.16	5.2042	0.42	2.2687	0.78	0.9644	1.75	0.2965	3.70	0.0906
0.17	4.7023	0.43	2.3199	0.80	0.9149	1.80	0.2853	3.80	0.0833
0.18	4.1494	0.44	2.3062	0.82	0.8537	1.85	0.2752	3.90	0.0767
0.19	4.0185	0.45	2.2631	0.84	0.8013	1.90	0.2638	4.00	0.0702
0.20	3.6652	0.46	2.2069	0.86	0.7405	1.95	0.2506		
0.21	3.4686	0.47	2.1240	0.88	0.6733	2.00	0.2440		
0.22	3.3602	0.48	2.0088	0.90	0.6416	2.05	0.2364		
0.23	3.2688	0.49	1.8902	0.92	0.6249	2.10	0.2282		
0.24	3.2176	0.50	1.8236	0.94	0.6011	2.15	0.2192		
0.25	3.0515	0.51	1.8020	0.96	0.5835	2.20	0.2108		

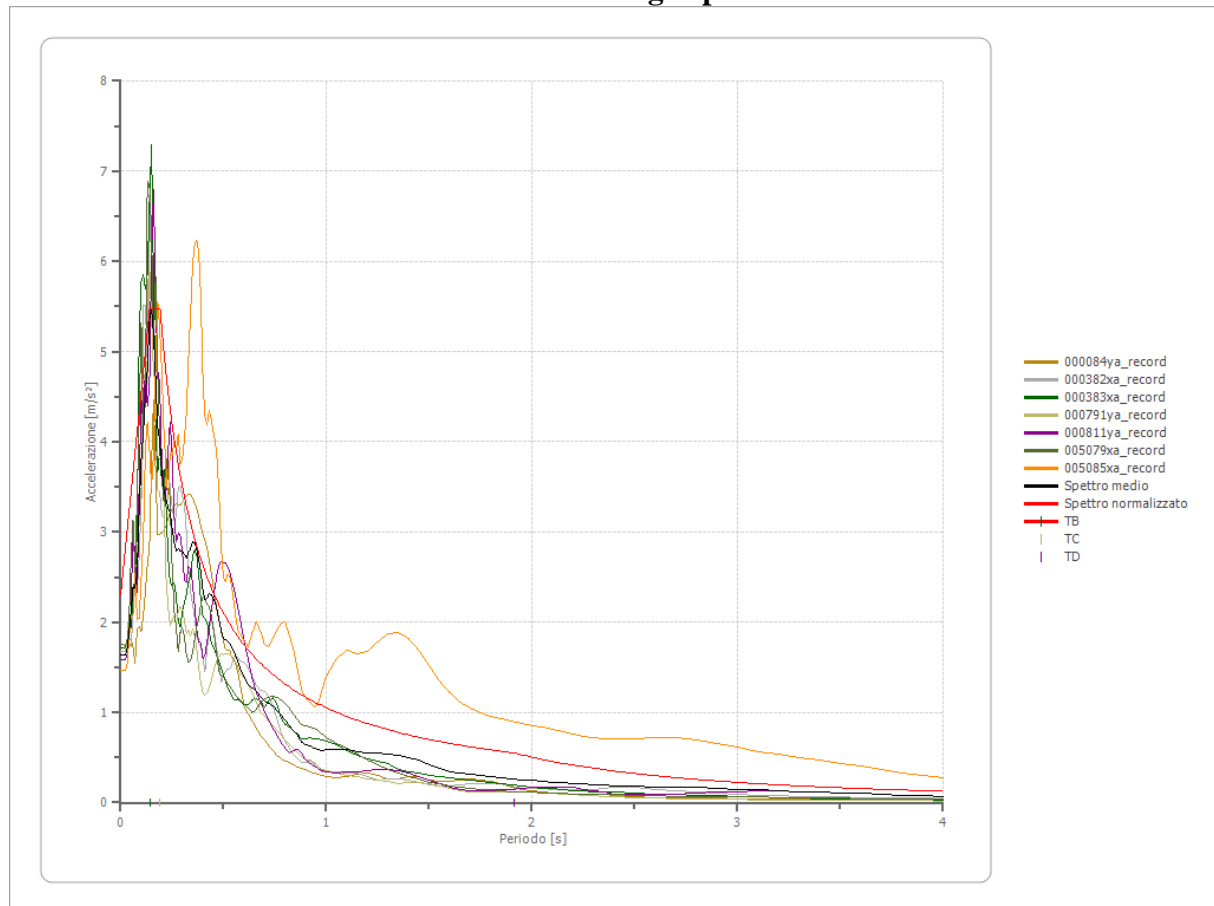


Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]
0.00	2.3041	0.26	4.0394	0.52	2.0197	0.98	1.0717	2.25	0.4668
0.01	2.5286	0.27	3.8898	0.53	1.9816	1.00	1.0502	2.30	0.4566
0.02	2.7532	0.28	3.7508	0.54	1.9449	1.05	1.0002	2.35	0.4469
0.03	2.9777	0.29	3.6215	0.55	1.9095	1.10	0.9548	2.40	0.4376
0.04	3.2022	0.30	3.5008	0.56	1.8754	1.15	0.9132	2.50	0.4201
0.05	3.4268	0.31	3.3879	0.57	1.8425	1.20	0.8752	2.60	0.4039
0.06	3.6513	0.32	3.2820	0.58	1.8107	1.25	0.8402	2.70	0.3890
0.07	3.8758	0.33	3.1825	0.60	1.7504	1.30	0.8079	2.80	0.3751
0.08	4.1003	0.34	3.0889	0.62	1.6939	1.35	0.7780	2.90	0.3621
0.09	4.3249	0.35	3.0007	0.64	1.6410	1.40	0.7502	3.00	0.3501
0.10	4.5494	0.36	2.9173	0.66	1.5913	1.45	0.7243	3.10	0.3388
0.11	4.7739	0.37	2.8385	0.68	1.5445	1.50	0.7002	3.20	0.3282
0.12	4.9985	0.38	2.7638	0.70	1.5003	1.55	0.6776	3.30	0.3183
0.13	5.2230	0.39	2.6929	0.72	1.4587	1.60	0.6564	3.40	0.3089
0.14	5.4475	0.40	2.6256	0.74	1.4192	1.65	0.6365	3.50	0.3001
0.15	5.4700	0.41	2.5615	0.76	1.3819	1.70	0.6178	3.60	0.2917
0.16	5.4700	0.42	2.5006	0.78	1.3465	1.75	0.6001	3.70	0.2838
0.17	5.4700	0.43	2.4424	0.80	1.3128	1.80	0.5835	3.80	0.2764
0.18	5.4700	0.44	2.3869	0.82	1.2808	1.85	0.5677	3.90	0.2693
0.19	5.4700	0.45	2.3339	0.84	1.2503	1.90	0.5528	4.00	0.2626
0.20	5.2512	0.46	2.2831	0.86	1.2212	1.95	0.5386		
0.21	5.0011	0.47	2.2345	0.88	1.1934	2.00	0.5251		
0.22	4.7738	0.48	2.1880	0.90	1.1669	2.05	0.5123		
0.23	4.5662	0.49	2.1433	0.92	1.1416	2.10	0.5001		
0.24	4.3760	0.50	2.1005	0.94	1.1173	2.15	0.4885		
0.25	4.2009	0.51	2.0593	0.96	1.0940	2.20	0.4774		

