



COMUNE di CAVRIGLIA
(Provincia di Arezzo)

APPROVAZIONE DEL PROGETTO DI RIGENERAZIONE CULTURALE, SOCIALE ED ECONOMICA DELL'ANTICO BORGO DI CASTELNUOVO IN AVANE, CAVRIGLIA, CON CONTESTUALE **VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO VIGENTE** REDATTA AI SENSI DELLA L.R. 65/2014, CON LE MODALITÀ DI CUI ALLA L.R. 12/2022. "RIGENERAZIONE CULTURALE, SOCIALE ED ECONOMICA DELL'ANTICO BORGO DI CASTELNUOVO IN AVANE" (CUP: G37B220001180006), FINANZIATO DALL'UE NELL'AMBITO DEL PNRR MISSIONE 1, COMPONENTE 3, MISURA 2, INTERVENTO 2.1, LINEA A

o o o

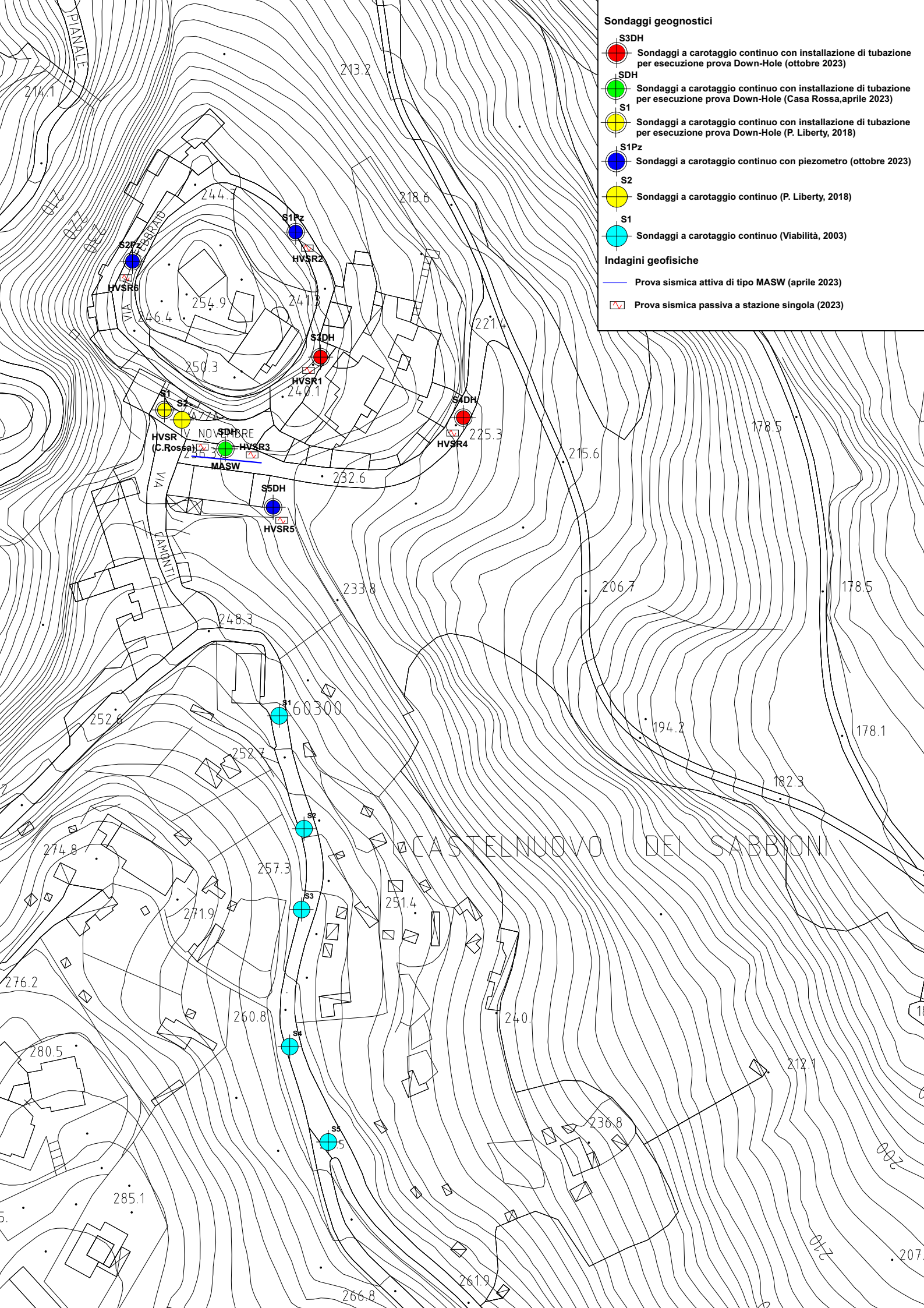
Allegato alla Relazione geologico tecnica di fattibilità
Indagini geognostiche e geofisiche e analisi di laboratorio geotecnico
(ex DPGR n. 5/R/2020 e L.R. n. 41/2018)

Consulenti:

Prof. Geol. Eros Aiello

Dott. Geol. Gabriele Grandini

Giugno 2024



Sondaggi geognostici

- S3DH**
Sondaggi a carotaggio continuo con installazione di tubazione per esecuzione prova Down-Hole (ottobre 2023)
- SDH**
Sondaggi a carotaggio continuo con installazione di tubazione per esecuzione prova Down-Hole (Casa Rossa, aprile 2023)
- S1**
Sondaggi a carotaggio continuo con installazione di tubazione per esecuzione prova Down-Hole (P. Liberty, 2018)
- S1Pz**
Sondaggi a carotaggio continuo con piezometro (ottobre 2023)
- S2**
Sondaggi a carotaggio continuo (P. Liberty, 2018)
- S1**
Sondaggi a carotaggio continuo (Viabilità, 2003)

Indagini geofisiche



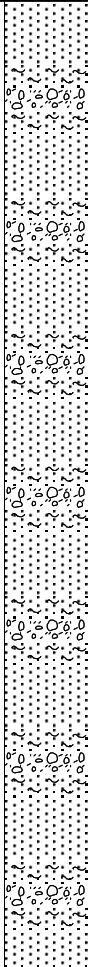
- Prova sismica attiva di tipo MASW (aprile 2023)
- Prova sismica passiva a stazione singola (2023)

CAMPAGNA GEOGNOSTICA 2003
(NUOVA VIABILITA' DI ACCESSO AL BORGO)

ATLANTE S.N.C. SERVIZI TERRITORIALI di Stefania Segoni & C. Via G. La Farina, 14 50132 Firenze tel. 055 2001957 - fax 055 3905027		DATA ESECUZIONE DAL 17/11/2003 AL 18/11/2003		METODO PERFOR. CAROTAGGIO CONTINUO		SONDAGGIO N. S1	
		QUOTA 250 m s.l.m.		ATTREZZI: Carotiere semplice diametro 101 mm. Rivestimento metallico diam. 127 mm.		SONDA IDRAULICA CMV MK 420 / TR 600 montata su cingoli	
COMMITTENTE TERRA & OPERE LOCALITA' Cavriglia - Castelnuovo dei Sabbioni (Ar)				PIEZOMETRO			
NOTE		CAMPIONI CAROTIERE SEMPLICE SPT INDISTURBATI		LIVELLO ACQUA DATA MT. dal P.C.		PROF. FORO 15,00	PROF. RIVEST. 15,00
				ASSISTENTI Andrea Canella		OPERATORI Luca Alberti	

mt.	QUOTA da P.C.	SIMBOLOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	POCKET kN/cm²	TORVANE kN/cm²	PIEZOMETRO
			TIPO	NUM.	PROF.				
1	0,10					Soletta in calcestruzzo.			
	0,80					Terreno di riporto costituito da stabilizzato e ciottoli in matrice limosa grigia.			
						Siltiti grigio giallastre alterate a livelli di arenaria gialla ocra-bruno, con patine di ossidazione nere, molto alterata e fratturata a tal punto di essere classificata come una sabbia scarsamente cementata.			
2									
3									
4									
5	5,50								
6						Arenarie giallo ocra-bruno molto disfatte ridotte a livello di sabbie poco consistenti, intercalate da livelli di siltiti grigio giallastre anch'esse molto alterate e ridotte in brecce.			
7									
8									
9									
10	10,00					Sabbie a grana medio-grossa grigio giallastra derivanti dal disfacimento di arenaria. Talvolta sono presenti frammenti (5 cm) di arenaria giallo-ocra con patine di ossidazione nere, di buona consistenza			
11									
12									
13	13,30								
14						Arenarie grigie molto fratturate, ridotte in frammenti (mediamente da 3-5 cm) con livelli di siltiti grigio azzurre			
15	15,00								

scheda n°	01/2003	data	09/12/2003	COMMESSA	Sondaggi geognostici		
Procedure di riferimento		ASTM D 2488-2000; AGI 1977		RIF. CONTRATTO			
		responsabili	revisione	inizio lavori	17 novembre 2003	fine lavori	19 novembre 2003
elaborazione	Dott. Massimiliano Mancini		0	responsabile cantiere	Dott. Luca Alberti		
verifica	Dott. Geol. Michele Sani			direzione lavori	Dott. Geol. Michele Sani		
SPERIMENTATORE					DIRETTORE		

ATLANTE S.N.C. SERVIZI TERRITORIALI di Stefania Segoni & C. Via G. La Farina, 14 50132 Firenze tel. 055 2001957 - fax 055 3905027			DATA ESECUZIONE DAL 11/18/2003 AL 11/18/2003		METODO PERFOR. CAROTAGGIO CONTINUO		SONDAGGIO N. S2		
			QUOTA 254 m s.l.m.		ATTREZZI: Carotiere semplice diametro 101 mm.		SONDA IDRAULICA CMV MK 420 / TR 600 montata su cingoli		
COMMITTENTE TERRA & OPERE LOCALITA' Cavriglia - Castelnuovo dei Sabbioni (Ar)					PIEZOMETRO				
NOTE		CAMPIONI CAROTIERE SEMPLICE SPT INDISTURBATI			LIVELLO ACQUA DATA MT. dal P.C.		PROF. FORO 5.00	PROF. RIVEST.	ASSISTENTI Andrea Canella
									OPERATORI Luca Alberti
mt.	QUOTA da P.C.	SIMBOLOGIA	CAMPIONI TIPO NUM. PROF.	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA			POCKET kN/cm ²	TORVANE kN/cm ²	PIEZOMETRO
	0,50			Conglomerato bituminoso con stabilizzato in matrice sabbiosa - limosa nocciola.					
1				Arenaria giallo ocra con patine di ossidazione nere, molto alterata e frantumata tale da presentarsi come una sabbia grossolana. Talvolta sono presenti intercalazioni di livelli più consistenti, caratterizzati dalla presenza di frammenti di arenaria (da 2 a 7 cm) dello spessore di pochi centimetri.					
2									
3									
4									
5	5.00								

scheda n°	02/2003	data	12/9/2003	COMMESSA	Sondaggi geognostici		
Procedure di riferimento		ASTM D 2488-2000; AGI 1977		RIF. CONTRATTO			
responsabili		revisione		inizio lavori		fine lavori	19 November 2003
elaborazione	Dott. Massimiliano Mancini	0		responsabile cantiere		Dott. Luca Alberti	
verifica	Dott. Geol. Michele Sani			direzione lavori		Dott. Geol. Michele Sani	
SPERIMENTATORE				DIRETTORE			

