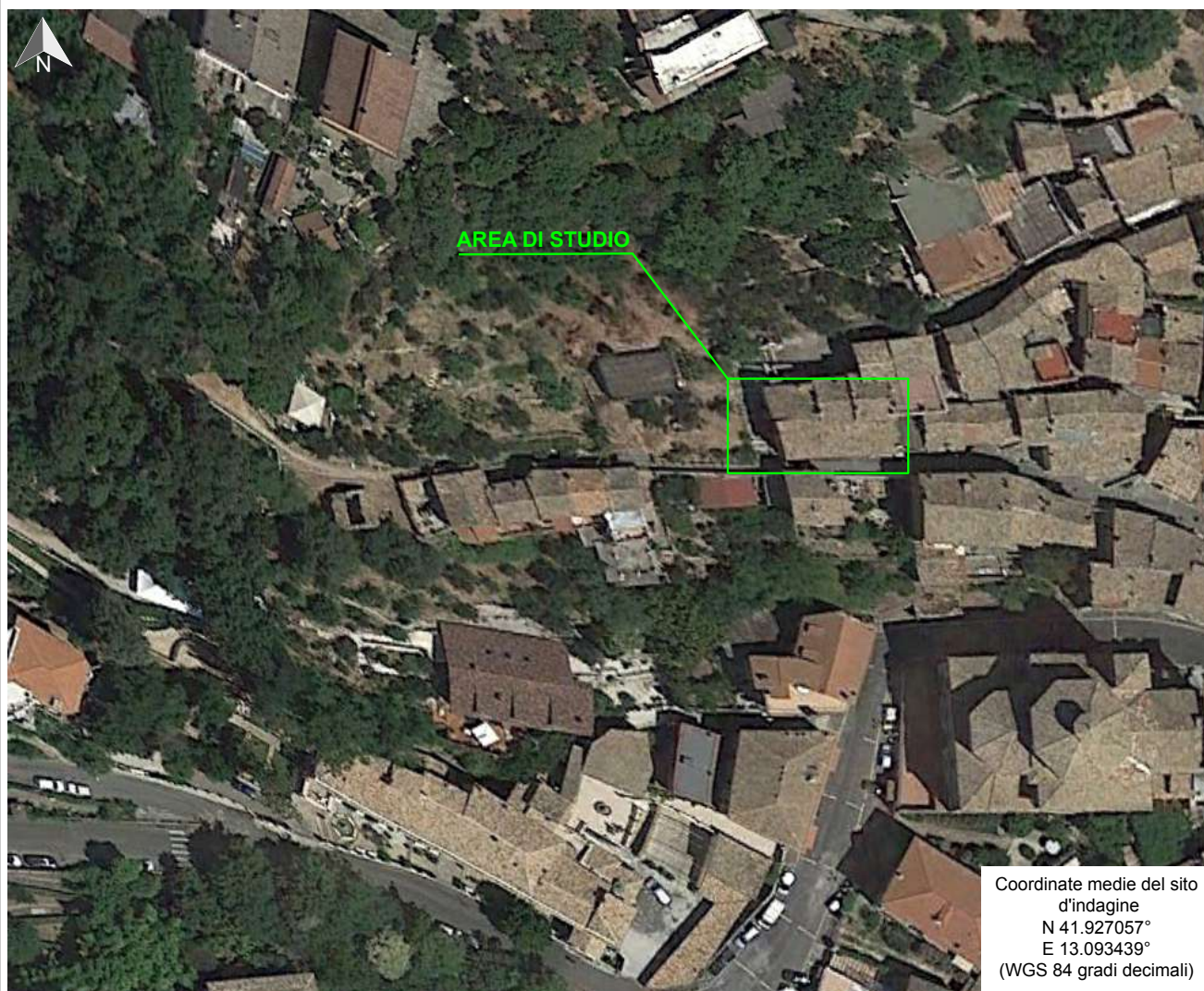




REGIONE LAZIO
CITTA' METROPOLITANA DI ROMA
COMUNE DI SUBIACO



RAPPORTO INDAGINI GEOTECNICHE E GEOFISICHE



Via G. Proietti

REV.	DATA	COMMITTENTE	IMPRESA ESECUTRICE
0	21/02/2022	Comune di Subiaco	Aureli Soil Srl
PER PRESA VISIONE			
PROGETTISTA		D.L. STRUTTURALE	GEOLOGO



AURELI SOIL Srl - Via Larnarmora, 77 - 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 - Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
Tel: 0863.88464 - 0863.420747 - Cod. Univoco M5UXCR1
info@aurelisoil.it - aurelisoil@pec.aurelisoil.it - www.aurelisoil.it



AURELI SOIL Srl

RAPPORTO INDAGINI GEOTECNICHE E GEOFISICHE

Sommario

1. PREMESSA.....	2
2. PROVA PENETROMETRICA DINAMICA – DPSH.....	3
2.1 ELABORAZIONE PROVA DPSH1	13
2.2 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA DPSH1	16
2.3 ELABORAZIONE PROVA DPSH2	17
2.4 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA DPSH2	20
3. PROVA SISMICA DI SUPERFICIE - MASW	21
3.1 INTRODUZIONE	21
3.2 MODALITA' DI ACQUISIZIONE.....	22
3.3 RISULTATI DELLE ANALISI MASW	23
3.4 RISULTATI MASW1	24
4.0 PROVA SISMICA PASSIVA – HVSR	31
4.1 METODOLOGIA DI CALCOLO DEI RAPPORTI SPETTRALI.....	31
4.2 CONDIZIONI DI RAPPRESENTATIVITA' DEL PICCO.....	32
4.3 CURVA HVSR MISURATA E RISULTATI DELL'ANALISI	34

Allegati:

- **AII.1** CERTIFICATO CAMPIONE PRELEVATO;
- **AII.2** UBICAZIONE INDAGINI E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.

1. PREMESSA

In date **11-18 Febbraio 2022** è stata condotta una campagna di indagini geotecniche e geofisiche per conto del **Comune di Subiaco**, al fine di definire le caratteristiche geotecniche e geofisiche del sito ubicato nel **Comune di Subiaco (RM), via G. Proietti**. Di seguito vengono elencate le indagini eseguite:

TIPOLOGIA DI INDAGINE	OBIETTIVO	DATA	QUANTITA'	PROFONDITA' / LUNGHEZZA
Prova Penetrometrica di tipo DPSH	<u>Caratterizzazione geotecnica del sito</u>	11/02/2022 18/02/2022	N°1 N°1	DPSH1 – 1,00 m DPSH2 – 1,40 m
Sismica di Superficie MASW	<u>Caratterizzazione del parametro VsEq per la categoria di suolo (D.M. 17-01-18)</u>	18/02/2022	N°1	M1 – 24 m
Sismica Passiva HVSR (Microtremori)	<u>Individuazione frequenza fondamentale del sito (D.M. 17-01-18)</u>	18/02/2022	N°1	HVSR1 – 30 min
Prelievo campione indisturbato	<u>Caratterizzazione geotecnica del sito</u>	18/02/2022	N°1	CI1 da 0,5 a 1,0 m

Le indagini penetrometriche DPSH sono state eseguite con penetrometro Pagani, costruito in conformità delle norme tecniche UNI ENV 1997-3:2002 o EN ISO 22476-2:2005 e secondo quanto previsto dalle norme UNI EN/1997-1 e UNI EN/1997- 2.

2. PROVA PENETROMETRICA DINAMICA – DPSH

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

Penetrometri in uso in Italia

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

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A = 10 \text{ cm}^2$ 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:

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

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

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

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

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

R _{pd}	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:

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

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

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

C_S parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

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

C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

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

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

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

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

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

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

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

Media

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

Media minima

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

Massimo

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

Minimo

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

Scarto quadratico medio

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

Media deviata

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

Media (+ s)

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

Media (- s)

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

Distribuzione normale R.C.

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

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

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

Distribuzione normale R.N.C.

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

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

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

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

CORRELAZIONI GEOTECNICHE TERRENI INCOERENTI

Correzione N_{spt} in presenza di falda

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

N_{spt} è il valore medio nello strato

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

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38°.
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977) - Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.

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

Modulo Di Young (E_y)

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

Modulo Edometrico

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

- 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

- 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.

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.

CORRELAZIONI GEOTECNICHE TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat, da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC.
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Modulo Edometrico-Confinato (Mo)

- Stroud e Butler (1975), per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a 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 $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt} = 6-12$).