**Parametri spettro normalizzato**

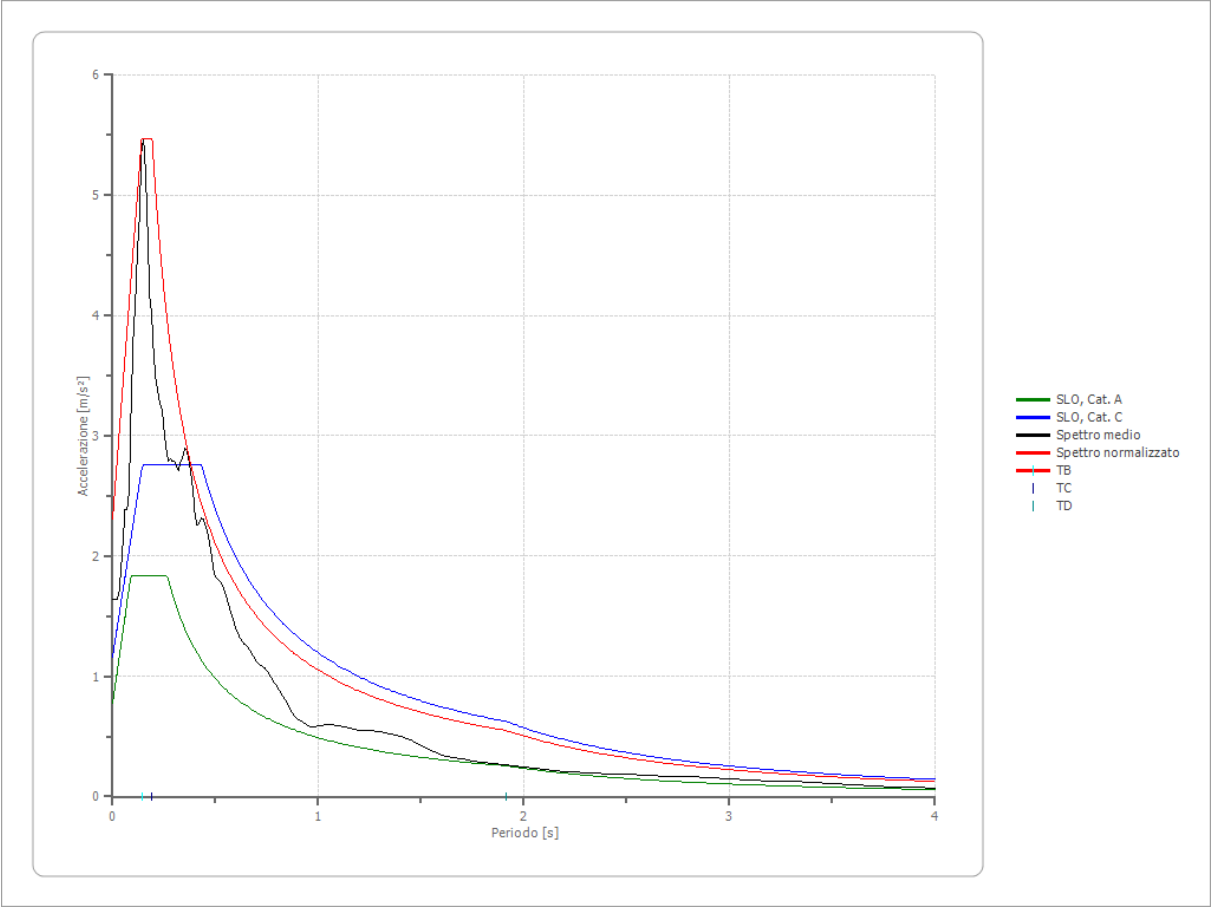
Ag [m/s ²]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s ²]	Se(TB) [m/s ²]	S
2.304	2.374	--	0.141	0.192	1.916	2.304	5.470	2.973

Confronto tra gli spettri

Confronto spettro normativa

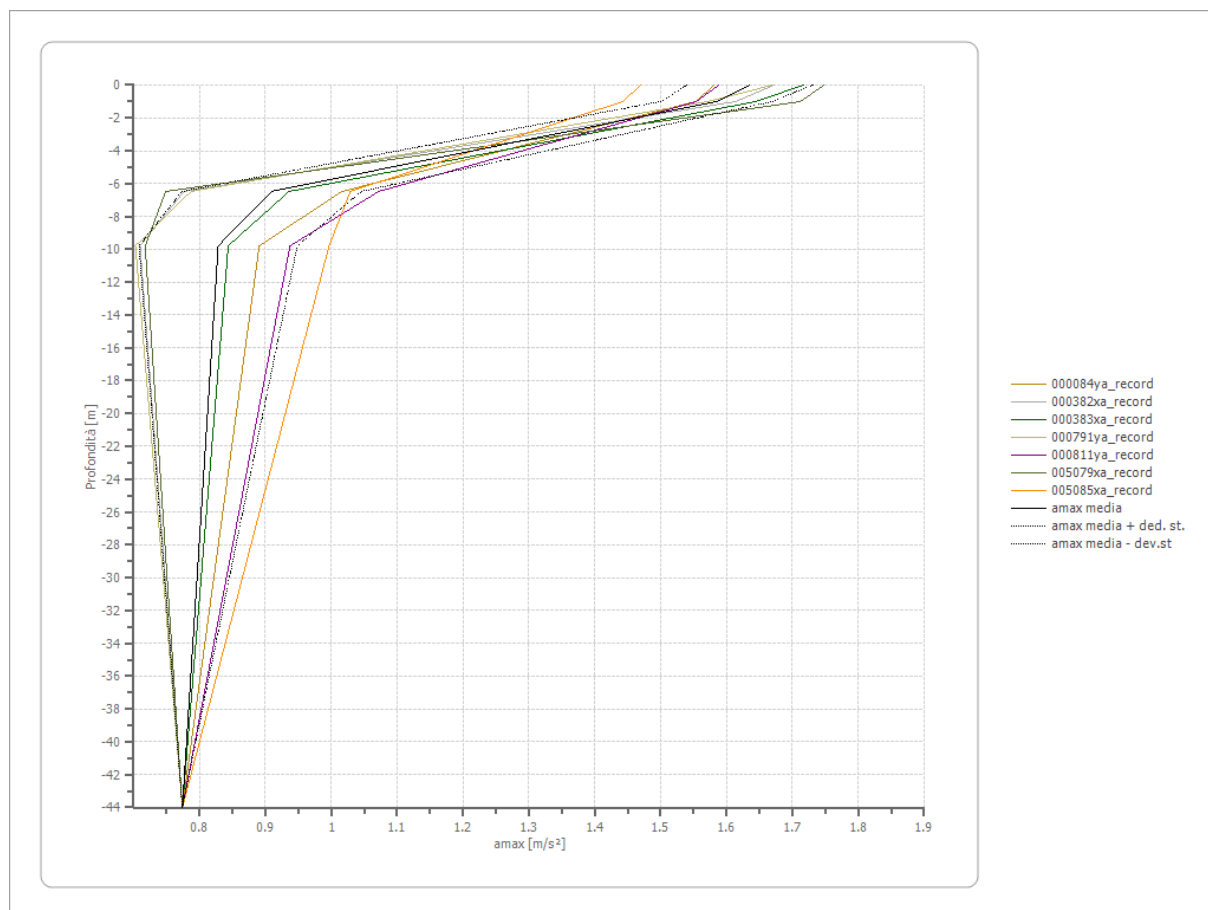
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguardi a vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardi a vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C
Tr [anni]	60	101	949	1950	60	101	949	1950
ag [m/s²]	0.775	0.961	2.040	2.492	0.775	0.961	2.040	2.492
Fo	2.374	2.448	2.545	2.509	2.374	2.448	2.545	2.509
Tc* [s]	0.266	0.267	0.28	0.289	0.266	0.267	0.28	0.289
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.38	1.32
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.63	1.62	1.60	1.58
TB [s]	0.089	0.089	0.093	0.096	0.144	0.144	0.149	0.152
TC [s]	0.266	0.267	0.280	0.289	0.432	0.433	0.447	0.457
TD [s]	1.916	1.992	2.432	2.616	1.916	1.992	2.432	2.616
Se(0) [m/s²]	0.775	0.961	2.040	2.492	1.163	1.442	2.820	3.283
Se(TB) [m/s²]	1.840	2.353	5.192	6.252	2.760	3.529	7.177	8.238