ATLANTE S.N.C. SERVIZI TERRITORIALI di Stefania Segoni & C. Via G. La Farina, 14 50132 Firenze tel. 055 2001957 - fax 055 3905027			DATA ESECUZIONE DAL 11/18/2003 AL 11/18/2003		METODO PERFOR. CAROTAGGIO CONTINUO		SONDAGGIO N. S3				
			QUOTA 259 m s.l.m.		ATTREZZI: Carotiere semplice diametro 101 mm.			SONDA IDRAULICA CMV MK 420 / TR 600 montata su cingoli			
COMMITTENTE TERRA & OPERE LOCALITA' Cavriglia - Castelnuovo dei Sabbioni (Ar)			PIEZOMETRO								
NOTE			CAMPIONI CAROTIERE SEMPLICE SPT INDISTURBATI			LIVELLO ACQUA DATA MT. dal P.C.		PROF. FORO	PROF. RIVEST.	ASSISTENTI Andrea Canella	
								5.00		OPERATORI Luca Alberti	
mt.	QUOTA da P.C.	SIMBOLOGIA	TIPO	NUM.	PROF.	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA			POCKET kN/cm ²	TORVANE kN/cm ²	PIEZOMETRO
	0,50					Conglomerato bituminoso con stabilizzato in matrice sabbiosa - limosa nocciola con ciottoli.					
1	1,10					Siltiti dal colore nocciola molto alterate con intercalazione di arenarie giallo ocra con patine di ossidazione nere, alterate e molto fratturate a tal punto da essere ridotte in frammenti di dimensioni centimetriche.					
2						Siltiti grigio azzurre talvolta gialla ocra per la forte alterazione e ridotte a livello di brecce, con intercalazione di arenarie alterate e molto fratturate con piani di rottura subverticali, ridotte in frammenti centimetrici e talvolta sono localmente finemente stratificati.					
3											
4											
5	5,00										

scheda n°	03/2003	data	12/9/2003	COMMESSA	Sondaggi geognostici		
Procedure di riferimento		ASTM D 2488-2000; AGI 1977		RIF. CONTRATTO			
responsabili		revisione		inizio lavori	17 November 2003	fine lavori	19 November 2003
elaborazione	Dott. Massimiliano Mancini	0		responsabile cantiere	Dott. Luca Alberti		
verifica	Dott. Geol. Michele Sani			direzione lavori	Dott. Geol. Michele Sani		
SPERIMENTATORE				DIRETTORE			

ATLANTE S.N.C. SERVIZI TERRITORIALI di Stefania Segoni & C. Via G. La Farina, 14 50132 Firenze tel. 055 2001957 - fax 055 3905027			DATA ESECUZIONE DAL 11/19/2003 AL 11/19/2003		METODO PERFOR. CAROTAGGIO CONTINUO		SONDAGGIO N. S4		
			QUOTA 260,8 m s.l.m.		ATTREZZI: Carotiere semplice diametro 101 mm.		SONDA IDRAULICA CMV MK 420 / TR 600 montata su cingoli		
COMMITTENTE TERRA & OPERE LOCALITA' Cavriglia - Castelnuovo dei Sabbioni (Ar)					PIEZOMETRO				
NOTE		CAMPIONI CAROTIERE SEMPLICE SPT INDISTURBATI			LIVELLO ACQUA DATA MT. dal P.C.		PROF. FORO 5.00	PROF. RIVEST.	ASSISTENTI Andrea Canella
									OPERATORI Luca Alberti

mt.	QUOTA da P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	POCKET IN/cm ²	TORVANE IN/cm ²	PIEZOMETRO
			TIPO	NUM.	PROF.				
0,50						Conglomerato bituminoso con stabilizzato in matrice sabbiosa nocciola.			
1						Siltiti giallo ocra, talvolta rossastre molto alterate intercalate da livelli di arenarie giallo ocra molto alterate e fratturate, ridotte a sabbie poco cementate			
2									
3									
3,50									
4						Siltiti alterate dal colore nocciola, intercalate da arenarie giallo ocra con patine nere di ossidazione, molto alterate e fratturate a tal punto di essere ridotte in frammenti centimetrici o addirittura in sabbia medio grossolana scarsamente cementata.			
5	5,00								

scheda n°	04/2003	data	12/9/2003	COMMESSA	Sondaggi geognostici		
Procedure di riferimento		ASTM D 2488-2000; AGI 1977		RIF. CONTRATTO			
responsabili		revisione		inizio lavori		fine lavori	19 November 2003
elaborazione	Dott. Massimiliano Mancini			responsabile cantiere		Dott. Luca Alberti	
verifica	Dott. Geol. Michele Sani	0		direzione lavori		Dott. Geol. Michele Sani	
SPERIMENTATORE				DIRETTORE			

ATLANTE S.N.C. SERVIZI TERRITORIALI di Stefania Segoni & C. Via G. La Farina, 14 50132 Firenze tel. 055 2001957 - fax 055 3905027			DATA ESECUZIONE DAL 11/19/2003 AL 11/19/2003		METODO PERFOR. CAROTAGGIO CONTINUO		SONDAGGIO N. S5		
			QUOTA 261,5 m s.l.m		ATTREZZI: Carotiere semplice diametro 101 mm.		SONDA IDRAULICA CMV MK 420 / TR 600 montata su cingoli		
COMMITTENTE TERRA & OPERE LOCALITA' Cavriglia - Castelnuovo dei Sabbioni (Ar)					PIEZOMETRO				
NOTE		CAMPIONI CAROTIERE SEMPLICE SPT INDISTURBATI			LIVELLO ACQUA DATA MT. dal P.C.		PROF. FORO 5.00	PROF. RIVEST.	ASSISTENTI Andrea Canella
									OPERATORI Luca Alberti
mt.	QUOTA da P.C.	SIMBOLOGIA	TIPO	NUM.	PROF.	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	POCKET KN/cm ²	TORVANE KN/cm ²	PIEZOMETRO
	0,50					Conglomerato bituminoso con stabilizzato in matrice sabbiosa.			
1	1,00					Siltiti molto alterate dal colore rossastro, molto addensate			
2						Siltiti giallo ocre dall'alterazione, con intercalazione di arenarie giallo bruno con patine nere di ossidazione, molto fratturate e ridotte in frammenti centimetrici e addirittura in molti livelli a sabbie medio fini con scarsa cementazione			
3									
4									
5	5,00								

scheda n°	05/2003	data	12/9/2003	COMMESSA	Sondaggi geognostici		
Procedure di riferimento			ASTM D 2488-2000; AGI 1977	RIF. CONTRATTO			
	responsabili		revisione 0	inizio lavori	17 November 2003	fine lavori	19 November 2003
elaborazione	Dott. Massimiliano Mancini			responsabile cantiere	Dott. Luca Alberti		
verifica	Dott. Geol. Michele Sani			direzione lavori	Dott. Geol. Michele Sani		
SPERIMENTATORE				DIRETTORE			

CAMPAGNA GEOGNOSTICA 2018
(PALAZZINA LIBERTY TISTRUTTURAZIONE PER USO MUSEALE)

Sede legale e amministrativa:

Via Sicilia 29 - Belverde - 53035 MONTERIGGIONI - SI (I)

Tel. 0577 • 5841 - Fax 0577 • 52610 - E-mail: info@labgeotec.it - www.labgeotec.it



Spett.le ROMEO PURI IMPIANTI
di PURI ROMEO
Via Nazionale, 32/A
52018 CASTEL SAN NICCOLO' (AR)

ANTICIPATI PER E.M.

Prot. n° 9074/192

Siena, 09.02.18

Rif. nota del 19/12/2017 n° C 124

Allegati: n° 3 certificati - n° 1 rapporto di prova

OGGETTO: Prove di Laboratorio

Cantiere: RISTRUTTURAZIONE FABBRICATO PER USO MUSEALE
CASTELNUOVO DEI SABBIONI
52022 CAVRIGLIA AR

Proprietà: ROMEO PURI IMPIANTI

RACCOMANDATA

Con riferimento alla Vs. domanda di prove per il Cantiere in oggetto, di cui al Verbale di Accettazione n.00115/X del 19/12/2017, in allegato alla presente Vi trasmettiamo la seguente documentazione relativa alla esecuzione delle richieste prove:

- n. 4 Documenti (dal n°00276 al n°00279) in originale e copia

A gentile disposizione per ogni e qualsiasi chiarimento, ci è gradito porgere i più distinti saluti.

BC/bmc

AA G.08 REV.03 01.12

Laboratorio GEOTEC s.a.s.
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

C.F. e P. IVA: 00523580520 - Registro Imprese di Siena n. 00523580520 - C.C.I.A.A. di Siena - REA n. 73290 - C/C Postale n. 10184539

Laboratorio Prove Materiali - SIENA - Monteriggioni - Via Sicilia, 25/1 - Tel. 0577 5841 - Fax 0577 52610 Autorizzato con D.M. LL.PP. 08-11-1975 n° 14104 e succ. AA.

Laboratorio Prove Materiali - GROSSETO - Via Adda, 113 - Tel. 0564 29006 / 25947 - Fax 0564 25947 Autorizzato con D.M. LL.PP. 14-01-1983 n° 23151 e succ. AA.

Laboratorio Prove Geotecniche - SIENA - Monteriggioni - Via Sicilia, 25/2 - Tel. 0577 5841 - Fax 0577 52610 Autorizzato con D.M. IL.TT. 11-10-2004 n° 52486 e succ. AA.

per i settori: a) Prove di laboratorio sui terreni b) Prove di laboratorio sulle rocce c) Prove in sito

LABORATORIO DI RICERCA AUTORIZZATO ED INSERITO NELL'ALBO DEI LABORATORI ESTERNI PUBBLICI E PRIVATI ALTAMENTE QUALIFICATI - D.M. RICERCA SCIENTIFICA 23.11.1988

Laboratorio GEOTEC 2 s.a.s. AREZZO - Strada C, 36/a - S. Zeno - Tel. 0575 99109 - Fax 0575 998717 Autorizzato con D.M. LL.PP. 29-09-1984 n° 25184 e succ. AA.



Cliente 9074 ROMEO PURI IMPIANTI di PURI ROMEO

ALIG Associazione Laboratori di Ingegneria Geotecnica

RAPPORTO DI PROVA N. 0172G/00279 DEL 30-12-2017

Riferimenti: V.A. del 19-12-17 n. 115/X

Nota del 19-12-17 n. C 124

P R O V E I N S I T O **(INDAGINI GEOGNOSTICHE e GEOFISICHE - DOWN-HOLE)**

Intestatario: **ROMEO PURI IMPIANTI**
Via Nazionale, 32/A - Borgo della Collina (AR)
Cantiere: **RISTRUTTURAZIONE FABBRICATO PER USO MUSEALE**
Castelnuovo dei Sabbioni - CAVRIGLIA (AR)
Proprietà: **COMUNE DI CAVRIGLIA**
Direttore dei Lavori : **Dott. Ing. CARDINALE GIOVANNI**
Esperienze eseguite : **N° 2 Sondaggi geognostici e N° 1 Prospezione geofisica in foro Down-Hole**
Questo documento viene rilasciato con timbro a secco e con bollino rosso GEOTEC 1972 ed è costituito da n° 15 pagine

R E L A Z I O N E

Su richiesta ed incarico dell' Impresa Romeo Puri Impianti, questo Laboratorio, in collaborazione con Gamma Geoservizi s.r.l. di Grosseto, con inizio in data 27-11-2017 e fine in data 04-12-2017, ha condotto un'indagine geognostica e geofisica presso il cantiere "Ristrutturazione del fabbricato per uso museale a Castelnuovo dei Sabbioni- Caviglia (AR)" e successivamente, sul materiale prelevato dal cantiere medesimo, ha effettuato una serie di Prove di Laboratorio, come di seguito riportato.