Modulo Di Young (E_y)

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

2.1 ELABORAZIONE PROVA DPSH1

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	1,472
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

Strumento utilizzato DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 11/02/2022
 Profondità prova 1,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	17,96	21,01	0,90	1,05
0,40	48	0,651	328,22	504,35	16,41	25,22
0,60	53	0,647	330,69	511,10	16,53	25,56
0,80	59	0,643	366,03	568,96	18,30	28,45
1,00	100	0,640	616,94	964,34	30,85	48,22

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,2	2	21,02	Incoerente - coesivo	1,63	1,86	0,02	1,47	2,94	Strato 1
1	53,33	528,14	Incoerente - coesivo	2,5	2,5	0,13	1,47	78,5	Strato 2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH1

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	2,94	0.00-0,20	2,94	Gibbs & Holtz 1957	17,05
Strato 2	78,5	0,20-1,00	78,5	Gibbs & Holtz 1957	95,24

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	2,94	0.00-0,20	2,94	Meyerhof (1956)	20,84
Strato 2	78,5	0,20-1,00	78,5	Meyerhof (1956)	37,43

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	2,94	0.00-0,20	2,94	Schultze-Menzenbach	42,40
Strato 2	78,5	0,20-1,00	78,5	Schultze-Menzenbach	355,85

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	2,94	0.00-0,20	2,94	Menzenbach e Malcev	48,41
Strato 2	78,5	0,20-1,00	78,5	Menzenbach e Malcev	388,11

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	2,94	0.00-0,20	2,94	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato 2	78,5	0,20-1,00	78,5	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	2,94	0.00-0,20	2,94	Meyerhof ed altri	1,45
Strato 2	78,5	0,20-1,00	78,5	Meyerhof ed altri	2,50

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	2,94	0.00-0,20	2,94	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
Strato 2	78,5	0,20-1,00	78,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	2,94	0.00-0,20	2,94	(A.G.I.)	0,35
Strato 2	78,5	0,20-1,00	78,5	(A.G.I.)	0,19

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	2,94	0.00-0,20	2,94	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	241,59
Strato 2	78,5	0,20-1,00	78,5	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	1797,53

2.2 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA DPSH1

www.aurelisoil.it
 AURELI SOIL snc
 Via Lamarmora, 77
 67055 Gioia dei Marsi (AQ)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH1
 Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente:
 Cantiere:
 Località:

Data: 11/02/2022

Scala 1:5



2.3 ELABORAZIONE PROVA DPSH2

Strumento utilizzato DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 18/02/2022
 Profondità prova 1,40 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	5	0,855	44,90	52,54	2,24	2,63
0,40	4	0,851	35,76	42,03	1,79	2,10
0,60	5	0,847	40,84	48,22	2,04	2,41
0,80	47	0,643	291,59	453,24	14,58	22,66
1,00	52	0,640	320,81	501,46	16,04	25,07
1,20	58	0,636	355,88	559,32	17,79	27,97
1,40	100	0,633	610,30	964,34	30,52	48,22

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,6	4,67	47,6	Incoerente - coesivo	1,85	1,9	0,06	1,47	6,87	Strato 1
1,4	52,33	504,67	Incoerente - coesivo	2,5	2,5	0,21	1,47	77,03	Strato 2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH2

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	6,87	0,00-0,60	6,87	Gibbs & Holtz 1957	32,09
Strato 2	77,03	0,60-1,40	77,03	Gibbs & Holtz 1957	91,9

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	6,87	0.00-0,60	6,87	Meyerhof (1956)	21,96
Strato 2	77,03	0,60-1,40	77,03	Meyerhof (1956)	37,01

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	6,87	0.00-0,60	6,87	Schultze-Menzenbach	55,37
Strato 2	77,03	0,60-1,40	77,03	Schultze-Menzenbach	349,23

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	6,87	0.00-0,60	6,87	Menzenbach e Malcev	62,32
Strato 2	77,03	0,60-1,40	77,03	Menzenbach e Malcev	381,55

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	6,87	0.00-0,60	6,87	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato 2	77,03	0,60-1,40	77,03	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 1	6,87	0.00-0,60	6,87	Meyerhof ed altri	1,62
Strato 2	77,03	0,60-1,40	77,03	Meyerhof ed altri	2,50

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
Strato 1	6,87	0.00-0,60	6,87	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
Strato 2	77,03	0,60-1,40	77,03	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	6,87	0.00-0,60	6,87	(A.G.I.)	0,34
Strato 2	77,03	0,60-1,40	77,03	(A.G.I.)	0,2

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	6,87	0.00-0,60	6,87	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	405,78
Strato 2	77,03	0,60-1,40	77,03	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	1776,88

2.4 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA DPSH2

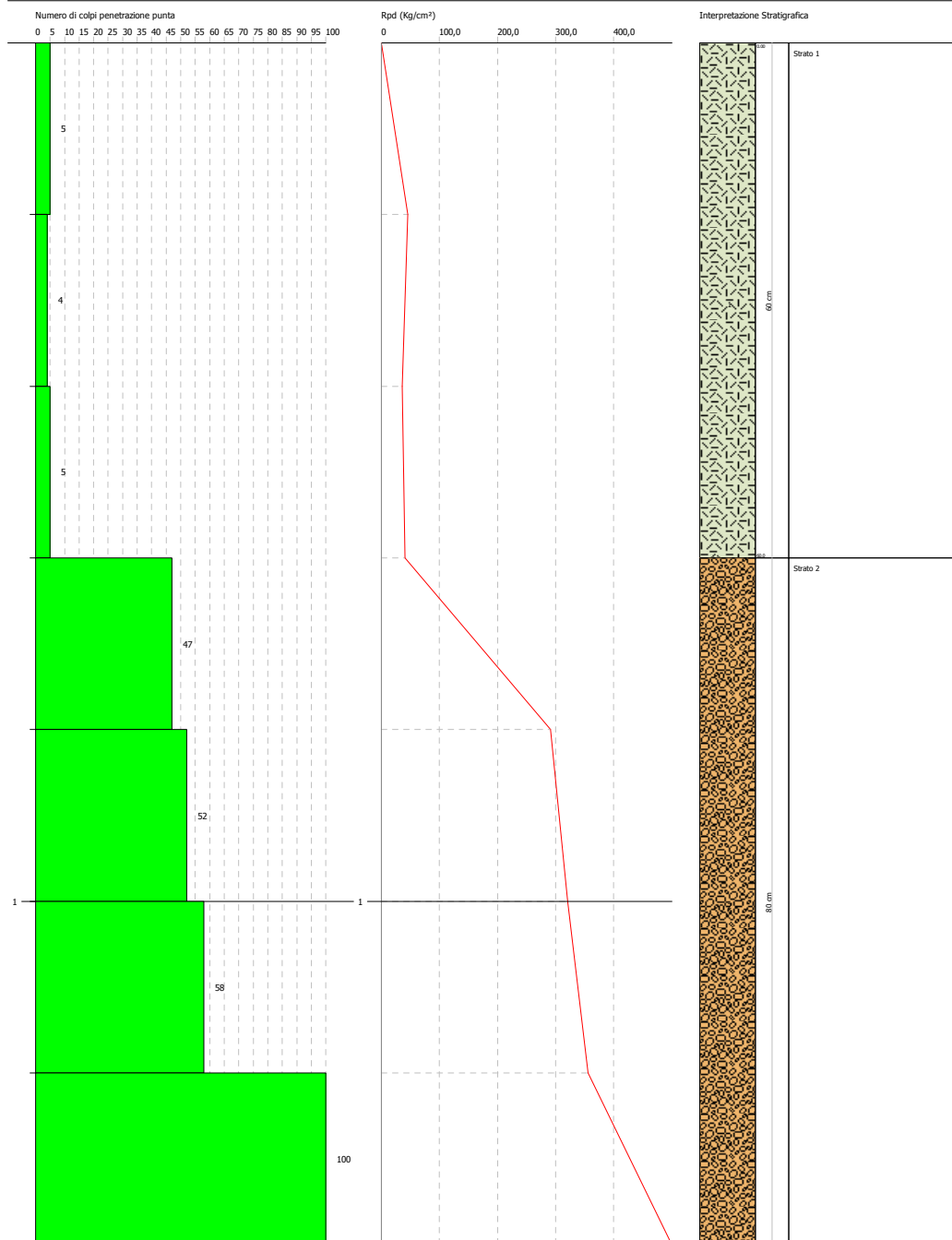
www.aurelisoil.it
 AURELI SOIL snc
 Via Lamarmora, 77
 67055 Gioia dei Marsi (AQ)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH2
 Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente:
 Cantiere:
 Località:

Data: 18/02/2022

Scala 1:7



3. PROVA SISMICA DI SUPERFICIE - MASW

3.1 INTRODUZIONE

E' stata eseguita una campagna di indagini sismiche con metodologia MASW per l'acquisizione del profilo di velocità delle onde di taglio Vs,Eq (Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17 gennaio 2018).