Profilo a max

	0.0 [m]	1.0 [m]	6.5 [m]	9.8 [m]	44.0 [m]
000084ya_record [m/s ²]	1.581	1.553	1.016	0.891	0.774
000382xa_record [m/s ²]	1.672	1.613	0.777	0.710	0.774
000383xa_record [m/s ²]	1.717	1.644	0.936	0.844	0.774
000791ya_record [m/s ²]	1.670	1.571	0.787	0.703	0.774
000811ya_record [m/s ²]	1.588	1.554	1.072	0.937	0.774
005079xa_record [m/s ²]	1.748	1.712	0.748	0.717	0.774
005085xa_record [m/s ²]	1.470	1.442	1.029	0.997	0.774
media [m/s ²]	1.635	1.584	0.909	0.828	0.774
Dev. St. [m/s ²]	0.095	0.085	0.136	0.120	0.000



Considerazioni conclusive

A conclusione del presente studio si traccia il quadro riassuntivo sulla base di quanto è emerso dalle indagini di superficie svolte che hanno permesso di individuare le caratteristiche geologiche, idrogeologiche, geostratigrafiche e geotecniche di un lotto sito nel Comune di Ariccia, in Provincia di Roma (RM).

In particolare dall'elaborazione delle prove penetrometriche è stato possibile identificare zone con caratteristiche geotecniche diverse.

STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

DPSH 1	Spessore	Peso	Peso eff.	N _{spt}	Q _c	F _i	C	Cu	E	G	E _{ed}
	(m)	(daN/m ²)	(daN/m ²)		(daN/cm ²)	(°)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)
Strato 1	1.8	1457.09	829.35	2.44	2.81	19.20	-	0.09	14.04	121.59	21.02
Strato 2	5.2	1584.72	919.93	6.69	8.74	22.03	-	0.29	43.69	237.36	39.17
Strato 3	0.4	1981.34	1201.40	23.00	27.16	32.87	-	0.91	135.80	597.12	130.33

DPSH 2	Spessore	Peso	Peso eff.	N _{spt}	Q _c	F _i	C	Cu	E	G	E _{ed}
	(m)	(daN/m ²)	(daN/m ²)		(daN/cm ²)	(°)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)
Strato 1	1.8	1451.69	825.52	2.22	2.56	19.05	-	0.09	12.79	116.68	19.78
Strato 2	4.4	1564.57	905.63	5.86	7.80	21.47	-	0.26	39.01	219.08	34.54

Viste le caratteristiche geotecniche dei terreni attraversati dalle prove penetrometriche si esprime un parere geologico positivo sulla fattibilità dell'opera in progetto.

L'ultima riclassificazione sismica relativa alla **DELIBERA DI GIUNTA REGIONALE n. 387 del 22 Maggio 2009** ha inserito il Comune di Ariccia in **Zona 2 – Sottozona B**; quindi con un'accelerazione di picco su terreno rigido compresa tra i seguenti valori:

$$0.15 \leq a_g < 0.20$$

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, la categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione è equivalente a "C":

$$V_{S30} = 325 \text{ m/s}$$

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

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE – **T1** Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

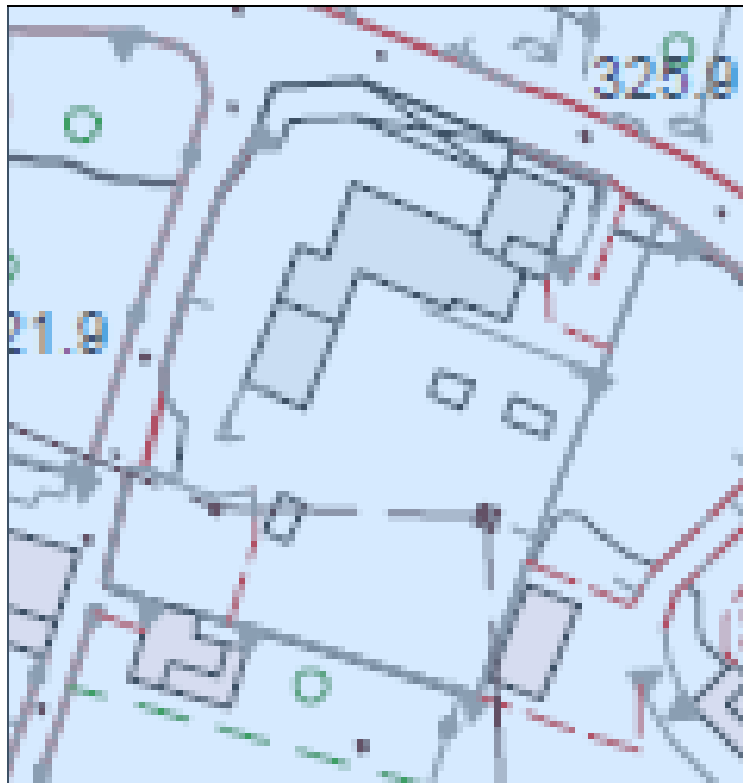
AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica **ST =1**

Il livello di rischio sismico è **ALTO** come definito da R.R. n. 7 del 16-04-2021.