Sull'area sono stati realizzati n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo in due punti, individuati dalla Direzione dei Lavori della profondità rispettivamente di 30 m (S1) e 10 m (S2).

Il sondaggio S1 è stato opportunamente predisposto per la realizzazione di una prospezione sismica in foro (Down Hole) in cui sono stati acquisiti segnali per la definizione della Vs30.

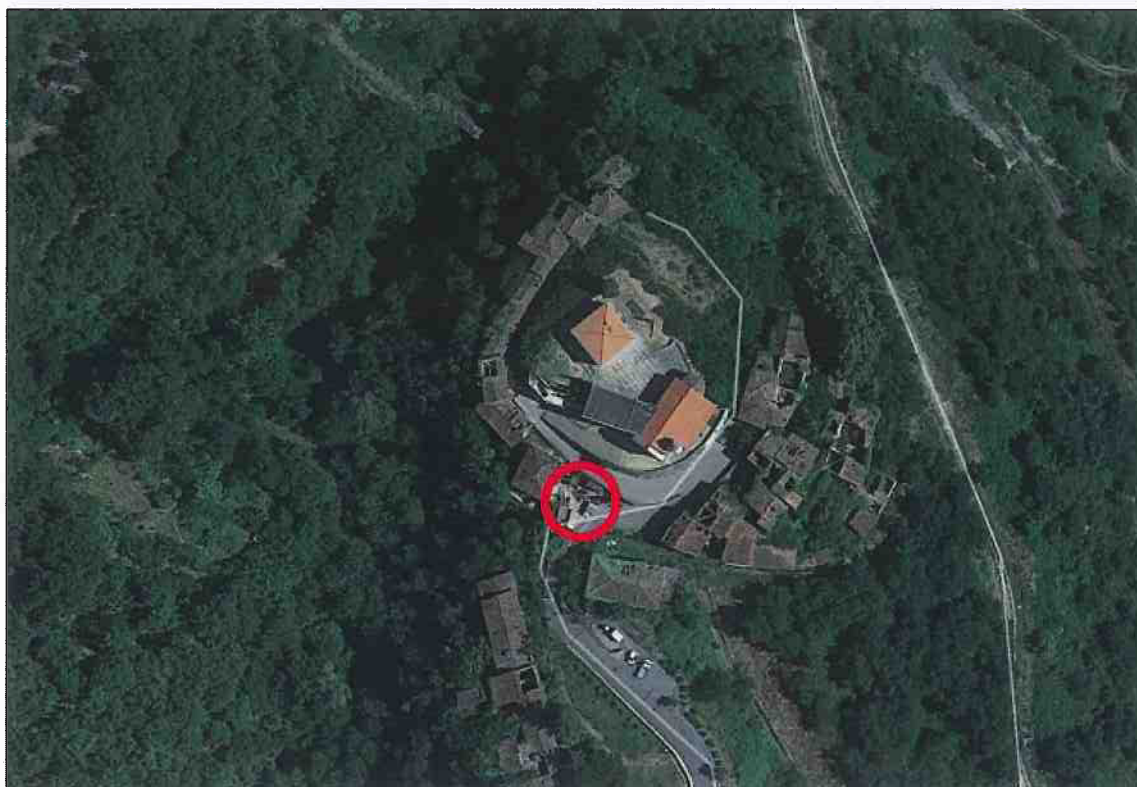
./.

Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Clodi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Settori: a) Prove di laboratorio sui terreni b) Prove di laboratorio sulle rocce c) Prove in sito

./.



Ubicazione dell'area di indagine

SONDAGGI GEOGNOSTICI

Per la realizzazione dei sondaggi è stata utilizzata la sonda perforatrice idraulica HYDRA JOY 2 avente le seguenti caratteristiche:

Testa di Rotazione: Coppia max 1200 Kgm

Giri da 0 a 250

Corsa utile 4,50 m

Motore: Perkins TurboDiesel 65 Hp

Pull Down Tiro max 2500 Kg

Spinta max 2500 Kg

Diametro di Perforazione $\varnothing = 101\text{mm}$

./.

Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Ciofi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chianini)

./.

Sondaggio S1

Il sondaggio S1 ha raggiunto la profondità stabilita di 30 m con percentuale di campionamento del 100 %.

Il sondaggio è stato interamente rivestito con una camicia provvisoria in ferro del diametro di 127 mm al fine di consentire la corretta esecuzione dei campionamenti e la posa in opera della strumentazione prevista.

Le carote di sondaggio sono state collocate in n. 6 cassette catalogatrici.

Il foro di sondaggio è stato attrezzato, come previsto dal capitolato di appalto, per la realizzazione di prova sismica down hole fino alla profondità di 30 m, mediante posa in opera di tubo in PVC del diametro di 3" in spezzoni di 3 metri filettati e dotato di tappo di fondo e di testa.

L'intercapedine fra il foro di sondaggio ed il tubo è stata cementata con boiaccia al fine di consentire la corretta realizzazione delle prova sismica; il getto è stato effettuato a partire da fondo foro per garantire la corretta cementazione della colonna.

A protezione del foro di sondaggio è stato posto in opera un pozzetto carrabile.

Prelievi in foro di sondaggio

Durante il sondaggio sono stati prelevati n. 3 campioni di roccia seguendo le indicazioni fornite dalla Direzione dei Lavori. L'esatta profondità di campionamento è stata dettata dalla possibilità di reperire una porzione di roccia integra di una dimensione tale da consentire la realizzazione dei provini da sottoporre a prove di laboratorio. Di seguito si riportano le tabelle con gli intervalli di campionamento.

Campioni indisturbati	
n. campione	Intervallo di campionamento da p.c.
S1-C1	3,70 - 3,90
S1-C2	9,40 - 9,70
S1-C3	20,00-20,40

./.

Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Ciofi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

./.

Sondaggio S2

Il sondaggio S2 ha raggiunto la profondità stabilita di 10,00 m con percentuale di campionamento del 100 %.

Le carote di sondaggio sono state collocate in n. 2 cassette catalogatrici.

Il foro di sondaggio è stato riempito.

Prelievi in foro di sondaggio

Durante il sondaggio è stato prelevati n. 1 campioni di roccia seguendo le indicazioni fornite dalla Direzione dei Lavori. L'esatta profondità di campionamento è stata dettata dalla possibilità di reperire una porzione di roccia integra di una dimensione tale da consentire la realizzazione dei provini da sottoporre a prove di laboratorio. Si seguito si riportano le tabelle con gli intervalli di campionamento.

Campioni indisturbati	
n. campione	Intervallo di campionamento da p.c.
S2-C1	9,50 - 9,80

Di seguito, nelle pagine 5, 6 7 e 8, si riportano le stratigrafie dei sondaggi e la relativa documentazione fotografica

./.

Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Ciofi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

./.

SONDAGGIO 1

Profondità m	Profondità cm	Profondità m	Profondità cm	Profondità m	Profondità cm	Profondità m	Profondità cm	Profondità m	Profondità cm	DESCRIZIONE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bitume.
1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	Riparto antropico.
2	200	2	200	2	200	2	200	2	200	
3	300	3	300	3	300	3	300	3	300	
4	400	4	400	4	400	4	400	4	400	Arenaria di colore marrone molto alterata e molto fratturata con intercalazioni siltitiche.
5	500	5	500	5	500	5	500	5	500	
6	600	6	600	6	600	6	600	6	600	Arenaria di colore marrone poco alterata e fratturata con intercalazioni siltitiche.
7	700	7	700	7	700	7	700	7	700	
8	800	8	800	8	800	8	800	8	800	
9	900	9	900	9	900	9	900	9	900	Arenaria di colore marrone con granulometria grossolana e poco fratturata con rare intercalazioni siltitiche.
10	1000	10	1000	10	1000	10	1000	10	1000	
11	1100	11	1100	11	1100	11	1100	11	1100	
12	1200	12	1200	12	1200	12	1200	12	1200	
13	1300	13	1300	13	1300	13	1300	13	1300	
14	1400	14	1400	14	1400	14	1400	14	1400	
15	1500	15	1500	15	1500	15	1500	15	1500	
16	1600	16	1600	16	1600	16	1600	16	1600	
17	1700	17	1700	17	1700	17	1700	17	1700	
18	1800	18	1800	18	1800	18	1800	18	1800	
19	1900	19	1900	19	1900	19	1900	19	1900	Arenaria di colore grigio con granulometria grossolana, compatta con rare intercalazioni siltitiche.
20	2000	20	2000	20	2000	20	2000	20	2000	
21	2100	21	2100	21	2100	21	2100	21	2100	
22	2200	22	2200	22	2200	22	2200	22	2200	Arenaria di colore grigio a granulometria fine, compatta con rare intercalazioni siltitiche.
23	2300	23	2300	23	2300	23	2300	23	2300	
24	2400	24	2400	24	2400	24	2400	24	2400	Arenaria di colore grigio con granulometria grossolana, compatta.

./.

Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Cioffi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

./.

SONDAGGIO 1

#	RP	VT	A	Pz	metri	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prof. %	SPT	RQD %	prof. m	DESCRIZIONE
101					26					0-100		0-100		Arenaria di colore grigio con granulometria grossolana, compatta.
					26									Arenaria di colore grigio a granulometria fine, compatta, con rare intercalazioni siltitiche.
					27									
					28									Silti di colore grigio.
					28									Arenaria di colore grigio con granulometria grossolana, compatta.
					30									

SONDAGGIO 2

#	RP	VT	A	Pz	metri	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prof. %	SPT	RQD %	prof. m	DESCRIZIONE
101					1					0-100		0-100		Bitume. Riparto antropico.
					2									
					3									
					4									
					5									
					6									
					7									Arenaria di colore marrone molto alterata e molto fratturata con intercalazioni siltitiche.
					8									
					9									Arenaria di colore grigio con granulometria grossolana.
					10									

./.

Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Ciofi)

Il Direttore del Laboratorio
(Prof. Geol. Biancamaria Chiantini)

./.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

SONDAGGIO 1



(0 ÷ 5 m)



(5 ÷ 10 m)



(10 ÷ 15 m)



(15 ÷ 20 m)



(20 ÷ 25 m)



(25 ÷ 30 m)

./.

Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Ciofi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

./.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

SONDAGGIO 2



(0 ÷ 5 m)



(5 ÷ 10 m)

./.

Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Casoli)

Il Direttore del Laboratorio
(Prof. Geol. Biancamaria Ciantini)

./.

PROVA DOWN HOLE

L'indagine è stata realizzata in corrispondenza del sondaggio S1 adeguatamente allestito per la realizzazione delle prova sismica in foro e conseguente acquisizione ed elaborazione dei dati.

- Acquisizione in onde P, Sh con geofono da foro;
- Profondità indagata metri 30 da p.c.;
- Passo di acquisizione metri 1.00;
- Numero di acquisizioni: 90 files (per ogni passo di lettura: n°1 acquisizione del segnale in onde P; n°2 acquisizioni per le Sh);
- distanza del punto di energizzazione dall'asse del foro metri 3,00.



Documentazione fotografica indagine sismica down-hole

./.

Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Chiofi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chianini)

./.



Documentazione fotografica indagine sismica down-hole

Acquisizione dati

Per l'acquisizione dati è stato impiegato un sismografo digitale PASI Mod. 16SG24 (24 bit, 24 canali sismica) collegato mediante un cavo sismico multipolare, ad un geofono da foro tridimensionale da 10.5 Hz.