Poiché nei siti di studio il substrato sismico non è presente nei primi 30 m dal p.c. il parametro VsEq può essere espresso come Vs30.

Il parametro Vs,30 rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S nei primi 30 metri di profondità ed è calcolato mediante la seguente espressione:

Dove:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

h_i è lo spessore dello strato esimo

V_i è la velocità dello strato iesimo

Tale parametro può essere determinato attraverso indagini indirette ed in particolar modo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh, ossia onde di superficie generate dall'interazione tra onde di pressione (P) e le onde di taglio verticali (Sv) ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo.

L'analisi delle onde S mediante tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, che, a seguito di una trasformata di Fourier, restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio è possibile separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P, propagazione in aria ecc. Osservando lo spettro di frequenza è possibile evidenziare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della sua frequenza, come risultato del fenomeno della dispersione.

I dati ottenuti dall'acquisizione di campagna sono stati opportunamente elaborati e interpretati così da ottenere i risultati finali. Il seguente rapporto tecnico illustra le tecniche utilizzate ed i risultati conseguiti.

3.2 MODALITA' DI ACQUISIZIONE

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto dalle seguenti parti:

a) **Sismografo**

Il sismografo utilizzato per l'esecuzione della linea sismica MASW è un sismografo ECHO 24/2010 SEISMIC UNIT a 24 canali (Foto 1) caratterizzato dai seguenti parametri di acquisizione:

PARAMETRI DI ACQUISIZIONE:

Sismografo: ECHO 24/2010 SEISMIC UNIT

Numero canali utilizzati: 24

Numero geofoni per canale: 1

Impedenza geofoni: 430 Ω

Frequenza naturale: 4,5 Hz (verticali)

Lungh. di registrazione: 1000ms

GEOMETRIA DELLO STENDIMENTO M1:

Offset: 1 m

Distanza intergeofonica: 1 m



Foto 1: Sismografo Echo 24/2010

b) **Sistema energizzante**

Come sorgente energizzante è stato utilizzato una mazza del peso di 8 Kg, battente su una piastra di alluminio, in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia con forme d'onda ripetibili e direzionali, cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione.

Tale metodologia ha consentito di ottenere ovunque registrazioni di buona qualità.

Per questa linea sismica sono state effettuate diverse energizzazioni in modo da poter avere più possibilità di analizzare una buona registrazione.

c) **Trigger**

Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un geofono starter nell'istante in cui il sistema energizzante (cannoncino, maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta determinando l'inizio della registrazione.

d) **Apparecchiatura di ricezione**

Per la ricezione del segnale si sono utilizzati Geofoni verticali con frequenza di 4,5 Hz.

3.3 RISULTATI DELLE ANALISI MASW

Il metodo MASW adottato nella fase di elaborazione consiste in più fasi (Roma, 2002):

- (1) la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale e la valutazione dello spettro $f-k$;
- (2) la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica, invertendo la curva di dispersione mediante picking e successiva applicazione di algoritmi genetici;
- (3) la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson ν), la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo.

La sovrapposizione delle curve teoriche e sperimentali fornisce un parametro indicativo sull'attendibilità del modello geofisico risultante.

Software redatto da MASW
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

3.4 RISULTATI MASW1

Fase 1 – Analisi dei dati sperimentali

Numero di ricevitori 24
 Numero di campioni temporali 7800
 Passo temporale di acquisizione 0.128ms
 Numero di ricevitori usati per l'analisi 24
 L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
 L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1000ms

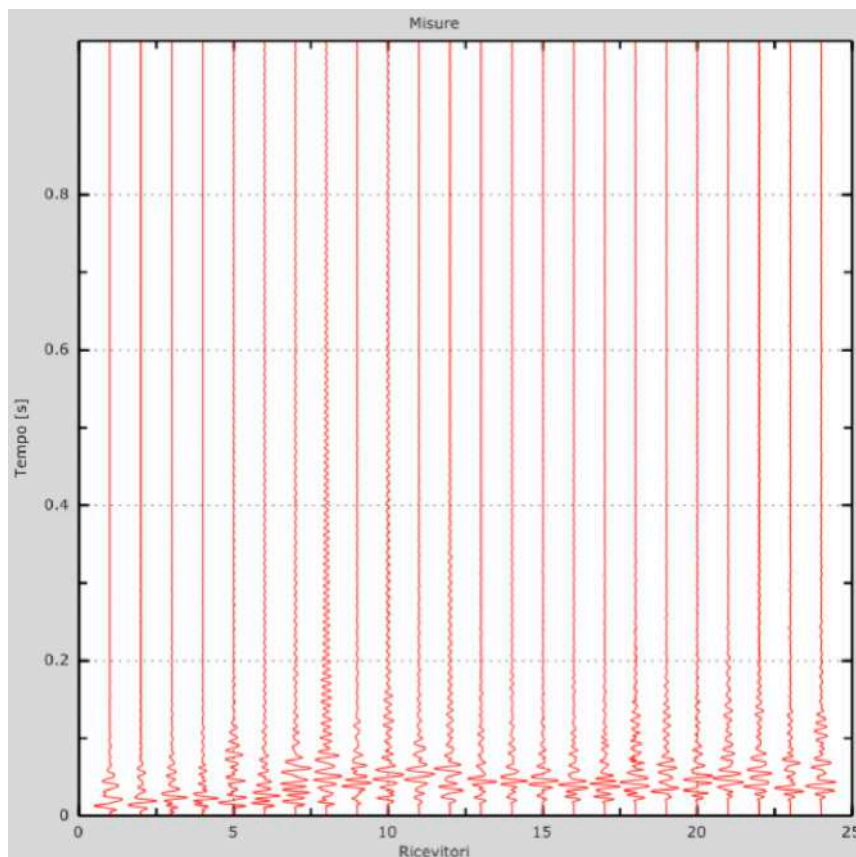


Figura 1: Tracce sperimentali

Fase 2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale 50 Hz
 Frequenza iniziale 2 Hz

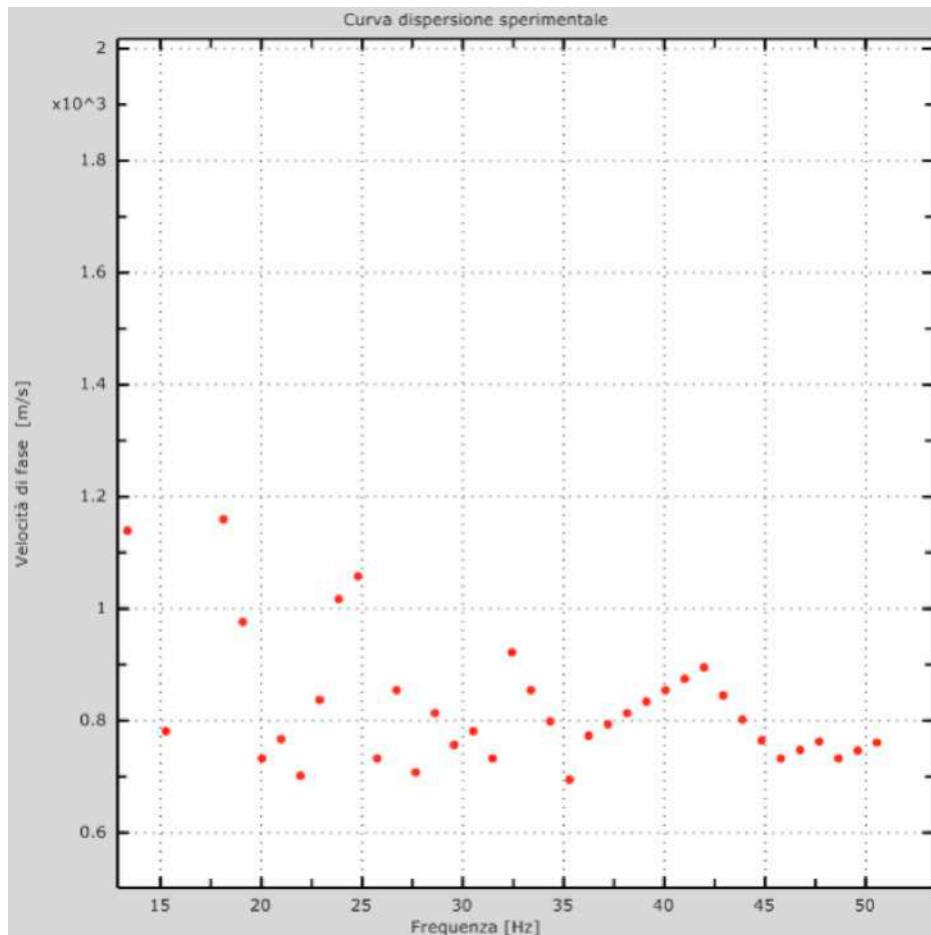


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

Fase 3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
15.3238	781.658	772.888	790.428
20.9947	768.503	761.487	775.519
31.5174	735.177	726.407	743.947
45.7577	733.423	728.161	738.685
48.6247	733.423	727.284	739.562