Carta Geologica di dettaglio,

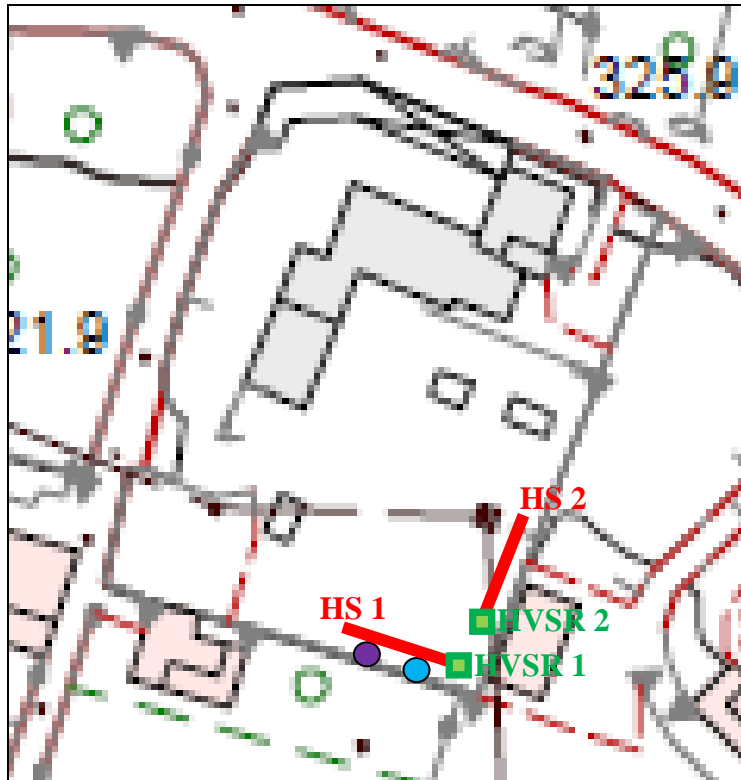
Scala 1:1 000







LEGENDA:

	deposito lacustre Depositi di riempimento dei laghi craterici di Valle Marciana, Quarto Laghetto, Valle Pozzo, Valle Ariccia e sedimenti attuali di spiaggia del Lago Albano. Sono costituiti da depositi ad elementi vulcanici siltoso-sabbiosi alternati a livelli argillosi. Spessori >10 m. <i>PLEISTOCENE SUPERIORE p.p. - OLOCENE</i>
---	--

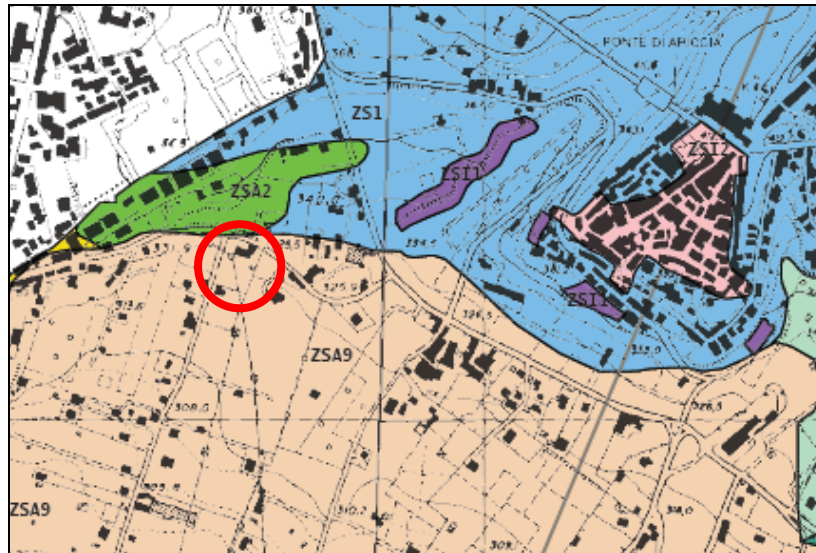
*Planimetria ubicativa delle indagini eseguite,
Scala 1:1 000*



LEGENDA:

	PROVA DPSH 1, SONDAGGIO MECCANICO S1, PROVA DOWN HOLE e PROVE SPT
	PROVA DPSH 2 SONDAGGIO MECCANICO S2, e CAMPIONE
	STESE SISMICHE
	MISURE HVSR

**Stralcio ripreso dalla Microzonazione Sismica di 1° Livello,
Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica,
Comune di Ariccia,
Scala 1:10 000**



LEGENDA:

Zone stabili



ZS1

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



ZSA1



ZSA2



ZSA3



ZSA4



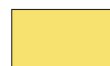
ZSA5



ZSA6



ZSA7



ZSA8



ZSA9

Zone suscettibili di instabilità

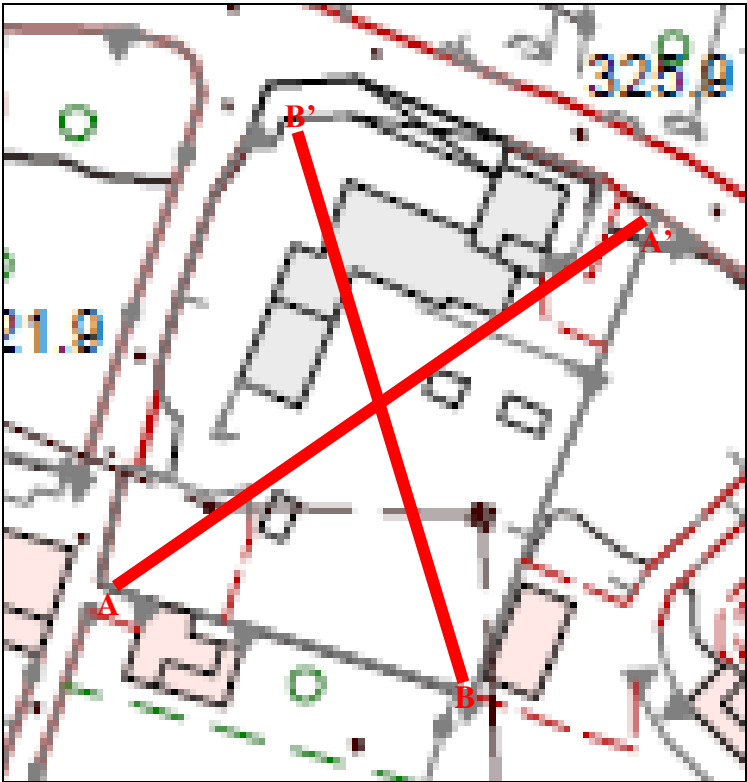


ZSI1 – Zona suscettibile di instabilità per frana

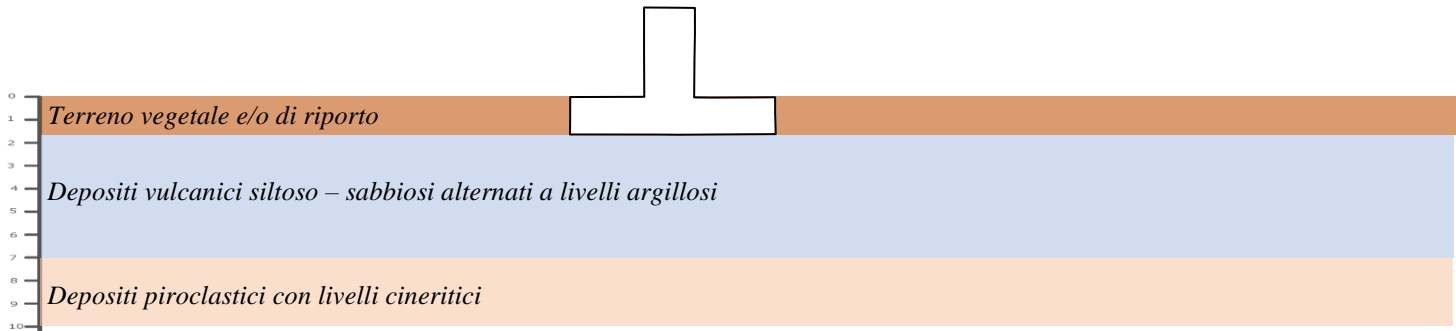


ZSI2 – Zona suscettibile di instabilità per presenza di cavità sotterranee

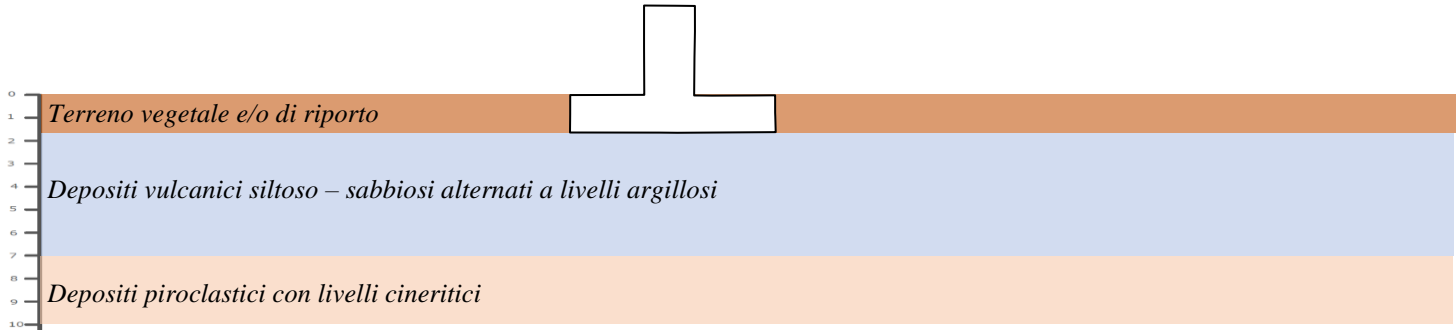
Sezioni geologiche con indicazione schematica delle opere in progetto



Sezione A – A’



Sezione B – B’



Documentazione fotografica attestante l'esecuzione delle indagini e delle prove



Prova DPSH 1.



Prova DPSH 2.



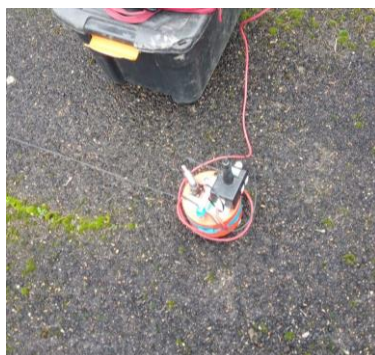
Stesa sismica HS 1.



Stesa sismica HS 2.



Misura HVSR 1.



Misura HVSR 2.



Sondaggio meccanico S1.



Sondaggio meccanico S2.



Cassette catalogatrici del sondaggio S1.



Cassette catalogatrici del sondaggio S2.



Prova Down Hole.



Ministero delle infrastrutture e dei trasporti
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici



**LABORATORIO PROVE TERRE AUTORIZZATO
CON DECRETO N° 318 DEL 17/06/2019
CERTIFICATO DI PROVA**

UNI EN ISO 9001

ED. 2015

ACCREDITATION SECTOR 28 - 34

OGGETTO DEI LAVORI: PROVE DI LABORATORIO

COMMITTENTE:

GEONET SRL

VERBALE DI ACCETTAZIONE N° 1431/2023

RIFERIMENTO INTERNO N° 004/2024

RISULTATI DELLE PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO





Ministero delle infrastrutture e dei trasporti
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici



LABORATORIO PROVE TERRE AUTORIZZATO
CON DECRETO N° 318 DEL 17/06/2019
CERTIFICATO DI PROVA

UNI EN ISO 9001
ED. 2015
ACCREDITATION SECTOR 28 - 34

Rif. Verb. N° 1431/2023

Oggetto dei lavori: Prove di Laboratorio

Nell'ambito dei lavori in oggetto, il Committente ha incaricato formalmente la Società GEO.MAT. SRL per l'esecuzione di prove geotecniche su campioni di terreno opportunamente prelevati. Sono, infatti, pervenuti presso codesto laboratorio i seguenti campioni:

<i>Campione</i>	<i>Profondità m</i>	<i>Data apertura campione</i>
C	1.50 – 1.80	25/01/2024

I campioni risultano essere opportunamente sigillati onde evitarne l'essiccazione e marcati da etichetta identificatrice che ne riporta la data di campionamento, il sito e le profondità.