Sono state eseguite una serie di battute per l'acquisizione delle onde di compressione P e di taglio Sh, impiegando un piattello di battuta in alluminio posto ad una distanza di 3,00 metro dall'asse del foro ed una mazza da 8 Kg per l'energizzazione. La fase di acquisizione è terminata ad una profondità di metri 32-33 mantenendo un passo di lettura costante di 1,00 metri.

Elaborazione dati

- *Analisi preliminare dati*

I dati acquisiti in campagna sono stati analizzati in via preliminare con un programma di visualizzazione dei sismogrammi. Il software consente di trattare i dati, attraverso funzioni di variazione della scala di ampiezza del segnale, filtraggio di bassa e/o alta frequenza ed anche eventuali componenti monotoni.

./.

Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Ciofi)

Il Direttore del Laboratorio
(Prof. Geol. Biancamaria Chantini)

./.

- **Picking**

Dopo questa prima fase, i dati sono stati inseriti ed elaborati con il software InterSism 2.2, che consente l'analisi delle acquisizioni di sismica in foro.

Per ogni file di acquisizione, sono stati quindi individuati i primi arrivi sfruttando una funzione di tracciamento automatico (il programma utilizza in modo integrato diverse metodologie, dalla cross-correlation alla wavelet-analysis reiterando il procedimento per raffinare i risultati ottenuti con continui controlli della compatibilità tra i tempi identificati e quelli derivati dall'interpolazione dei geofoni adiacenti), dove le tracce del segnale sono evidenti e poco disturbate da rumore. In una seconda fase si è passati ad un controllo ed una correzione manuale dei primi arrivi, analizzando ogni singola traccia.

Le tracce acquisite sono risultate di buona qualità grazie ad una buona energizzazione ed un ambiente caratterizzato da basso rumore di fondo, ulteriormente attenuato attraverso le operazioni di filtraggio.

- **Elaborazione dei dati**

Dopo aver effettuato il picking dei primi arrivi si è proceduto all'elaborazione dei dati nel seguente modo:

- *definizione del numero di sismostrati*. In questa operazione sulla base dell'andamento dei primi arrivi e del successivo controllo delle dromocrone, si è scelto di utilizzare un modello a 3 strati per lo stendimento;
- *fitting automatico dei punti sperimentali*. La determinazione automatica della dromocrona è basata su un procedimento di ricerca di minimo sviluppato in forma analitica che permette di identificare la disposizione dei punti di ginocchio tale che la dromocrona risultante presenti in assoluto il miglior coefficiente di correlazione con i tempi di primo arrivo.
- *correzione manuale del fitting delle dromocrone*. Anche in questo caso è possibile intervenire manualmente sia in termini di numero di strati interessati da ciascuno sparo sia in termini di posizione dei punti di ginocchio;
- *Realizzazione di un modello simostratigrafico* attraverso l'analisi dei risultati dell'indagine geofisica e delle evidenze stratigrafiche emerse in fase di sondaggio.

./.

Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Ciofi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

./.

Risultati conseguiti

N° Geof,	Profondità [m]	Onde P [ms]	Onde S (y) [ms]	Onde P (corretti) [ms]	Onde S (y) (corretti) [ms]
1	1,00	2,30	3,20	0,73	1,01
2	2,00	5,30	5,90	2,94	3,27
3	3,00	6,50	7,00	4,60	4,95
4	4,00	6,80	8,90	5,44	7,12
5	5,00	6,80	11,30	5,83	9,69
6	6,00	7,30	11,50	6,53	10,29
7	7,00	9,00	13,10	8,27	12,04
8	8,00	9,00	13,10	8,43	12,27
9	9,00	9,50	14,50	9,01	13,76
10	10,00	9,80	15,30	9,39	14,65
11	11,00	10,50	16,10	10,13	15,53
12	12,00	10,50	17,40	10,19	16,88
13	13,00	11,00	18,50	10,72	18,03
14	14,00	11,80	17,40	11,54	17,01
15	15,00	11,50	20,40	11,28	20,00
16	16,00	12,30	19,60	12,09	19,26
17	17,00	12,30	20,40	12,11	20,09
18	18,00	12,70	23,90	12,53	23,57
19	19,00	12,70	23,10	12,54	22,82
20	20,00	13,50	23,30	13,35	23,04
21	21,00	14,00	23,60	13,86	23,36
22	22,00	14,50	23,90	14,37	23,68
23	23,00	14,50	25,50	14,38	25,29
24	24,00	14,50	25,00	14,39	24,81
25	25,00	15,80	26,00	15,69	25,81
26	26,00	15,00	26,60	14,90	26,42
27	27,00	15,00	27,40	14,91	27,23
28	28,00	15,50	29,20	15,41	29,03
29	29,00	16,00	30,30	15,92	30,14
30	30,00	17,30	29,80	17,21	29,65

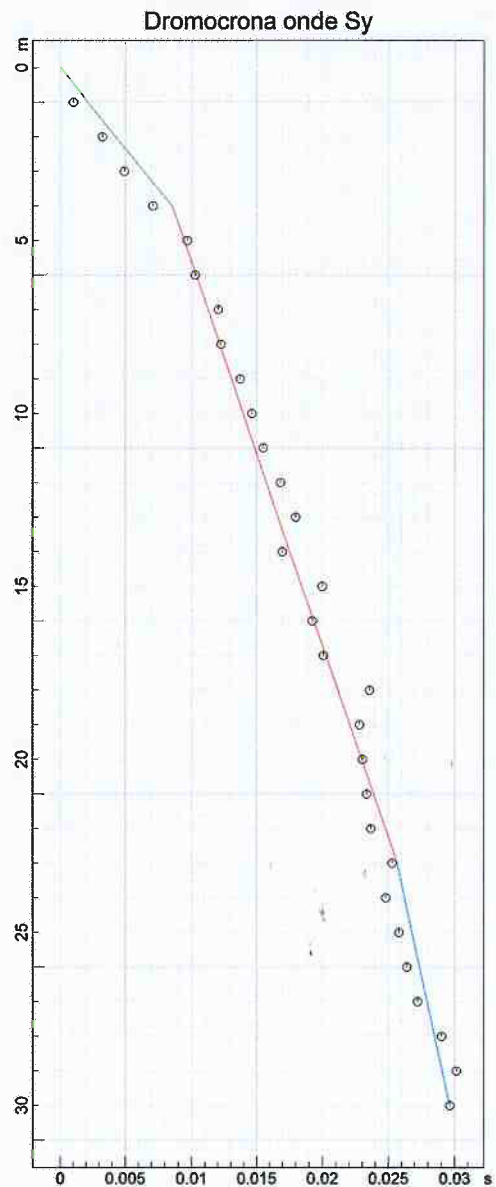
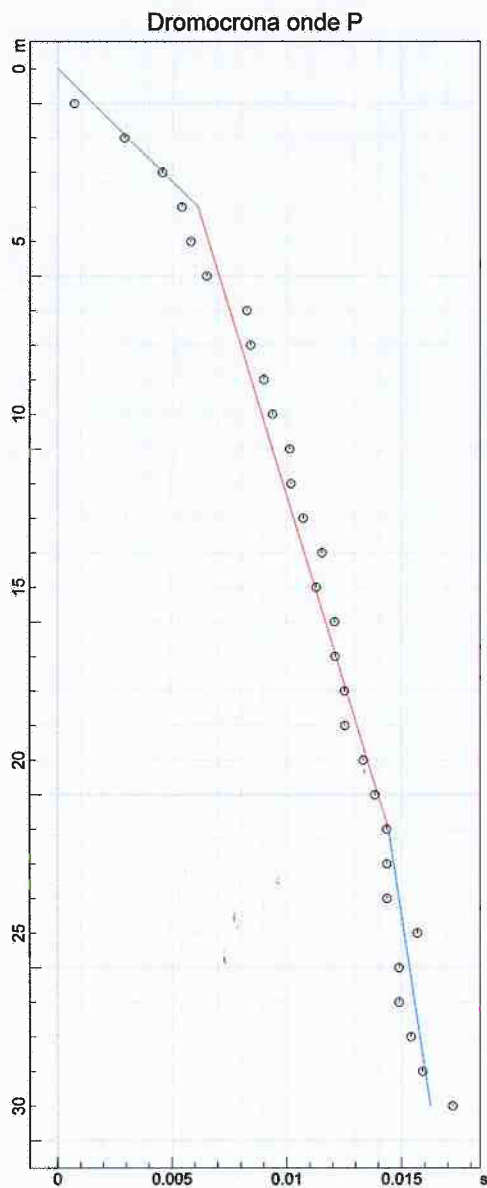
Tabulato dei tempi dei primi arrivi misurati e corretti

./.

Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Clodi)

Il Direttore del Laboratorio
(Geol. Biancamaria Chianini)

./.

**Dromocrone**

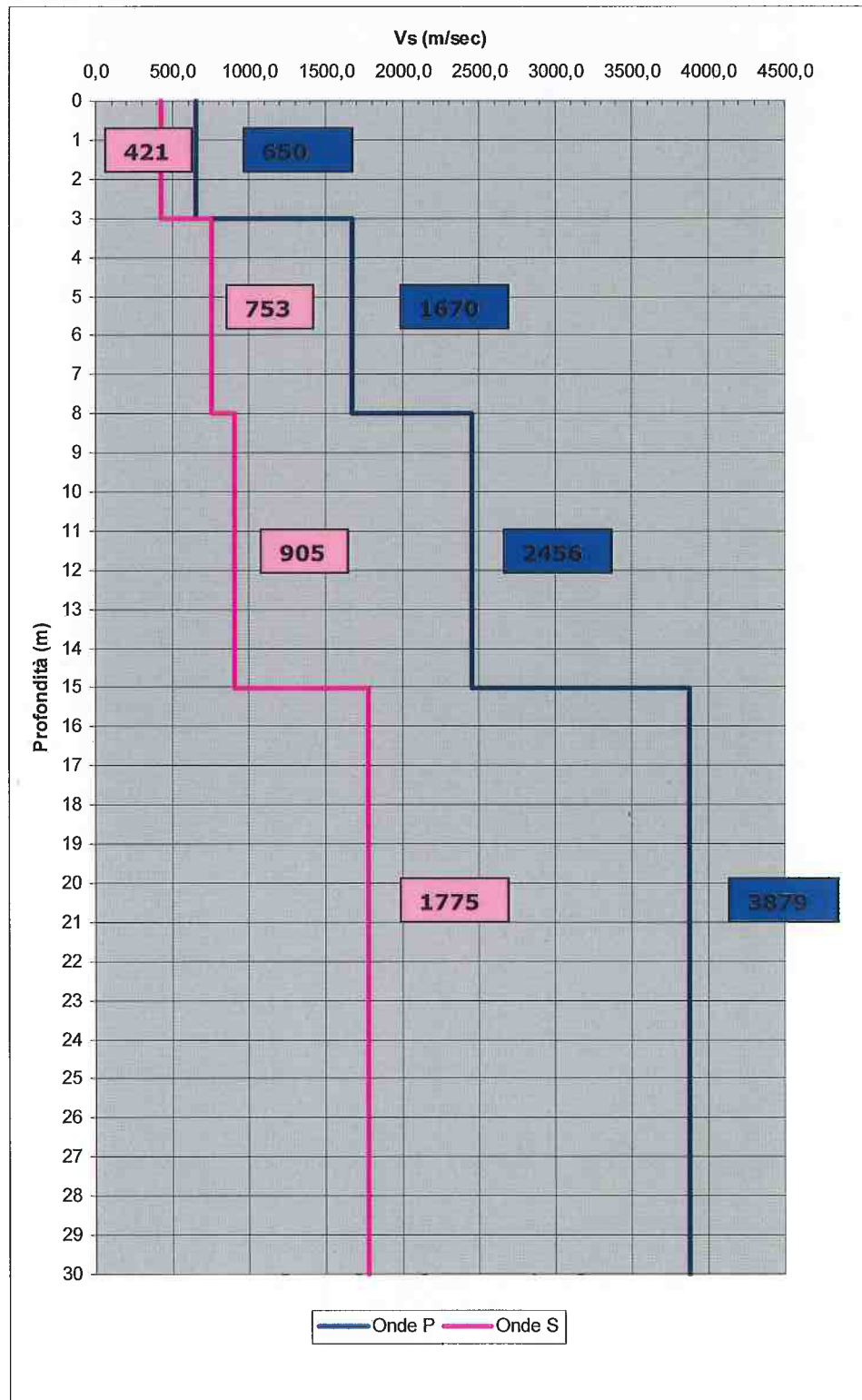
./.

Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Ciofi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dot. Geol. Biancamaria Chianfani)

./.

Sulla base dei risultati ottenuti dall'indagine sismica e dell'analisi delle stratigrafie dei sondaggi è stato elaborato il seguente profilo sismico verticale, inserendo 4 diversi sismostrati.



Profilo sismico verticale./.

Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Cioffi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

/.

Spessore strato	Velocità onde Sh
[m]	[m/sec]
3	421
5	753
7	905
15	1775

Si esegue di seguito la stima della Vs30 considerando i primi 30 metri di sottosuolo

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

VELOCITA' MEDIE VS30 da p.c a quota -30

Geofono	VS30 [m/s]	Categoria di sottosuolo*
orizzontale Shx	1002	A

Ricordiamo che la definizione esatta della categoria di suolo resta di competenza del tecnico incaricato sulla base dei dati e delle indicazioni scaturiti dalle indagini realizzate sull'area.

PROVE DI LABORATORIO

Sono stati portati in Laboratorio i seguenti campioni indisturbati:

- S1C1 prelevato alla profondità compresa tra 3,70 ÷ 3,90 m da p.c.
- S1C2 prelevato alla profondità compresa tra 9,40 ÷ 9,70 m da p.c.
- S1C3 prelevato alla profondità compresa tra 20,00 ÷ 20,40 m da p.c.
- S2C1 prelevato alla profondità compresa tra 9,50 ÷ 9,80 m da p.c.

sui quali sono state eseguite le prove di Laboratorio richieste, per le quali sono state rilasciate le relative certificazioni.

Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Cioffi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chianini)



Cliente 9074 ROMEO PURI IMPIANTI di PURI ROMEO

ALIG Associazione Laboratori di Ingegneria e Geotecnica

CERTIFICATO N. 0169G/00276 DEL 30-12-2017

Riferimenti: V.A. del 19-12-17 n. 115/X

Nota del 19-12-17 n. C 124

PROVE DI LABORATORIO SULLE ROCCE **(COMPRESSIONE MONOASSIALE)**

Intestatario: **ROMEO PURI IMPIANTI**
Via Nazionale, 32/A – Borgo della Collina (AR)
Cantiere: **RISTRUTTURAZIONE FABBRICATO PER USO MUSEALE**
Castelnuovo dei Sabbioni – CAVRIGLIA (AR)
Proprietà: **COMUNE DI CAVRIGLIA**
Direttore dei Lavori : **Dott. Ing. CARDINALE GIOVANNI**
Natura dei campioni ...: **Campione di roccia** **Siglato "S1C1 Profondità 3,70 ÷ 3,90 m"**
Questo documento viene rilasciato con timbro a secco e con bollino rosso A.L.I. ed è costituito da n. 4 pagine.

RELAZIONE

In data 19-12-2017 è stato consegnato al Laboratorio un campione di roccia, dichiarato prelevato dal Cantiere "Ristrutturazione del fabbricato per uso museale a Castelnuovo dei Sabbioni- Caviglia (AR)", per essere sottoposto alla seguente prova di Laboratorio:

- Prova di resistenza a compressione monoassiale su rocce, secondo Raccomandazioni I.S.R.M. 1979.

ANALISI DI LABORATORIO

CAMPIONE "S1C1" Profondità 3,70 ÷ 3,90 m.

DESCRIZIONE DEL LITOTIPO: **Roccia sedimentaria, massiccia. Eterogenea e di natura non carbonatica (non reagisce all' acido cloridrico). E' una roccia particellare, clastica, i cui granuli sono di varia composizione mineralogica, colorazione e dimensione (si riconoscono elementi neri, bianchi e argentei di dimensioni millimetriche). Nell'insieme il campione ha una colorazione marrone grigiastro ed è fratturato e di alterato;**

(v. foto pagina " 2 ").

PROVA DI RESISTENZA A COMPRESSIONE
MONOASSIALE SU ROCCE

La prova, eseguita secondo le Raccomandazioni I.S.R.M. 1979, ha fornito le curve $\sigma - \epsilon$ e $\epsilon_1 - \epsilon_3$ come riportato nella pagina 3 unitamente ai dati del provino

(v. foto pagina " 4 ").

-----0000000000-----

OSSERVAZIONI: Dati forniti da Romeo Puri Impianti

Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Cioffi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Settori: a) Prove di laboratorio sui terreni b) Prove di laboratorio sulle rocce c) Prove in sito

Riferimento: V.A. 0115/X del 19/12/2017

Committente: Romeo Puri Impianti

Cantiere: Ristrutturazione fabbricato per uso museale
Castelnuovo dei Sabbioni – Cavriglia (AR)

Sigla Campione: S1C1

Profondità: 3,70 ÷ 3,90 m

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE



Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Ciofi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

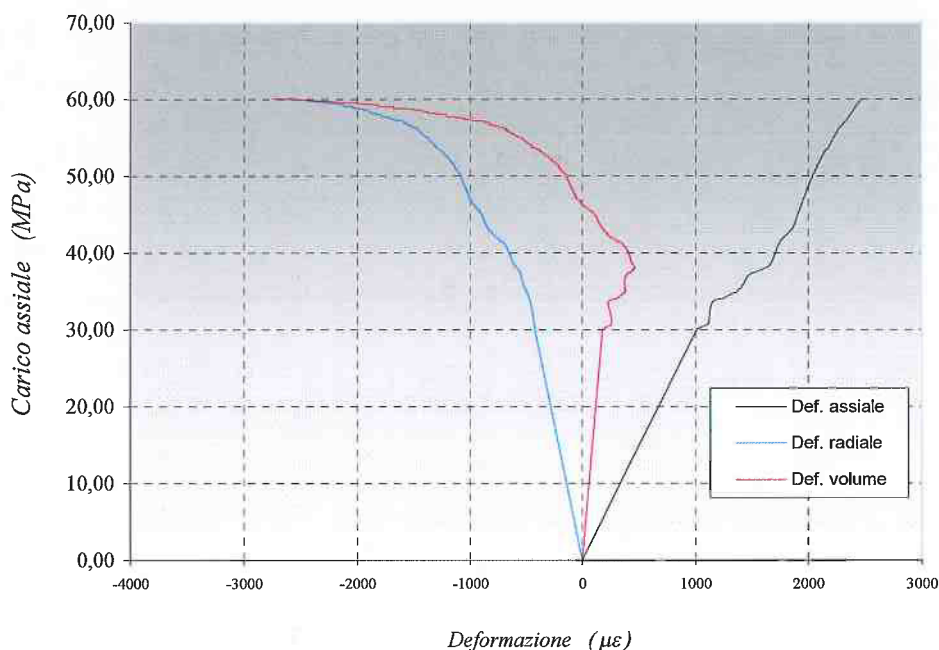
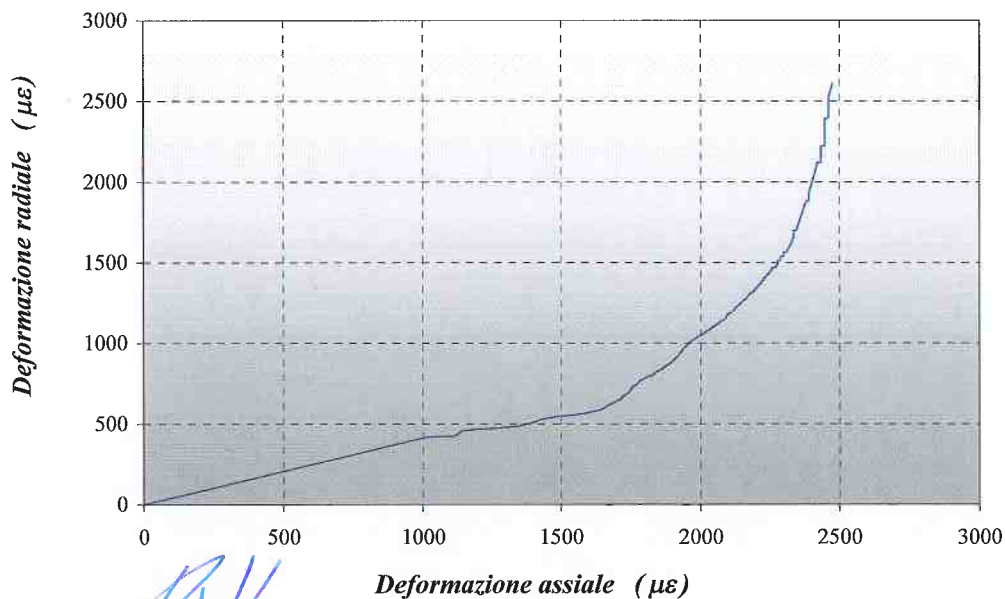
Riferimento: V.A. 0115/X del 19/12/2017
Committente : ROMEO PURI IMPIANTI
Cantiere : RISTRUTTURAZIONE FABBRICATO PER USO MUSEALE
 CASTELNUOVO DEI SABBIONI - CAVRIGLIA (AR)
Sigla Campione: S1C1
Profondità: 3,70 ÷ 3,90 m

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCE
Caratteristiche del provino

Provino	H ₀ mm	d ₀ mm	A ₀ mm ²	γ kN/m ³
S2	120	78	4776	26,69

 ε_1 = Deformazione assiale

 ε_3 = Deformazione radiale

 ε_v = Deformazione volumica = $\Delta V/V = \varepsilon_1 + 2\varepsilon_3$
CURVE DI COMPRESSIONE