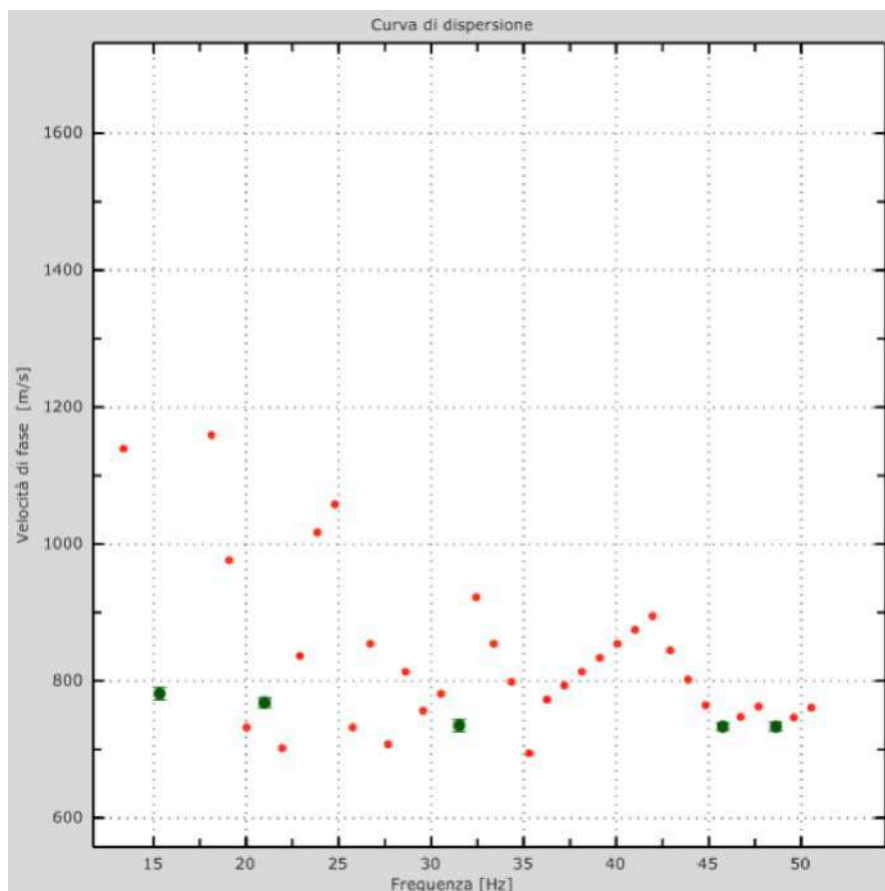


Figura 3: Curva di dispersione

Fase 4 – Profilo sismostratigrafico del sito

Numero di strati (escluso semispazio) 2
 Spaziatura ricevitori [m] 1 m
 Numero ricevitori 24
 Numero modi 1
 Numero iterazioni 20
 Massimo errore [%] 10