Dopo l'apertura e l'analisi macroscopica si è proceduto alla selezione delle porzioni necessarie per la caratterizzazione fisica e meccanica

Nello specifico sono state eseguite le seguenti prove:

- Prova di taglio diretto con eventuale misura della resistenza residua – ASTM D3080

Di seguito verrà riportato il certificato **n° 2651** con riferimento ai campioni pervenuti in questo laboratorio

Crotone, lì 31/01/2024



Il direttore di Laboratorio
Dott. Geol. Sacco-Santo



Ministero delle infrastrutture e dei trasporti
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici



LABORATORIO PROVE TERRE AUTORIZZATO
CON DECRETO N° 318 DEL 17/06/2019
CERTIFICATO DI PROVA

UNI EN ISO 9001

ED. 2015

ACCREDITATION SECTOR 28 - 34

Riferimento n° 004/2024

V.A. n° 1431

Certificato n° 2651

Committente : GEONET SRL

Cantiere: ARICCIA

Campione : C

Profondità: 1.50 – 1.80 mt

CARATTERISTICHE GENERALI

SONDAGGIO	
CAMPIONE	C
STATO CAMPIONE	INDISTURBATO
PROFONDITA' MT	1.50 – 1.80
DATA APERTURA	25/01/2023
Peso dell'unità di volume	γ (KN/m ³) 17.11
Contenuto d'acqua naturale	w 27.50
Peso secco unità di volume	γ_d (KN/m ³) 13.95
Peso saturo unità di volume	γ_{sat} (KN/m ³) 18.00
Indice dei vuoti	e 0.899
ANGOLO DI ATTRITO (°)	ϕ 22.8
COESIONE Kpa	C 2.5

Il Direttore di Laboratorio
Dott. Geol. Sacco Santo



Lo Sperimentatore
Geom. Piro Eugenio

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

IMPOSTAZIONE DATI

Cantiere	ARICCIA		
Progetto			
Numero Sondaggio		Tipo provino	Compattato
Descrizione provino			
Tipo macchina di taglio	WF Shearmatic / Large Shearbox		
Tipo di scatola	<input checked="" type="radio"/> circol. <input type="radio"/> quadrata	Peso specifico	2.70
Secco o immerso	immerso	Stimato / misurato	Stimato

PROVINO 1

Numero Campione	C	Profondità prelievo (m)	1.50
-----------------	---	-------------------------	------

Misure iniziali

Diametro (mm)	63.5	Sezione provino (mm ²)	3166.9
Spessore provino (mm)	20.0	Volume provino (cc)	63.3
Massa provino (g)	110.0	Densità umida (kN/m ³)	17.04
		Densità secca (kN/m ³)	14.08

Umidità (trimming)

Peso prov. umido+tara (g)	199.13	Umidità finale (intero provino)	
Peso prov. secco+tara (g)	156.31	Peso prov. umido+tara (g)	120.20
Peso tara (g)	5.87	Peso prov. secco+tara (g)	96.66
Contenuto d'acqua (%)	28.46	Peso tara (g)	5.74
		Contenuto d'acqua (%)	25.89

Pressione applicata

Peso applicato sul telaio (kg)	N/A	Peso totale sul provino (kg)	N/A
Peso applicato sulla leva (kg)	N/A	Pressione verticale (kPa)	100
Rapporto di leva (*:1)	N/A	Deformazione attrezzatura (mm)	

Fase di consolidazione

Lettura iniziale dello spostamento verticale (mm)*	0.000		
Lettura iniziale spostamento verticale (mm)	0.00		
Lettura iniziale forza orizzontale (N)	0.0		
t ₅₀ (mins)			
Spostamento orizzontale a rottura (mm)			
Tempo minimo a rottura (mins)			
Velocità fase di taglio (mm/min)	Calcolata	Effettiva	0.006000

Fase di taglio

Lettura iniziale dello spostamento verticale (mm)*	0.000		
Lettura iniziale spostamento verticale (mm)*	0.00		
Lettura iniziale forza orizzontale (N)*	0.0		

* In mancanza di letture iniziali, si assumono i valori dai dati di prova

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

IMPOSTAZIONE DATI

Cantiere	ARICCIA		
Progetto			
Numero Sondaggio		Tipo provino	Compattato
Descrizione provino			
Tipo macchina di taglio	WF Shearmatic / Large Shearbox		
Tipo di scatola	<input checked="" type="radio"/> circol. <input type="radio"/> quadrata	Peso specifico	2.70
Secco o immerso	immerso	Stimato / misurato	Stimato

PROVINO 2

Numero Campione	C	Profondità prelievo (m)	1.50
-----------------	---	-------------------------	------

Misure iniziali

Diametro (mm)	63.5	Sezione provino (mm ²)	3166.9
Spessore provino (mm)	20.0	Volume provino (cc)	63.3
Massa provino (g)	111.3	Densità umida (kN/m ³)	17.24
		Densità secca (kN/m ³)	13.93

Umidità (trimming)

Peso prov. umido+tara (g)	157.05	Umidità finale (intero provino)	
Peso prov. secco+tara (g)	123.89	Peso prov. umido+tara (g)	118.00
Peso tara (g)	5.97	Peso prov. secco+tara (g)	95.65
Contenuto d'acqua (%)	28.12	Peso tara (g)	5.74
		Contenuto d'acqua (%)	24.86

Pressione applicata

Peso applicato sul telaio (kg)	N/A	Peso totale sul provino (kg)	N/A
Peso applicato sulla leva (kg)	N/A	Pressione verticale (kPa)	200
Rapporto di leva (**:1)	N/A	Deformazione attrezzatura (mm)	

Fase di consolidazione

Lettura iniziale dello spostamento verticale (mm)*	0.000		
Lettura iniziale spostamento verticale (mm)	0.00		
Lettura iniziale forza orizzontale (N)	0.0		
t ₅₀ (mins)			
Spostamento orizzontale a rottura (mm)			
Tempo minimo a rottura (mins)			
Velocità fase di taglio (mm/min)	Calcolata	Effettiva	0.006000

Fase di taglio

Lettura iniziale dello spostamento verticale (mm)*	0.000		
Lettura iniziale spostamento verticale (mm)*	0.00		
Lettura iniziale forza orizzontale (N)*	0.0		

* In mancanza di letture iniziali, si assumono i valori dai dati di prova

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
IMPOSTAZIONE DATI

Cantiere	ARICCIA		
Progetto			
Numero Sondaggio		Tipo provino	Compattato
Descrizione provino			
Tipo macchina di taglio	WF Shearmatic / Large Shearbox		
Tipo di scatola	<input checked="" type="radio"/> circol. <input type="radio"/> quadrata	Peso specifico	2.70
Secco o immerso	immerso	Stimato / misurato	Stimato

PROVINO 3			
Numero Campione	C	Profondità prelievo (m)	1.50

Misure iniziali			
Diametro (mm)	63.5	Sezione provino (mm ²)	3166.9
Spessore provino (mm)	20.0	Volume provino (cc)	63.3
Massa provino (g)	110.0	Densità umida (kN/m ³)	17.04
		Densità secca (kN/m ³)	13.84

Umidità (trimming)		Umidità finale (intero provino)	
Peso prov. umido+tara (g)	180.46	Peso prov. umido+tara (g)	119.45
Peso prov. secco+tara (g)	142.92	Peso prov. secco+tara (g)	95.00
Peso tara (g)	6.04	Peso tara (g)	5.67
Contenuto d'acqua (%)	27.43	Contenuto d'acqua (%)	27.37

Pressione applicata			
Peso applicato sul telaio (kg)	N/A	Peso totale sul provino (kg)	N/A
Peso applicato sulla leva (kg)	N/A	Pressione verticale (kPa)	300
Rapporto di leva (**:1)	N/A	Deformazione attrezzatura (mm)	