 ν = Rapporto di Poisson


Lo Sperimentatore

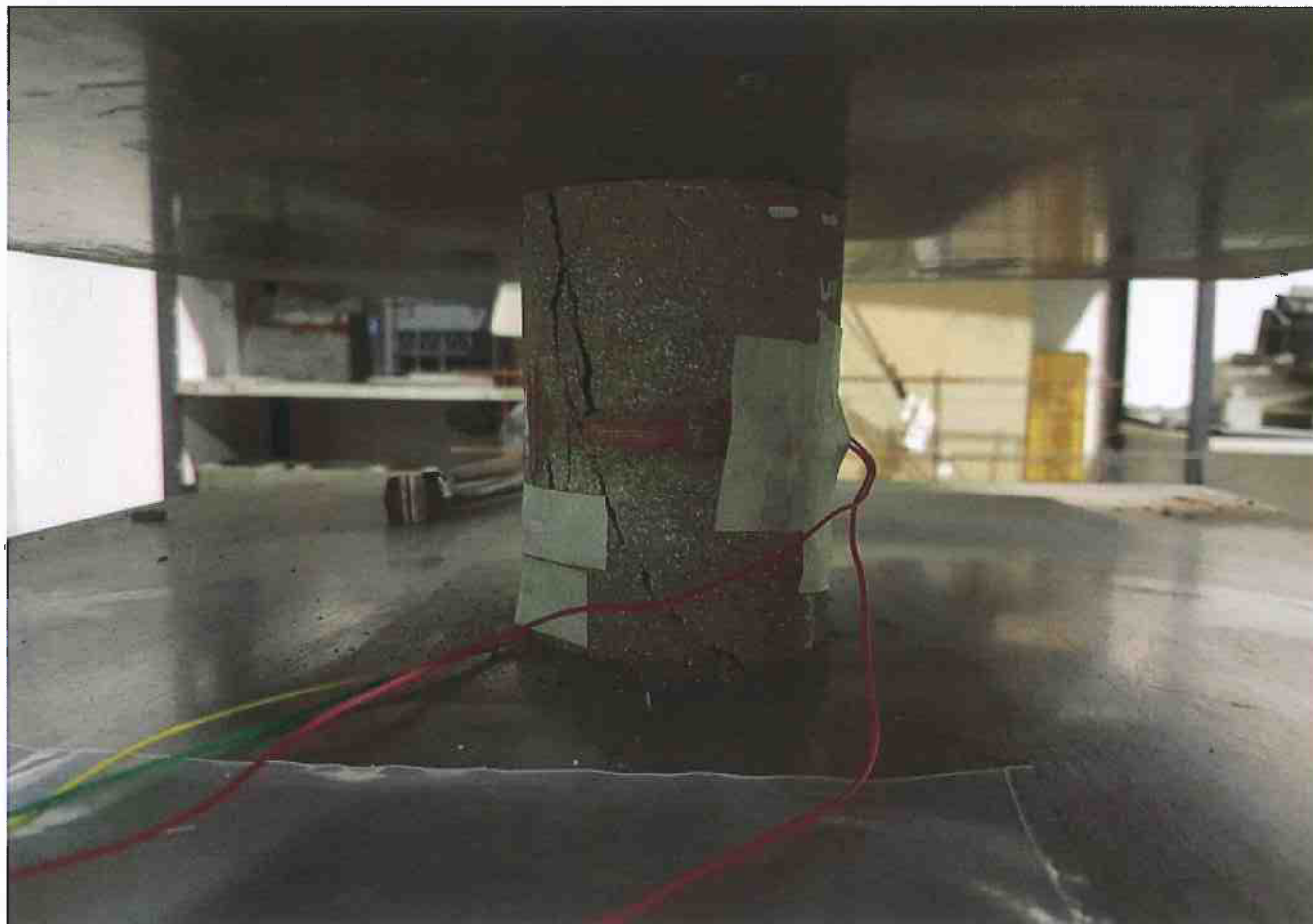
(Geol. Riccardo Cioffi)

Il Direttore del Laboratorio

(Geol. Biancamaria Chiantini)

Riferimento: V.A. 0115/X del 19/12/2017
Committente : ROMEO PURI IMPIANTI
Cantiere : RISTRUTTURAZIONE FABBRICATO PER USO MUSEALE
CASTELNUOVO DEI SABBIONI - CAVRIGLIA (AR)
Sigla Campione: S1C1
Profondità: 3,70 ÷ 3,90 m

FOTOGRAFIA CAMPIONE DOPO LA ROTTURA



Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Fiori)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Mantini)



Cliente 9074 ROMEO PURI IMPIANTI di PURI ROMEO

ALIG Associazione Laboratori di Ingegneria e Geotecnica

CERTIFICATO N. 0170G/00277 DEL 30-12-2017

Riferimenti: V.A. del 19-12-17 n. 115/X

Nota del 19-12-17 n. C 124

PROVE DI LABORATORIO SULLE ROCCE
(COMPRESSIONE MONOASSIALE)

Intestatario: **ROMEO PURI IMPIANTI**
Via Nazionale, 32/A – Borgo della Collina (AR)
Cantiere: **RISTRUTTURAZIONE FABBRICATO PER USO MUSEALE**
Castelnuovo dei Sabbioni – CAVRIGLIA (AR)
Proprietà: **COMUNE DI CAVRIGLIA**
Direttore dei Lavori : **Dott. Ing. CARDINALE GIOVANNI**
Natura dei campioni ...: **Campione di roccia** **Siglato "S1C3 Profondità 20,00 ÷ 20,40 m"**
Questo documento viene rilasciato con timbro a secco e con bollino rosso A.L.I. ed è costituito da n. 4 pagine.

RELAZIONE

In data 19-12-2017 è stato consegnato al Laboratorio un campione di roccia, dichiarato prelevato dal Cantiere "Ristrutturazione del fabbricato per uso museale a Castelnuovo dei Sabbioni- Caviglia (AR)", per essere sottoposto alla seguente prova di Laboratorio:

- Prova di resistenza a compressione monoassiale su rocce, secondo Raccomandazioni I.S.R.M. 1979.

ANALISI DI LABORATORIO

CAMPIONE "S1C3" Profondità 20,00 ÷ 20,40 m.

DESCRIZIONE DEL LITOTIPO: **Roccia sedimentaria, massiccia. eterogenea e di natura non carbonatica (debole reazione all' acido cloridrico). E' una roccia particellare, clastica, i cui granuli sono di varia composizione mineralogica, colorazione e dimensione (si riconoscono elementi neri, grigi e argentei di dimensioni millimetriche). Nell'insieme il campione ha una colorazione grigia con rare intercalazioni;**
(v. foto pagina " 2 ").

PROVA DI RESISTENZA A COMPRESSIONE
MONOASSIALE SU ROCCE

La prova, eseguita secondo le Raccomandazioni I.S.R.M. 1979, ha fornito le curve $\sigma - \epsilon$ e $\epsilon_1 - \epsilon_3$ come riportato nella pagina 3 unitamente ai dati del provino

(v. foto pagina " 4 ").

-----0000000000-----

OSSERVAZIONI: Dati forniti da Romeo Puri Impianti

Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Giofi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Settori: a) Prove di laboratorio sui terreni b) Prove di laboratorio sulle rocce c) Prove in sito

Riferimento: V.A. 0115/X del 19/12/2017

Committente: Romeo Puri Impianti

Cantiere: Ristrutturazione fabbricato per uso museale

Castelnuovo dei Sabbioni – Cavriglia (AR)

Sigla Campione: S1C3

Profondità: 20,00 ÷ 20,40 m

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Ciofi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chianini)

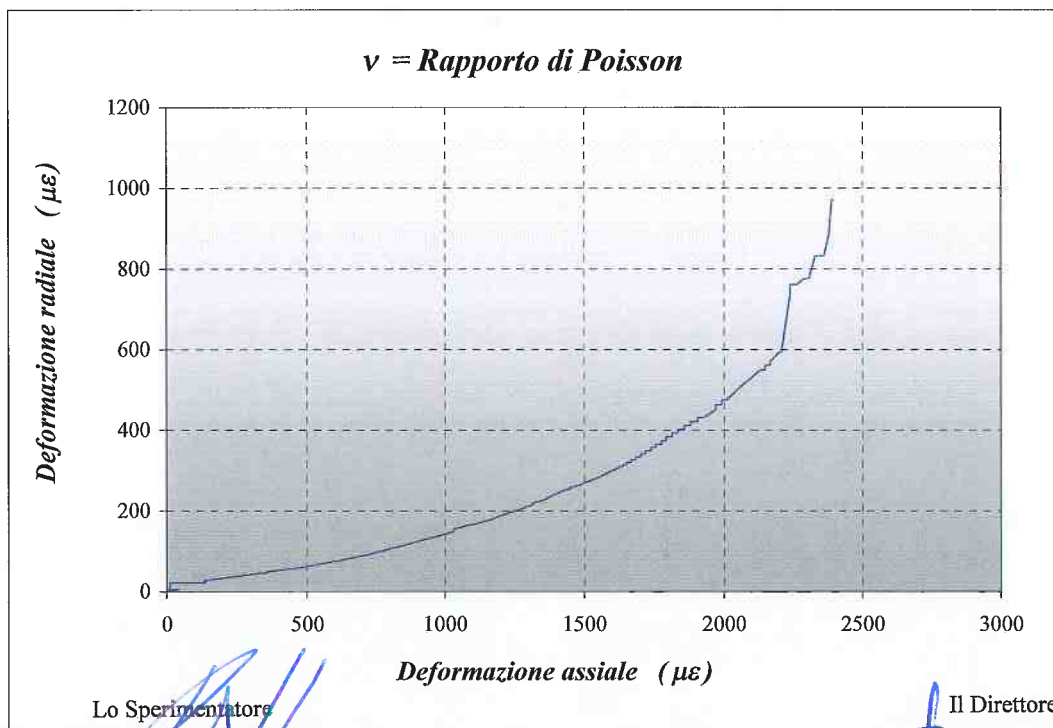
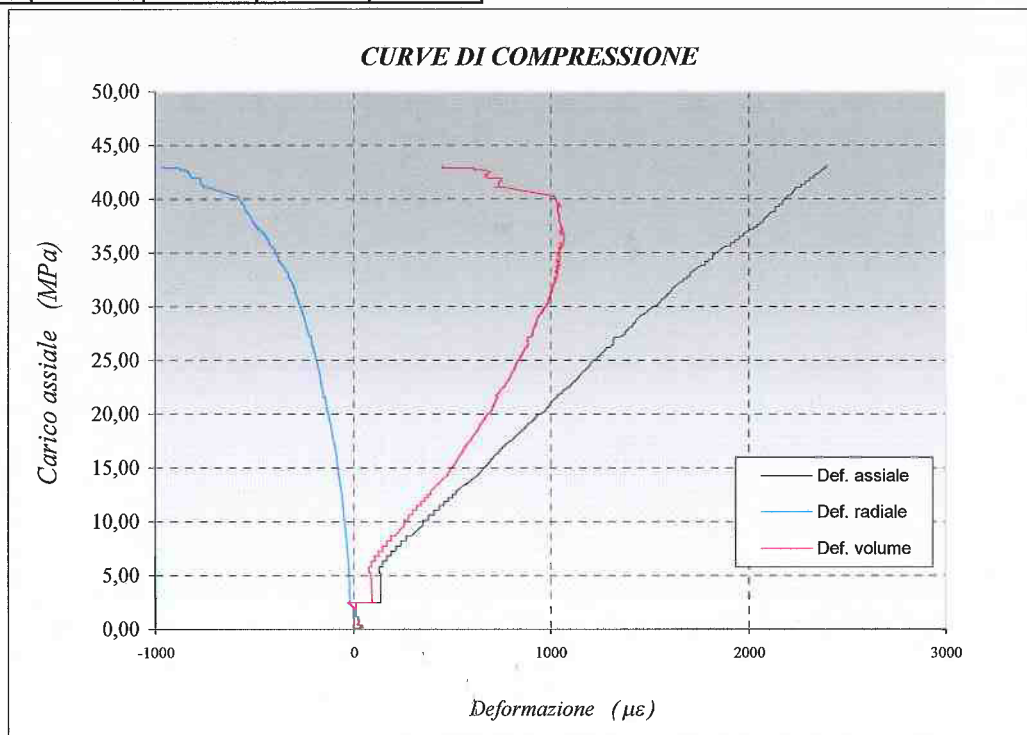
Riferimento: V.A. 0115/X del 19/12/2017
Committente: ROMEO PURI IMPIANTI
Cantiere: RISTRUTTURAZIONE FABBRICATO PER USO MUSEALE
 CASTELNUOVO DEI SABBIONI - CAVRIGLIA (AR)
Sigla Campione: S1C3
Profondità: 20,00 ÷ 20,40 m