Strato 1

h [m] 12
 z [m] -12
 Vs fin. [m/s] 794.910

Strato 2

h [m] 18
 z [m] -30
 Vs fin. [m/s] 868.510

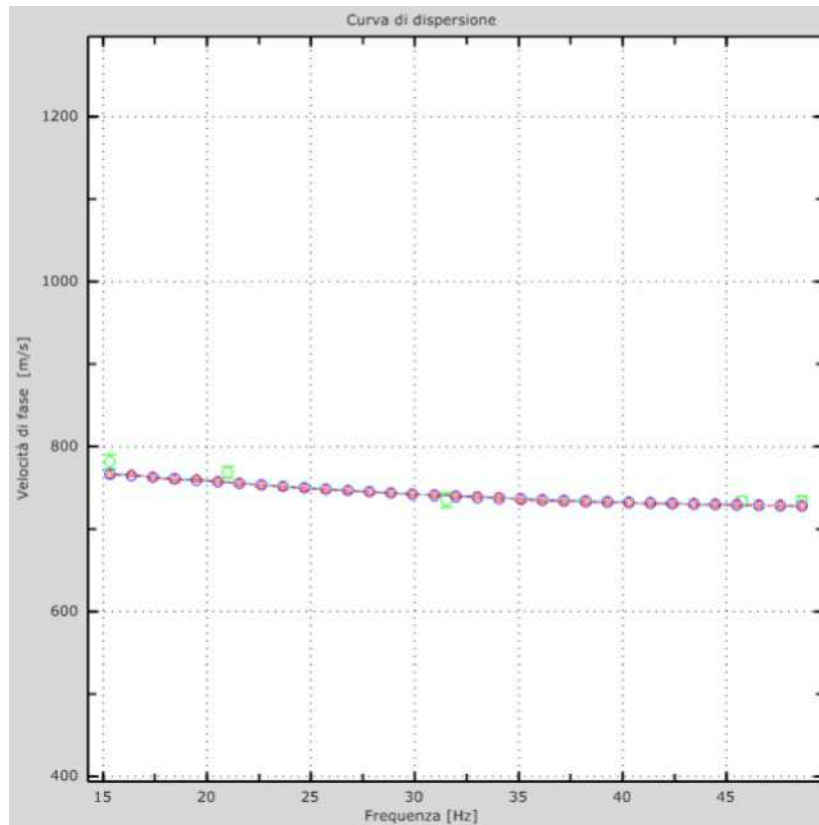


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

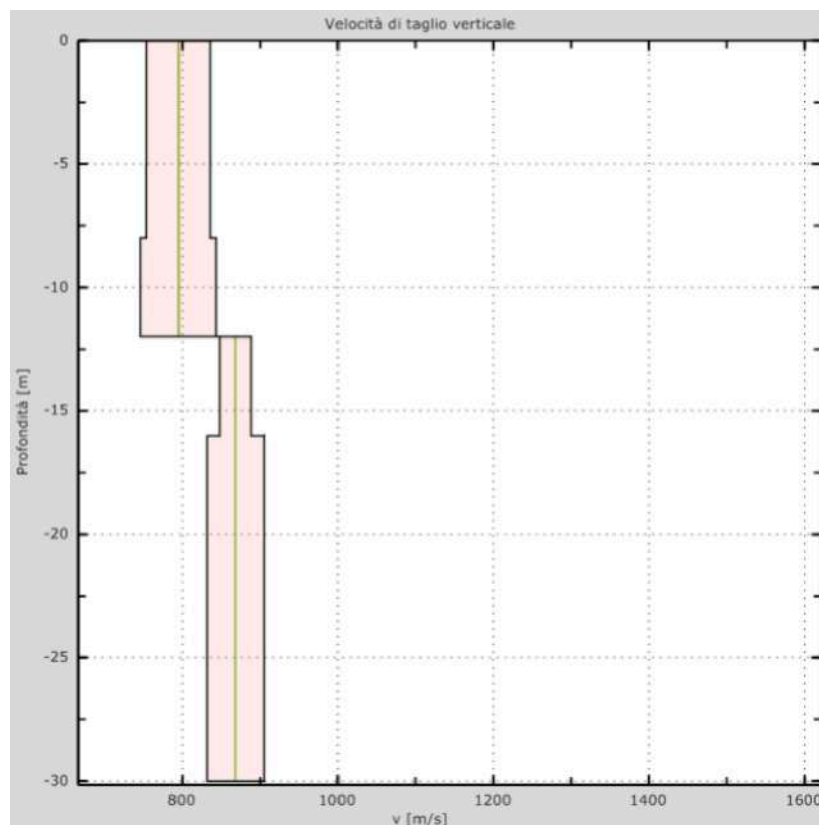


Figura 5: Velocità

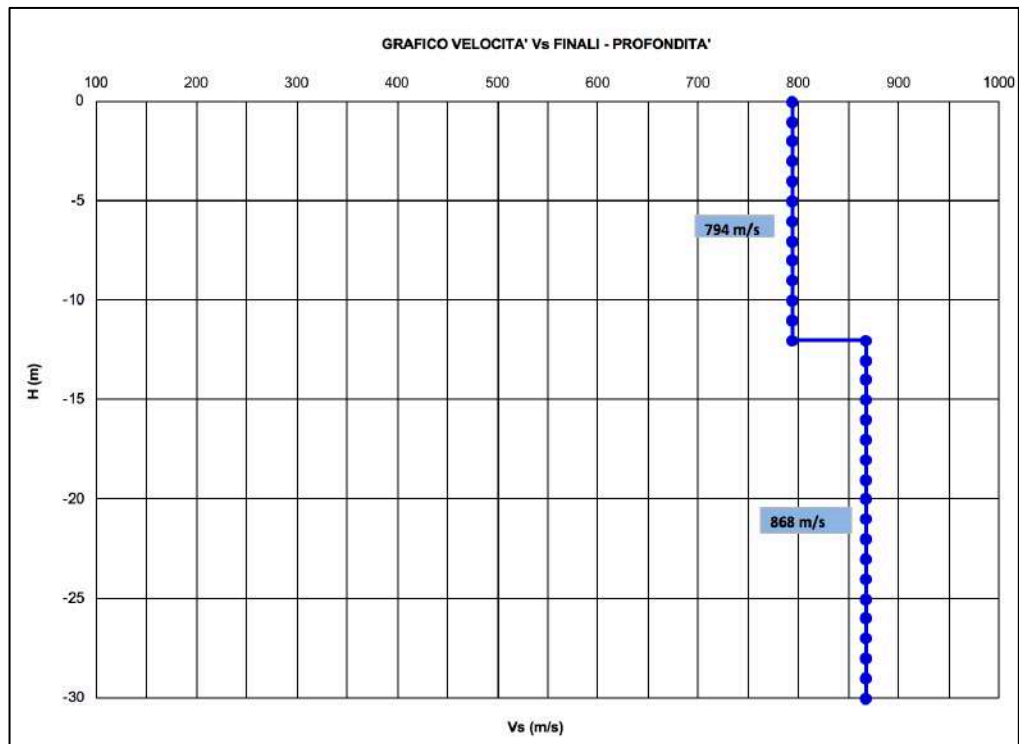


Figura 6: Grafico Velocità Vs finali

Fase 5 - Risultati finali

Piano di riferimento z=0 [m] 0
VsEq(12) [m/s] 794

Appendice

Tipo di suolo

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

Tipo B: *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Tipo C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di 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.

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

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

4.0 PROVA SISMICA PASSIVA – HVSR

4.1 METODOLOGIA DI CALCOLO DEI RAPPORTI SPETTRALI

La principale informazione fornita dai rapporti spettrali H/V, è rappresentata dalla frequenza naturale di oscillazione del sottosuolo, data dal picco della curva H/V, la cui variabilità aumenta con la larghezza della sua base. Viceversa, nessuna informazione utile è fornita dall'ampiezza, se non un'indicazione approssimativa del contrasto di impedenza presente nel sito (SESAME Del.23.12).

Per ottenere i rapporti spettrali H/V a partire dai dati rappresentati da misure di rumore sismico nelle 3 componenti, si è utilizzato il Software HVSR realizzato da Vitantonio Roma che consente di:

1. analizzare le misure in sito per il calcolo della curva HVSR sperimentale e quindi le frequenze di risonanza sperimentali del sito;
2. determinare la frequenza di risonanza teorica del sito associata ad un modello geotecnico sismico preventivamente definito attraverso il metodo MASW-REMI o altro metodo, per le onde S verticali;
3. confrontare le frequenze sperimentale e teorica calcolate ai punti 1) e 2) ma volutamente non affronta in maniera “automatica” il processo di inversione del profilo di velocità delle onde di taglio Vs.

ma volutamente non affronta in maniera “automatica” il processo di inversione del profilo di velocità delle onde di taglio Vs.

L'obiettivo principale quindi del metodo HVSR è di valutare la frequenza di risonanza del sito per le onde S verticali, piuttosto che il profilo di velocità delle onde di taglio Vs.

Disponendo di informazioni aggiuntive sul modello geologico-geotecnico oppure tramite altre indagini oppure tramite informazioni sul sito in esame (per es. la profondità del bedrock sismico, oppure la successione stratigrafica delle unità geotecniche, oppure le formazioni geologiche presenti, oppure il profilo di Vs da una prova MASW o di sismica a rifrazione, etc..), allora il metodo HVSR può essere usato come strumento complementare per determinare il profilo di Vs e stimare così il parametro Vs30.

Le ampiezze misurate non sono ricollegabili alle effettive amplificazioni di sito; se lo spessore dei sedimenti al di sopra del bedrock è noto, la velocità delle onde S in questo strato superficiale è approssimativamente $V_{S,av} \approx f_0 \cdot 4h$.

Per il sito in esame stata effettuata 1 misura di microtremore sismico sul terreno di fondazione dell'opera.

La misura è stata effettuata per mezzo del sismografo utilizzato per l'acquisizione della sismica superficiale HVSR con l'utilizzo di un geofono tricomponente AMBROGREO con **frequenza propria di 2 Hz** registrando per **30 minuti il microtremore ambientale**.

4.2 CONDIZIONI DI RAPPRESENTATIVITA' DEL PICCO

Le seguenti condizioni di rappresentatività sono state stabilite grazie al progetto SESAME (Site Effects Assessment Using Ambient Excitations), a seguito dei numerosi studi condotti (SESAME).

La prima condizione necessaria per ritenere una curva H/V rappresentativa, è la sua riproducibilità nello stesso sito con altre sorgenti e tipologie di rumore ambientale e mediante una differente selezione di finestre. Inoltre devono essere verificate le seguenti condizioni:

1. $f_0 > 10 / l_w$, ovvero che alla frequenza di interesse devono trovarsi almeno 10 cicli significativi nella finestra selezionata.;
2. $n_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0 > 200$, ossia che il numero di cicli significativi sia maggiore di 200;
3. un basso livello di scattering tra le finestre. Deviazioni standard troppo elevate sono riportabili a situazioni di scarsa stazionarietà ed alta perturbazione del segnale, quindi ad una bassa rappresentatività. Sono raccomandate deviazioni standard < 2 per $f_0 > 0.5$ Hz.

Nel migliore dei casi, la curva mostra un singolo picco 'netto', definibile in termini di ampiezza deviazione standard relativa ed assoluta.

In termini di ampiezza deve soddisfare le seguenti condizioni:

1. esistenza di una frequenza f^- tra $f_0/4$ ed f_0 tale che $A_0 / A_{H/V}(f^-) > 2$;
2. esistenza di un'altra frequenza f^+ , compresa tra f_0 e $4f_0$, tale che $A_0 / A_{H/V}(f^+) > 2$;
3. $A_0 > 2$.

Viceversa le condizioni di stabilità sono che:

1. il picco deve apparire alla stessa frequenza sulle curve H/V corrispondenti alla somma e differenza della deviazione standard, con una percentuale del 5%;
2. la deviazione standard del picco in frequenza, deve essere inferiore ad una soglia massima (f_0);
3. la deviazione standard del picco in ampiezza $\sigma_A(f_0)$, deve essere inferiore a soglia massima (f_0);

Di seguito sono inseriti i valori massimi accettabili per le deviazioni standard a diversi range di frequenza del picco.

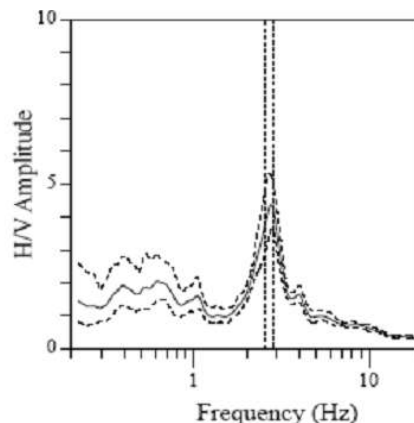
Frequency range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\sigma(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.20 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
(f_σ) for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\sigma(f_\sigma)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Quindi se la curva H/V per un dato sito soddisfa almeno 5 di queste 6 condizioni, il valore di f_0 è da considerarsi rappresentativo della frequenza fondamentale; se l'ampiezza di picco A_0 è maggiore di 4 o 5, si può affermare con certezza che esiste una discontinuità ed un contrasto di velocità ad una qualche profondità.