Fase di consolidazione			
Lettura iniziale dello spostamento verticale (mm)*		0.000	
Lettura iniziale spostamento verticale (mm)		0.00	
Lettura iniziale forza orizzontale (N)		0.0	
t ₅₀ (mins)			
Spostamento orizzontale a rottura (mm)			
Tempo minimo a rottura (mins)			
Velocità fase di taglio (mm/min)	Calcolata	Effettiva	0.006000

Fase di taglio			
Lettura iniziale dello spostamento verticale (mm)*		0.000	
Lettura iniziale spostamento verticale (mm)*		0.00	
Lettura iniziale forza orizzontale (N)*		0.0	

* In mancanza di letture iniziali, si assumono i valori dai dati di prova

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Cantiere	ARICCIA	Numero Campione	C
Progetto		Profondità prelievo (m)	1.50
Numero Sondaggio			

PROVINO 1 Pressione verticale (kPa) 100

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
30.00	0.108	0.33	56.1	0.108	0.33	56.1	17.7
60.00	0.131	0.50	70.2	0.131	0.50	70.2	22.2
90.00	0.161	0.67	80.9	0.161	0.67	80.9	25.6
120.00	0.181	0.84	90.4	0.181	0.84	90.4	28.6
150.00	0.206	1.00	99.1	0.206	1.00	99.1	31.3
180.00	0.219	1.18	106.2	0.219	1.18	106.2	33.5
210.00	0.222	1.36	108.8	0.222	1.36	108.8	34.4
240.00	0.222	1.54	111.5	0.222	1.54	111.5	35.2
270.00	0.222	1.71	115.6	0.222	1.71	115.6	36.5
300.00	0.226	1.87	119.4	0.226	1.87	119.4	37.7
330.00	0.236	2.04	127.1	0.236	2.04	127.1	40.1
360.00	0.248	2.21	134.9	0.248	2.21	134.9	42.6
390.00	0.257	2.37	142.0	0.257	2.37	142.0	44.8
420.00	0.265	2.54	146.0	0.265	2.54	146.0	46.1
450.00	0.273	2.71	153.3	0.273	2.71	153.3	48.4
480.00	0.276	2.89	157.9	0.276	2.89	157.9	49.9
510.00	0.284	3.06	163.5	0.284	3.06	163.5	51.6
540.00	0.284	3.23	168.0	0.284	3.23	168.0	53.1
570.00	0.284	3.40	172.6	0.284	3.40	172.6	54.5
600.00	0.284	3.57	176.2	0.284	3.57	176.2	55.6
630.00	0.284	3.74	179.7	0.284	3.74	179.7	56.7
660.00	0.284	3.91	182.5	0.284	3.91	182.5	57.6
690.00	0.283	4.08	185.6	0.283	4.08	185.6	58.6
720.00	0.283	4.25	188.2	0.283	4.25	188.2	59.4
750.00	0.283	4.41	190.7	0.283	4.41	190.7	60.2
780.00	0.283	4.60	192.4	0.283	4.60	192.4	60.7
810.00	0.282	4.78	194.7	0.282	4.78	194.7	61.5
840.00	0.282	4.96	196.4	0.282	4.96	196.4	62.0
870.00	0.282	5.11	197.3	0.282	5.11	197.3	62.3
900.00	0.281	5.30	197.9	0.281	5.30	197.9	62.5
930.00	0.281	5.47	197.9	0.281	5.47	197.9	62.5
960.00	0.280	5.64	198.3	0.280	5.64	198.3	62.6
990.00	0.279	5.82	198.4	0.279	5.82	198.4	62.6
1020.00	0.276	6.00	199.5	0.276	6.00	199.5	63.0
1050.00	0.272	6.16	199.7	0.272	6.16	199.7	63.0

Il direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Sacco Santo)



Lo sperimentatore
(Geom. Piro Eugenio)

DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

1.50

100

Lo sperimentatore
(Geom. Piro Eugenio)

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Cantiere	ARICCIA	Numero Campione	C
Progetto		Profondità prelievo (m)	1.5
Numero Sondaggio			

PROVINO 2 Pressione verticale (kPa) 200

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
30.00	2.177	0.28	76.5	2.177	0.28	76.5	24.1
60.00	2.226	0.41	109.6	2.226	0.41	109.6	34.6
90.00	2.269	0.54	134.4	2.269	0.54	134.4	42.4
120.00	2.307	0.66	144.6	2.307	0.66	144.6	45.7
150.00	2.318	0.72	167.3	2.318	0.72	167.3	52.8
180.00	2.360	0.87	188.5	2.360	0.87	188.5	59.5
210.00	2.391	1.01	205.9	2.391	1.01	205.9	65.0
240.00	2.410	1.14	218.4	2.410	1.14	218.4	68.9
270.00	2.432	1.28	233.1	2.432	1.28	233.1	73.6
300.00	2.449	1.43	247.6	2.449	1.43	247.6	78.2
330.00	2.470	1.59	257.4	2.470	1.59	257.4	81.3
360.00	2.481	1.75	266.4	2.481	1.75	266.4	84.1
390.00	2.494	1.90	278.0	2.494	1.90	278.0	87.8
420.00	2.510	2.03	286.4	2.510	2.03	286.4	90.4
450.00	2.532	2.18	286.8	2.532	2.18	286.8	90.6
480.00	2.545	2.33	288.0	2.545	2.33	288.0	90.9
510.00	2.560	2.47	288.9	2.560	2.47	288.9	91.2
540.00	2.572	2.64	290.4	2.572	2.64	290.4	91.7
570.00	2.582	2.79	290.8	2.582	2.79	290.8	91.8
600.00	2.590	2.94	291.0	2.590	2.94	291.0	91.9
630.00	2.594	3.07	291.4	2.594	3.07	291.4	92.0
660.00	2.599	3.21	297.1	2.599	3.21	297.1	93.8
690.00	2.608	3.37	298.8	2.608	3.37	298.8	94.4
720.00	2.614	3.52	301.9	2.614	3.52	301.9	95.3
750.00	2.617	3.68	306.8	2.617	3.68	306.8	96.9
780.00	2.617	3.83	312.6	2.617	3.83	312.6	98.7
810.00	2.622	3.97	318.3	2.622	3.97	318.3	100.5
840.00	2.627	4.11	325.7	2.627	4.11	325.7	102.8
870.00	2.636	4.26	332.1	2.636	4.26	332.1	104.9
900.00	2.638	4.41	339.4	2.638	4.41	339.4	107.2
930.00	2.643	4.56	346.3	2.643	4.56	346.3	109.3
960.00	2.647	4.73	350.1	2.647	4.73	350.1	110.6
990.00	2.650	4.87	353.5	2.650	4.87	353.5	111.6
1020.00	2.652	5.01	356.4	2.652	5.01	356.4	112.5
1050.00	2.652	5.15	363.9	2.652	5.15	363.9	114.9