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCE
Caratteristiche del provino

Provino	H ₀ mm	d ₀ mm	A ₀ mm ²	γ kN/m ³
S2	156	78	4776	26,10

 ε_1 = Deformazione assiale

 ε_3 = Deformazione radiale

 ε_v = Deformazione volumica = $\Delta V/V = \varepsilon_1 + 2\varepsilon_3$


Riferimento: V.A. 0115/X del 19/12/2017
Committente : ROMEO PURI IMPIANTI
Cantiere : RISTRUTTURAZIONE FABBRICATO PER USO MUSEALE
CASTELNUOVO DEI SABBIONI - CAVRIGLIA (AR)
Sigla Campione: S1C3
Profondità: 20,00 ÷ 20,40 m

FOTOGRAFIA CAMPIONE DOPO LA ROTTURA

Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Ciofi)

Il Direttore del Laboratorio
(Geol. Biancamaria Chiantini)



Cliente 9074 ROMEO PURI IMPIANTI di PURI ROMEO

ALIG Associazione Laboratori di Ingegneria e Geotecnica

CERTIFICATO N. 0171G/00278 DEL 30-12-2017

Riferimenti: V.A. del 19-12-17 n. 115/X

Nota del 19-12-17 n. C 124

PROVE DI LABORATORIO SULLE ROCCE **(COMPRESSIONE MONOASSIALE)**

Intestatario: **ROMEO PURI IMPIANTI**
Via Nazionale, 32/A – Borgo della Collina (AR)
Cantiere: **RISTRUTTURAZIONE FABBRICATO PER USO MUSEALE**
Castelnuovo dei Sabbioni – CAVRIGLIA (AR)
Proprietà: **COMUNE DI CAVRIGLIA**
Direttore dei Lavori : **Dott. Ing. CARDINALE GIOVANNI**
Natura dei campioni ...: **Campione di roccia** **Siglato "S2C1 Profondità 9,50 ÷ 9,80 m"**
Questo documento viene rilasciato con timbro a secco e con bollino rosso A.L.I. ed è costituito da n. 4 pagine.

RELAZIONE

In data 19-12-2017 è stato consegnato al Laboratorio un campione di roccia, dichiarato prelevato dal Cantiere "Ristrutturazione del fabbricato per uso museale a Castelnuovo dei Sabbioni- Caviglia (AR)", per essere sottoposto alla seguente prova di Laboratorio:

- Prova di resistenza a compressione monoassiale su rocce, secondo Raccomandazioni I.S.R.M. 1979.

ANALISI DI LABORATORIO

CAMPIONE "S2C1" Profondità 9,50 ÷ 9,80 m.

DESCRIZIONE DEL LITOTIPO: **Roccia sedimentaria, massiccia. eterogenea e di natura non carbonatica (debole reazione all' acido cloridrico). E' una roccia particellare, clastica, i cui granuli sono di varia composizione mineralogica, colorazione e dimensione (si riconoscono elementi neri, bianchi, grigi e argentei di dimensioni millimetriche e submillimetriche). Nell'insieme il campione ha una colorazione grigia ed è attraversato da venature bianche,**
(v. foto pagina " 2 ").

**PROVA DI RESISTENZA A COMPRESSIONE
MONOASSIALE SU ROCCE**

La prova, eseguita secondo le Raccomandazioni I.S.R.M. 1979, ha fornito le curve $\sigma - \varepsilon$ e $\varepsilon_1 - \varepsilon_3$ come riportato nella pagina 3 unitamente ai dati del provino

(v. foto pagina " 4 ").

-----0000000000-----

OSSERVAZIONI: Dati forniti da Romeo Puri Impianti

Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Ciofi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Settori: a) Prove di laboratorio sui terreni b) Prove di laboratorio sulle rocce c) Prove in sito

Riferimento: V.A. 0115/X del 19/12/2017

Committente: Romeo Puri Impianti

Cantiere: Ristrutturazione fabbricato per uso museale

Castelnuovo dei Sabbioni – Cavriglia (AR)

Sigla Campione: S2C1

Profondità: 9,50 ÷ 9,80 m

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE



Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Sofi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Riferimento: V.A. 0115/X del 19/12/2017
 Committente : ROMEO PURI IMPIANTI
 Cantiere : RISTRUTTURAZIONE FABBRICATO PER USO MUSEALE
 CASTELNUOVO DEI SABBIONI - CAVRIGLIA (AR)
 Sigla Campione: S2C1
 Profondità: 9,50 ÷ 9,80 m

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCE

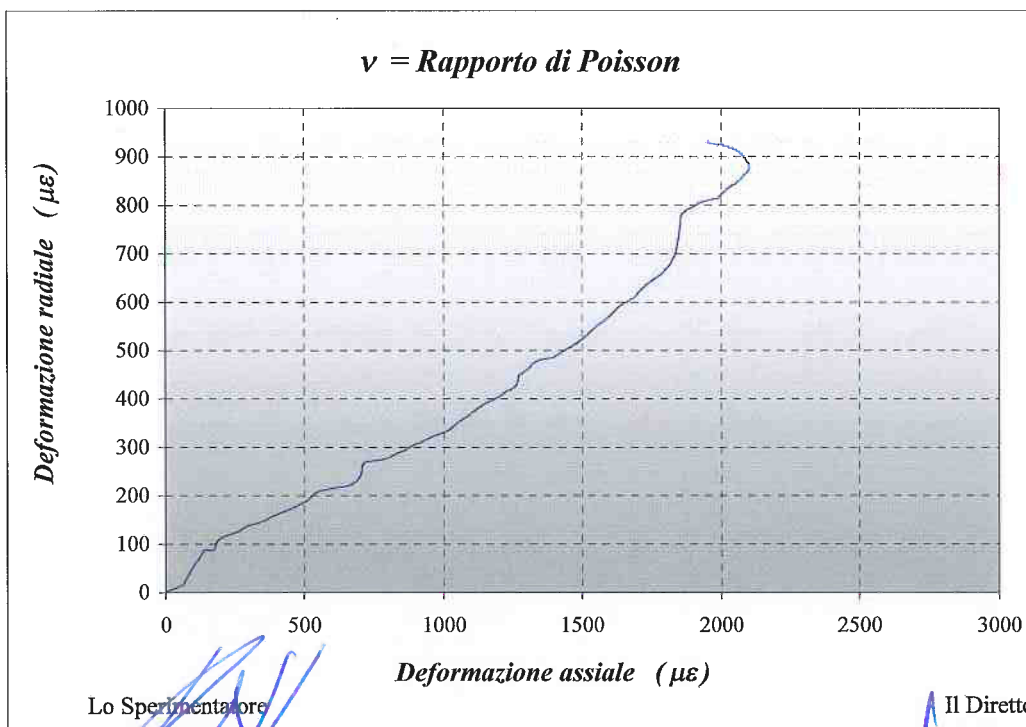
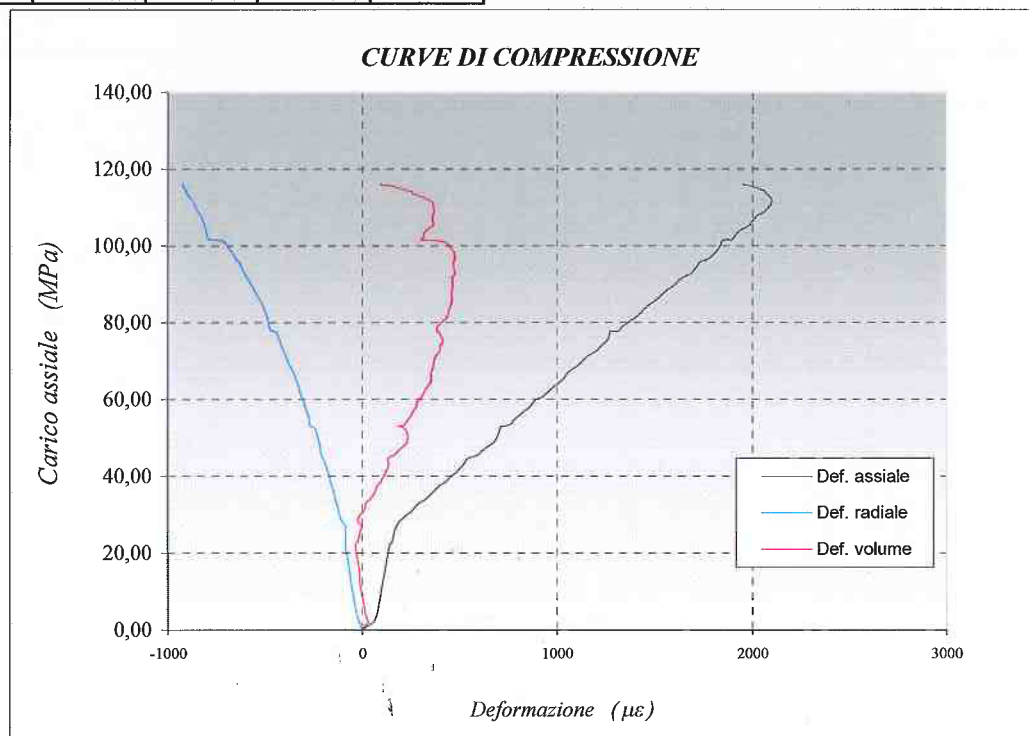
Caratteristiche del provino

Provino	H ₀ mm	d ₀ mm	A ₀ mm ²	γ kN/m ³
S2C1	118	78	4776	24,49

ε_1 = Deformazione assiale

ε_3 = Deformazione radiale

ε_v = Deformazione volumica = $\Delta V/V = \varepsilon_1 + 2\varepsilon_3$



Riferimento: V.A. 0115/X del 19/12/2017
Committente : ROMEO PURI IMPIANTI
Cantiere : RISTRUTTURAZIONE FABBRICATO PER USO MUSEALE
CASTELNUOVO DEI SABBIONI - CAVRIGLIA (AR)
Sigla Campione: S2C1
Profondità: 9,50 ÷ 9,80 m

FOTOGRAFIA CAMPIONE DOPO LA ROTTURA



Lo Sperimentatore
(Geol. Riccardo Ciofi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chianini)

Sede legale e amministrativa:

Via Sicilia 29 - Belverde - 53035 MONTERIGGIONI - SI (I)

Tel. 0577 • 5841 - Fax 0577 • 52610 - E-mail: info@labgeotec.it - www.labgeotec.it

Spett.le **ROMEO PURI IMPIANTI**
Via Nazionale, 32/A
52018 CASTEL SAN NICCOLO' (AR)

Prot. n° 9074/0169G

Siena, 30-12-2017

Allegati: n°1 elaborato

OGGETTO: Prove di Laboratorio sui terreni: Campione di roccia

Siglato "S1C1 Profondità 3,70 ÷ 3,90 m."

**Cantiere: RISTRUTTURAZIONE FABBRICATO PER USO MUSEALE
CASTELNUOVO DEI SABBIONI – CAVRIGLIA (AR)**

RELAZIONE INTEGRATIVA

Con riferimento al Verbale di Accettazione n° 0115/X del 30-12-2017 e a seguito delle prove di Laboratorio eseguite sul campione di roccia in oggetto, sono stati emessi i Certificati n° 0169G/00276 del 30-12-17 per le prove richieste, con l'esposizione dei soli risultati ottenuti e senza la loro interpretazione, a norma della Circolare Ministeriale del 16-12-99 n° 349/STC.