Bisogna infine verificare che:

1. la frequenza f_0 è consistente con la frequenza di cut-off del sensore e con la sensitività;
2. il picco non ha origine industriale.

In basso si riporta un esempio di curva H/V, con picco 'netto' che soddisfa le condizioni di stabilità.



Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows			
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_{A(f_0)}$
41	14	1561	2.72	0.11	4.4	1.2

Fig. 1 – Esempio di picco netto, da SESAME Del.23.12.

Non sempre la curva H/V mostra dei picchi netti. Talora sono poco chiari o allargati, e non soddisfano le condizioni sopra citate.

In questi casi sono imputabili a diversi fattori quali: un contrasto di impedenza moderato o alla bassa frequenza delle vibrazioni ambientali; condizioni di misura ventose e perturbate; un disaccoppiamento suolo-sensore; disturbi a bassa frequenza (camion, macchine a grande distanza); parametri di smoothing inadeguati; sensore a frequenza e sensitività troppo basse.

4.3 CURVA HVSR MISURATA E RISULTATI DELL'ANALISI

File/Parametri

Passo temporale: 6.41026 ms
 Numero di campioni: 271790
 Istante finale: 1742.24 s
 Numero di sotto-intervalli: 29

 Finestra temporale: 60 s
 Frequenza massima: 20 Hz
 Numero di campioni: 50
 Passo in frequenza: 0.4 Hz

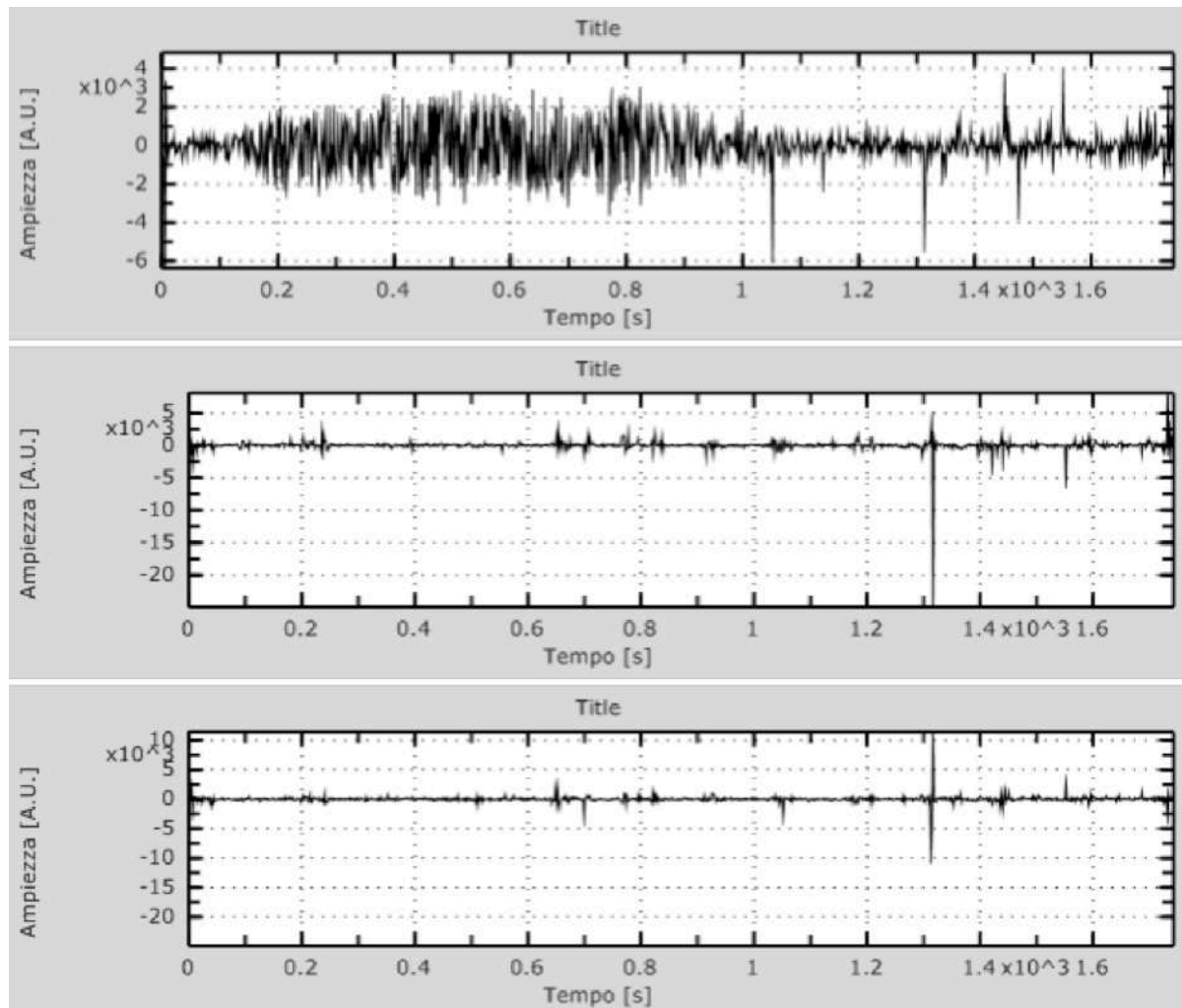


Fig. 2: Dati sperimentali in direzione Z (alto), N-S (centro) e E-W (basso).

Sulle finestre del segnale scelte, si sono effettuate altre operazioni di processing, prima di eseguire il calcolo dei rapporti spettrali. Si è proceduto all'analisi della curva e di seguito si riportano i risultati conseguiti.

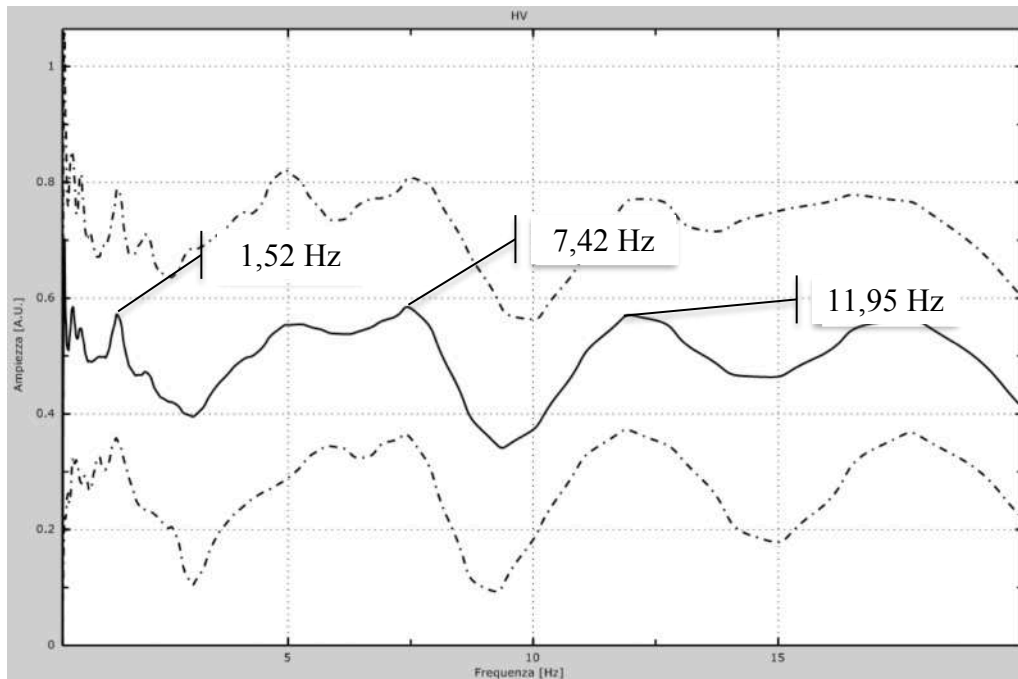


Fig. 3: Curva HVSR; Curva H/V sperimentale (nero).