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Cantiere	ARICCIA	Numero Campione	C
Progetto		Profondità prelievo (m)	1.5
Numero Sondaggio			

PROVINO 2Pressione verticale (kPa) 200

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
1080.00	2.655	5.30	369.2	2.655	5.30	369.2	116.6
1110.00	2.655	5.45	372.4	2.655	5.45	372.4	117.6
1140.00	2.655	5.61	375.3	2.655	5.61	375.3	118.5
1170.00	2.656	5.76	379.6	2.656	5.76	379.6	119.9
1200.00	2.656	5.91	384.1	2.656	5.91	384.1	121.3
1230.00	2.656	6.05	386.9	2.656	6.05	386.9	122.2
1260.00	2.656	6.20	388.6	2.656	6.20	388.6	122.7
1290.00	2.657	6.34	391.5	2.657	6.34	391.5	123.6
1320.00	2.658	6.49	393.6	2.658	6.49	393.6	124.3
1350.00	2.658	6.65	395.2	2.658	6.65	395.2	124.8
1380.00	2.658	6.80	397.0	2.658	6.80	397.0	125.4
1410.00	2.658	6.94	400.7	2.658	6.94	400.7	126.5
1440.00	2.658	7.08	400.9	2.658	7.08	400.9	126.6
1470.00	2.658	7.23	404.6	2.658	7.23	404.6	127.8
1500.00	2.659	7.38	405.3	2.659	7.38	405.3	128.0
1530.00	2.659	7.53	404.4	2.659	7.53	404.4	127.7
1560.00	2.659	7.69	403.7	2.659	7.69	403.7	127.5
1590.00	2.659	7.84	399.1	2.659	7.84	399.1	126.0

Il direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Sacco Santo)



Lo sperimentatore
(Geom. Piro Eugenio)

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Cantiere	ARICCIA	Numero Campione	C
Progetto		Profondità prelievo (m)	1.5
Numero Sondaggio			

PROVINO 3 Pressione verticale (kPa) 300

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
30.00	0.111	0.36	163.7	0.111	0.36	163.7	51.7
60.00	0.149	0.52	215.5	0.149	0.52	215.5	68.0
90.00	0.194	0.68	254.4	0.194	0.68	254.4	80.3
120.00	0.230	0.88	291.6	0.230	0.88	291.6	92.1
150.00	0.262	1.03	325.6	0.262	1.03	325.6	102.8
180.00	0.291	1.19	355.2	0.291	1.19	355.2	112.2
210.00	0.322	1.37	381.8	0.322	1.37	381.8	120.6
240.00	0.343	1.55	407.2	0.343	1.55	407.2	128.6
270.00	0.363	1.73	428.3	0.363	1.73	428.3	135.2
300.00	0.381	1.90	446.7	0.381	1.90	446.7	141.1
330.00	0.400	2.06	465.7	0.400	2.06	465.7	147.1
360.00	0.411	2.25	481.9	0.411	2.25	481.9	152.2
390.00	0.419	2.43	496.1	0.419	2.43	496.1	156.7
420.00	0.430	2.63	510.4	0.430	2.63	510.4	161.2
450.00	0.441	2.80	523.0	0.441	2.80	523.0	165.1
480.00	0.447	2.97	534.1	0.447	2.97	534.1	168.6
510.00	0.454	3.15	545.2	0.454	3.15	545.2	172.2
540.00	0.461	3.33	553.7	0.461	3.33	553.7	174.8
570.00	0.467	3.52	561.7	0.467	3.52	561.7	177.4
600.00	0.472	3.71	568.5	0.472	3.71	568.5	179.5
630.00	0.481	3.88	574.8	0.481	3.88	574.8	181.5
660.00	0.492	4.05	579.9	0.492	4.05	579.9	183.1
690.00	0.503	4.24	584.4	0.503	4.24	584.4	184.5
720.00	0.506	4.41	585.4	0.506	4.41	585.4	184.8
750.00	0.513	4.59	585.4	0.513	4.59	585.4	184.8
780.00	0.517	4.77	585.9	0.517	4.77	585.9	185.0
810.00	0.521	4.95	585.8	0.521	4.95	585.8	185.0
840.00	0.522	5.13	585.2	0.522	5.13	585.2	184.8
870.00	0.521	5.32	585.2	0.521	5.32	585.2	184.8
900.00	0.521	5.50	584.7	0.521	5.50	584.7	184.6
930.00	0.520	5.66	584.7	0.520	5.66	584.7	184.6
960.00	0.523	5.85	585.2	0.523	5.85	585.2	184.8
990.00	0.528	6.04	585.4	0.528	6.04	585.4	184.8
1020.00	0.532	6.23	584.7	0.532	6.23	584.7	184.6
1050.00	0.536	6.41	582.5	0.536	6.41	582.5	183.9

Il direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Sacco Santo)



Lo sperimentatore
(Geom. Piro Eugenio)

DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

1.5

Pressione verticale (kPa) 300

Il direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Sacco Santo)



Lo sperimentatore
(Geom. Piro Eugenio)

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
RAPPORTO DI PROVA - SOMMARIO

Cantiere	ARICCIA		
Progetto			
Numero Sondaggio		Tipo provino	Compattato
Descrizione provino			
Peso specifico	2.70 (Stimato)	Provini sottoposti a prova immerso	
Tipo macchina di taglio	WF Shearmatic / Large Shearbox		

CONDIZIONI INIZIALI	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Numero Campione	C	C	C
Profondità prelievo (m)	1.50	1.50	1.50
Altezza (mm)	20.0	20.0	20.0
Diametro (mm)	63.5	63.5	63.5
Sezione (mm²)	3166.9	3166.9	3166.9
Umidità (misura diretta) (%)	21	24	23
Umidità (trimming) (%)	28	28	27
Densità secca (g)	90.9	89.9	89.3
Densità umida (kN/m³)	17.04	17.24	17.04
Densità secca (kN/m³)	14.08	13.93	13.84
Indice dei vuoti	0.881	0.902	0.914
Grado di saturazione (%)	64	71	68

FASE DI TAGLIO			
Velocità fase di taglio (mm/min)	0.006000	0.006000	0.006000
Condizioni a rottura (Resistenza al taglio massima)			
Pressione verticale (kPa)	100	200	300
Tensione di taglio (kPa)	63	128	185
Spostamento orizzontale (mm)	6.16	7.38	4.77
Def. verticale (mm)	0.272	2.659	0.517

CONDIZIONI FINALI			
Contenuto d'acqua (%)	26	25	27
Densità umida (kN/m³)	17.96	18.00	18.15
Densità secca (kN/m³)	14.27	16.06	14.25

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
RAPPORTO DI PROVA

Cantiere	ARICCIA	Numero Campione	C, C, C
Progetto		Profondità prelievo (m)	1.50, 1.50, 1.50
Numero Sondaggio			