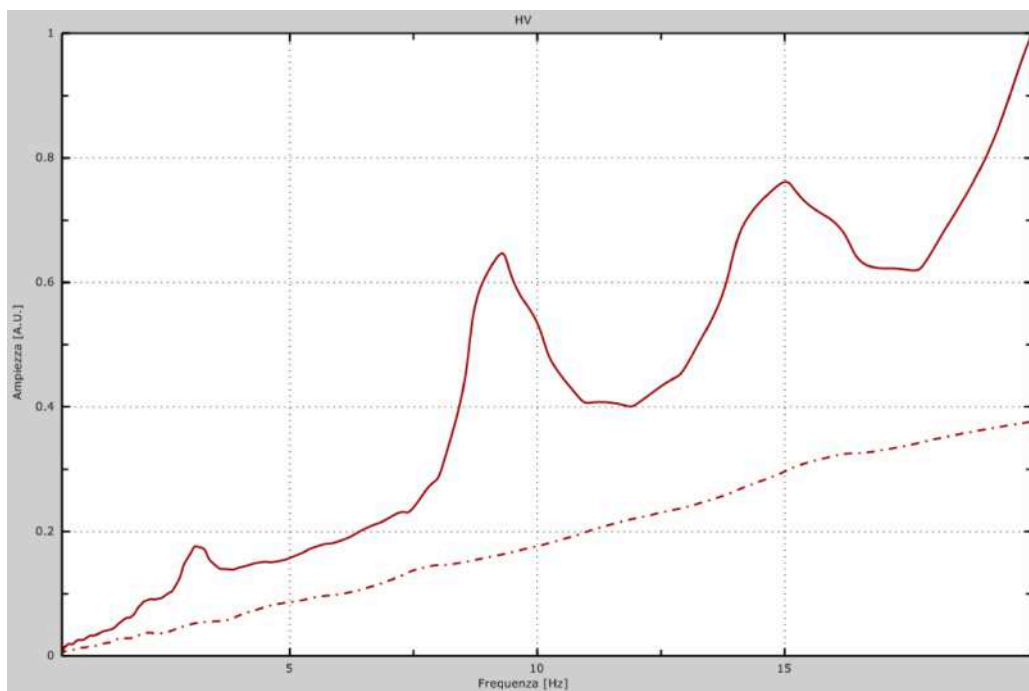


Fig.4: Spettro di risposta delle singole componenti: Orizzontale (linea tratteggiata) e Verticale (linea continua).

Frequenza del picco della curva H/V sperimentale [Hz]	1,52 Hz	7,42 Hz	11,95 Hz
Criterio 1	OK	OK	OK
Criterio 2	OK	OK	OK
Criterio 3	OK	OK	OK
Criterio 4	NO	NO	NO
Criterio 5	NO	NO	NO
Criterio 6	NO	NO	NO
Criterio 7	NO	NO	NO

Tabella 1: Esito dell'analisi del picco H/V principale del sito secondo le linee guida SESAME (2005).

Nella misura sono stati riconosciuti 3 picchi significativi dal punto di vista litostratigrafico (Fig. 3-3):

- **1,52 Hz**, con ampiezza nel rapporto H/V superiore a 1 (Ampiezza); tale picco è ritenuto indicativo di un possibile contatto litostratigrafico posto ad una profondità compresa tra i 50 e i 100 metri dal piano campagna;
- **7,42 Hz**, con ampiezza nel rapporto H/V superiore a 5 (Ampiezza); tale picco è ritenuto indicativo di un possibile contatto litostratigrafico posto ad una profondità compresa tra i 10 e i 20 metri dal piano campagna;
- **11,95 Hz**, con ampiezza nel rapporto H/V superiore a 8 (Ampiezza); tale picco è ritenuto indicativo di un possibile contatto litostratigrafico posto ad una profondità compresa tra i 5 e i 10 metri dal piano campagna.

E' necessario porre estrema attenzione a fenomeni di "doppia risonanza", cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico così come trasmesso in superficie e quelle dei manufatti ivi edificati in quanto le azioni sismiche su di essi sarebbero, a dir poco, gravose.

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula:

- **freq. Naturale edificio $\approx 10 \text{ Hz} / \text{numero piani}$**

E' la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura:

- **freq. naturale edificio \approx freq. fondamentale di risonanza del sito**

ad essere particolarmente pericolosa, poiché da luogo alla massima amplificazione e deve quindi essere oggetto di studi approfonditi.

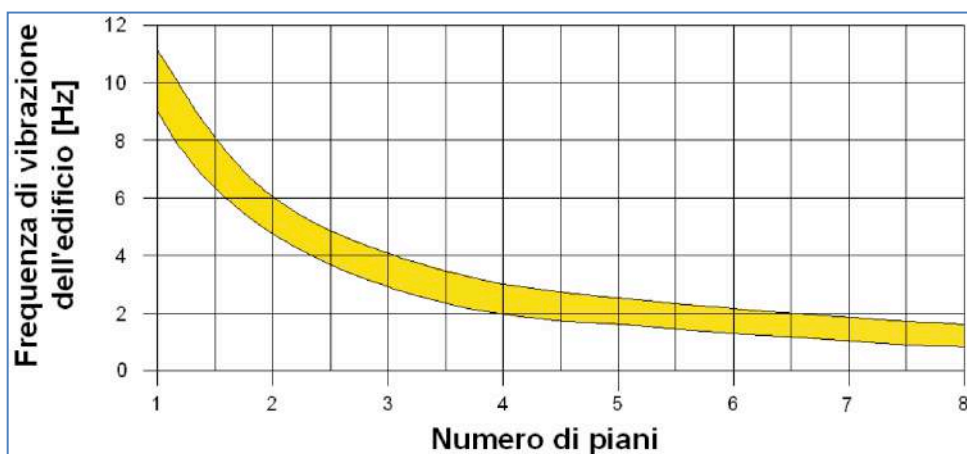


Fig.5: Grafico che mette in relazione la Freq. Di vibrazione dell'edificio con il numero di piani che possono oscillare.

Gioia dei Marsi (AQ),
Febbraio 2022

Impresa esecutrice
Aureli Soil Srl

CERTIFICATO CAMPIONE PRELEVATO

COMMITTENTE: Comune di Subiaco

RIFERIMENTO: Subiaco - Via G. Proietti

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 0.5-1.0

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	%
Peso di volume	18,6 kN/m ³
Peso di volume secco	kN/m ³
Peso di volume saturo	kN/m ³
Peso specifico	
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro	%
CNR-UNI 10006/00	

ANALISI GRANULOMETRICA

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

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE

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

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	10,4	kPa	ϕ' 26,1 °
c'_{Res}		kPa	ϕ'_{Res} °

COMPRESSIONE TRIASSIALE

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

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

Materiale di riporto a granulometria prevalentemente argilloso limosa, con abbondanti elementi ghiaiosi.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00938	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/02/22	Inizio analisi: 18/02/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 18/02/22		Apertura campione: 18/02/22	Fine analisi: 18/02/22

COMMITTENTE: Comune di Subiaco
RIFERIMENTO: Subiaco - Via G. Proietti
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 0.5-1.0

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

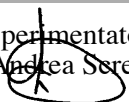
Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 18,6 kN/m³

Materiale di riporto a granulometria prevalentemente argilloso limosa, con abbondanti elementi ghiaiosi.

1
37444

SGEO - Laboratorio 6.3 - 2021

Lo sperimentatore
Dott.  Serepanti

Il direttore del laboratorio
Dott.  Rabottino

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00937 Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 18/02/22

DATA DI EMISSIONE: 21/02/22 Inizio analisi: 18/02/22

Apertura campione: 18/02/22 Fine analisi: 19/02/22

COMMITTENTE: Comune di Subiaco

RIFERIMENTO: Subiaco - Via G. Proietti

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 0.5-1.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Ricostituito	Ricostituito	Ricostituito
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100,0	200,0	300,0
Umidità naturale (%):	---	---	---
Peso di volume (kN/m³):	18,5	18,5	18,6
Tipo di prova: Consolidata - lenta		Velocità di deformazione: 0,041 mm / min	

DIAGRAMMA
Tensione
Deformazione orizzontale

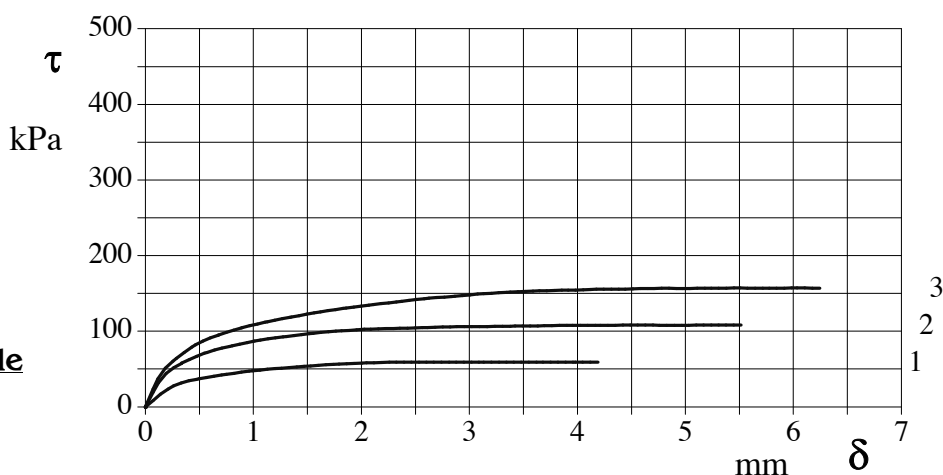
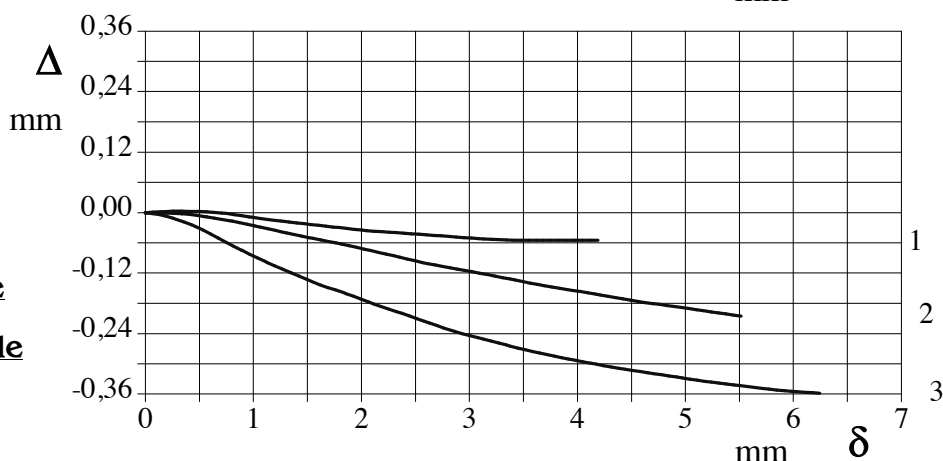


DIAGRAMMA
Deformazione verticale
Deformazione orizzontale



Materiale di riporto a granulometria prevalentemente argilloso limosa, con abbondanti elementi ghiaiosi.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00937	Pagina 2/4	DATA DI EMISSIONE: 21/02/22	Inizio analisi: 18/02/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 18/02/22		Apertura campione: 18/02/22	Fine analisi: 19/02/22

COMMITTENTE: Comune di Subiaco

RIFERIMENTO: Subiaco - Via G. Proietti

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 0.5-1.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

[illegible]

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00937 Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 18/02/22

DATA DI EMISSIONE: 21/02/22 Inizio analisi: 18/02/22

Apertura campione: 18/02/22 Fine analisi: 19/02/22

COMMITTENTE: Comune di Subiaco

RIFERIMENTO: Subiaco - Via G. Proietti

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 0.5-1.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	1,737
Altezza finale (cm)	1,721
Sezione (cm²):	35,88
T ₁₀₀ (min)	11,7
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,043

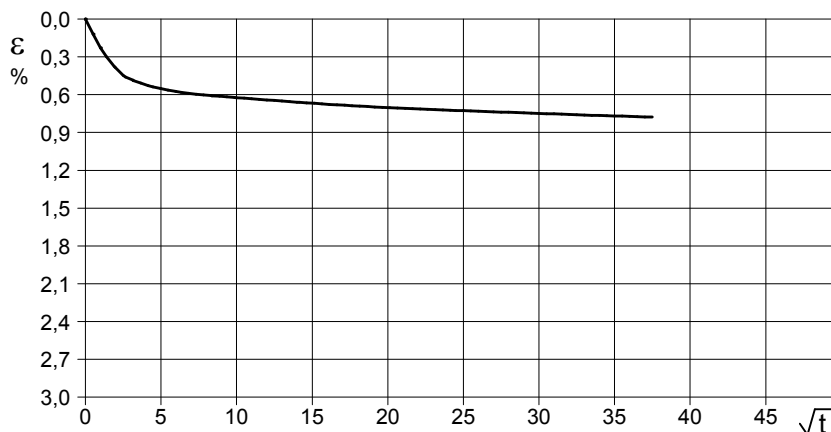


Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	1,737
Altezza finale (cm)	1,697
Sezione (cm²):	35,88
T ₁₀₀ (min)	11,3
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,044

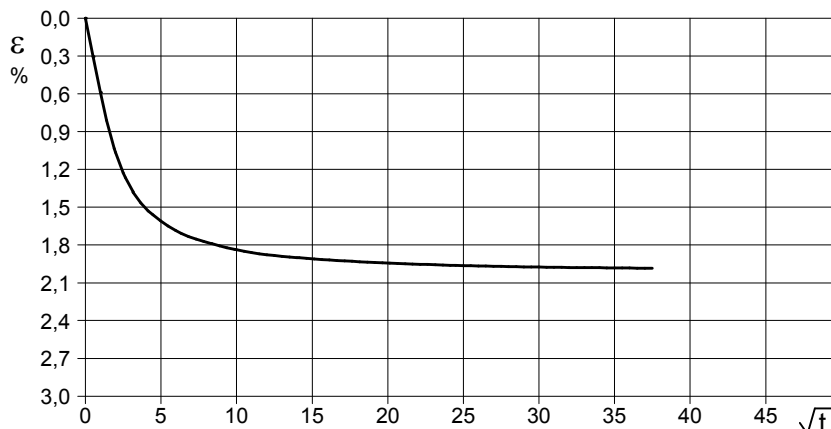
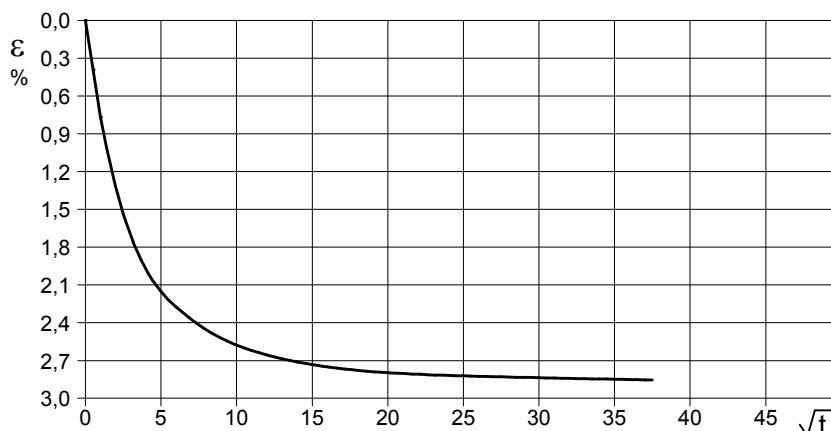


Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	1,737
Altezza finale (cm)	1,680
Sezione (cm²):	35,88
T ₁₀₀ (min)	13,8
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,036



1
37444

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

tf = 10 x T₁₀₀

Vs = Df / tf

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00937	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 21/02/22	Inizio analisi: 18/02/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 18/02/22		Apertura campione: 18/02/22	Fine analisi: 19/02/22

COMMITTENTE: Comune di Subiaco			
RIFERIMENTO: Subiaco - Via G. Proietti			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	0.5-1.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

[illegible]

UBICAZIONE INDAGINI E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DPSH1

DPSH2

M1

HVSR1

M1 HVSR1 DPSH1 DPSH2

LEGENDA

- **HVSR** Prova di Sismica Passiva tipo HVSR
- **DPSH** Prova Penetrometrica Super Pesante - DPSH
- M** Prova di Sismica Superficiale tipo MASW

ALLEGATO 2

UBICAZIONE DELLE INDAGINI
CON
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

REGIONE LAZIO
CITTA' METROPOLITANA
DI ROMA
COMUNE DI SUBIACO

Coordinate medie del sito d'indagine
WGS 84 gradi decimali
N 41.927057°
E 12.093439°



Stralcio Immagine Satellitare