Si ritiene utile trasmettere gli allegati elaborati relativi alle prove eseguite sul campione in oggetto, da cui risultano i sottoriportati parametri per la prova di Compressione Monoassiale:

Allegato di pag 1 - Campione "S1C1 Profondità 3,70 ÷ 3,90 m"

Prova di compressione monoassiale

$$\sigma_{\max} = 64,16 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0,36$$

$$E_{s50} = 35,09 \text{ GPa}$$

$$E_{t50} = 15,45 \text{ GPa}$$

Nella fiducia di aver fornito utili indicazioni interpretative, non vincolanti per il Laboratorio, ci è gradito porgere cordiali saluti.

BC/bmc



Riferimento: V.A. 0115/X del 19/12/2017
Committente : ROMEO PURI IMPIANTI
Cantiere : RISTRUTTURAZIONE FABBRICATO PER USO MUSEALE
 CASTELNUOVO DEI SABBIONI - CAVRIGLIA (AR)
Sigla Campione: S1C1
Profondità: 3,70 ÷ 3,90 m

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCE

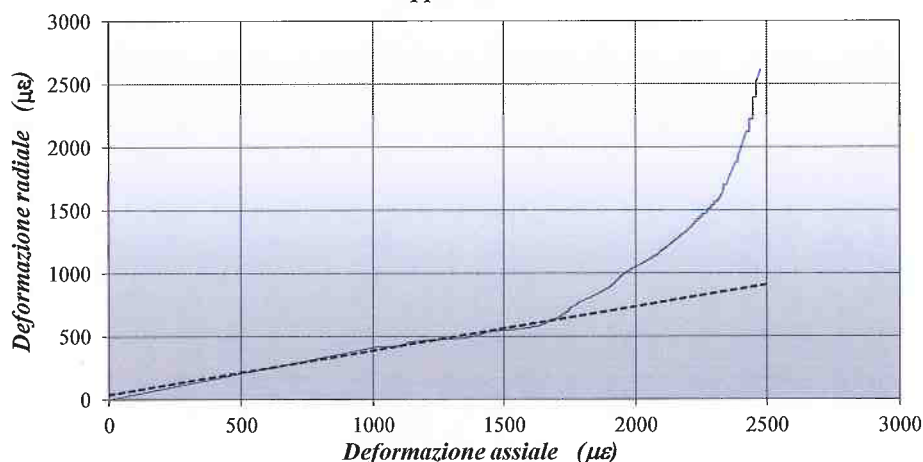
Caratteristiche del provino

Provino	H ₀ mm	d ₀ mm	A ₀ mm ²	γ kN/m ³
S1C1	120	78	4776	26,69

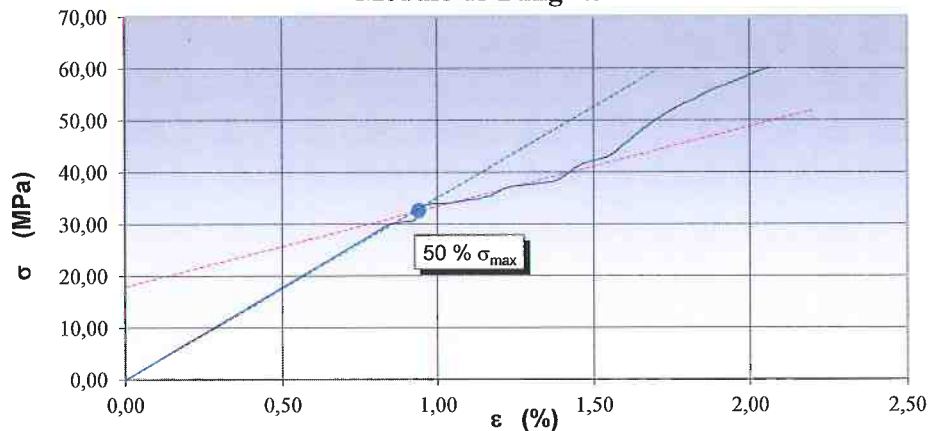
Fase di rottura

Resistenza massima	$\sigma_{\max} =$	64,16	MPa
Rapporto di Poisson	$\nu = \varepsilon_1 / (-\varepsilon_3) =$	0,36	
Modulo di Young secante	$E_{s50} =$	35,09	GPa
Modulo di Young tangente	$E_{t50} =$	15,45	GPa

Rapporto di Poisson ν



Modulo di Young E



V.A. 0115 X del 19/12/2017 Prova n° 0169G del 30/12/2017

GEOTEC s.r.l. LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE - Via Sicilia, 25/2 - Belverde di Monteriggioni (SI)

Lo sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

(*[Signature]*)

(*[Signature]*)

Sede legale e amministrativa:

Via Sicilia 29 - Belverde - 53035 MONTERIGGIONI - SI (I)

Tel. 0577 • 5841 - Fax 0577 • 52610 - E-mail: info@labgeotec.it - www.labgeotec.it

Spett.le **ROMEO PURI IMPIANTI**
Via Nazionale, 32/A
52018 CASTEL SAN NICCOLO' (AR)

Prot. n° 9074/0170G

Siena, 30-12-2017

Allegati: n°1 elaborato

OGGETTO: Prove di Laboratorio sui terreni: Campione di roccia

Siglato "S1C3 Profondità 20,00 ÷ 20,40 m."

**Cantiere: RISTRUTTURAZIONE FABBRICATO PER USO MUSEALE
CASTELNUOVO DEI SABBIONI - CAVRIGLIA (AR)**

RELAZIONE INTEGRATIVA

Con riferimento al Verbale di Accettazione n° 0115/X del 30-12-2017 e a seguito delle prove di Laboratorio eseguite sul campione di roccia in oggetto, sono stati emessi i Certificati n° 0170G/00277 del 30-12-17 per le prove richieste, con l'esposizione dei soli risultati ottenuti e senza la loro interpretazione, a norma della Circolare Ministeriale del 16-12-99 n° 349/STC.

Si ritiene utile trasmettere gli allegati elaborati relativi alle prove eseguite sul campione in oggetto, da cui risultano i sottoriportati parametri per la prova di Compressione Monoassiale:

Allegato di pag 1 - Campione "S1C3 Profondità 20,00 ÷ 20,40 m"

Prova di compressione monoassiale

$$\sigma_{\max} = 43,30 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0,20$$

$$E_{s50} = 32,14 \text{ GPa}$$

$$E_{t50} = 27,08 \text{ GPa}$$

Nella fiducia di aver fornito utili indicazioni interpretative, non vincolanti per il Laboratorio, ci è gradito porgere cordiali saluti.

BC/bmc



Riferimento: V.A. 0115/X del 19/12/2017
Committente : ROMEO PURI IMPIANTI
Cantiere : RISTRUTTURAZIONE FABBRICATO PER USO MUSEALE
 CASTELNUOVO DEI SABBIONI - CAVRIGLIA (AR)
Sigla Campione: S1C3
Profondità: 20,00 ÷ 20,40 m

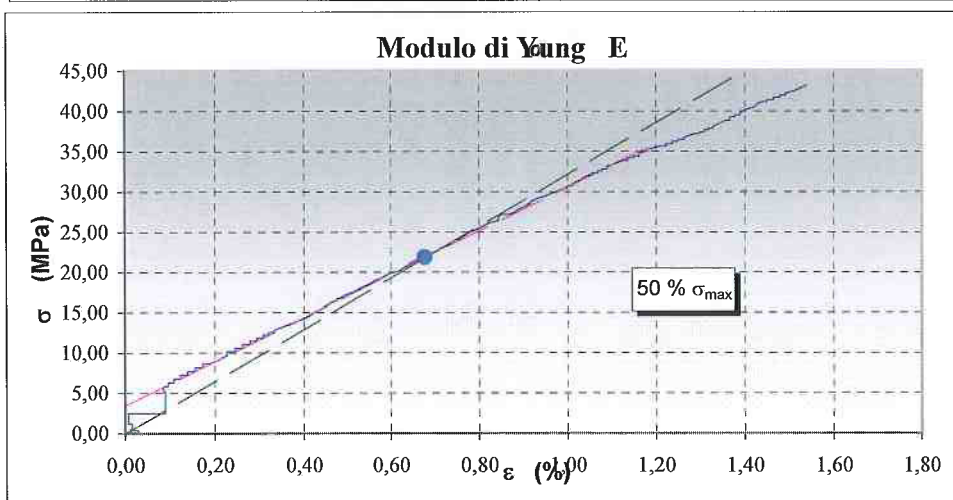
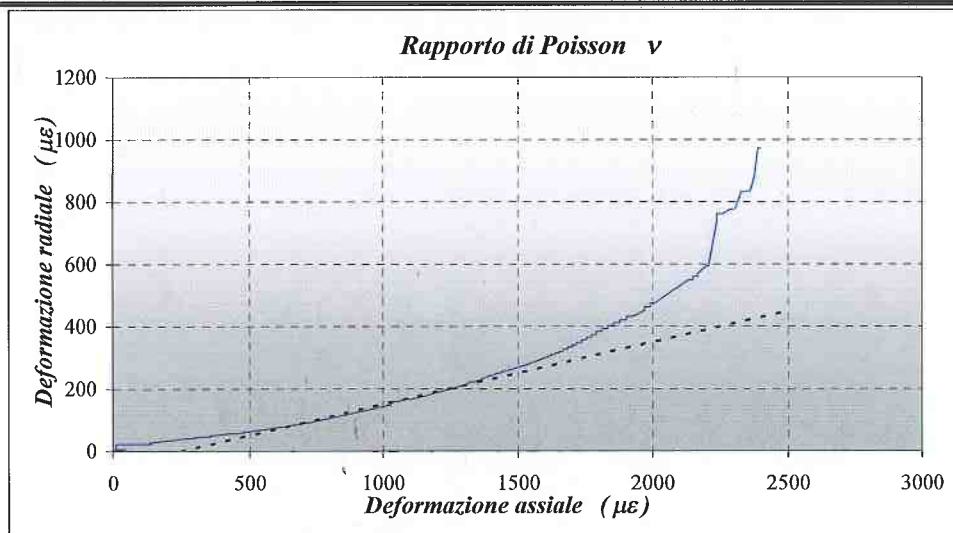
PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCE

Caratteristiche del provino

Provino	H ₀ mm	d ₀ mm	A ₀ mm ²	γ kN/m ³
S1C3	156	78	4776	26,10

Fase di rottura

Resistenza massima	$\sigma_{\max} =$	43,30	MPa
Rapporto di Poisson	$\nu = \varepsilon_1 / (-\varepsilon_3) =$	0,20	
Modulo di Young secante	$E_{s50} =$	32,14	GPa
Modulo di Young tangente	$E_{t50} =$	27,08	GPa



V.A. 0115 X del 19/12/2017 Prova n° 0170G del 30/12/2017

GEOTEC s.a.s. LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE - Via Sicilia, 25/2 - Belverde di Monteriggioni (SI)

Lo sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

(

(

Sede legale e amministrativa:

Via Sicilia 29 - Belverde - 53035 MONTERIGGIONI - SI (I)

Tel. 0577 • 5841 - Fax 0577 • 52610 - E-mail: info@labgeotec.it - www.labgeotec.it

Spett.le **ROMEO PURI IMPIANTI**
Via Nazionale, 32/A
52018 CASTEL SAN NICCOLO' (AR)

Prot. n° 9074/0171G
Siena, 30-12-2017

Allegati: n°1 elaborato

OGGETTO: Prove di Laboratorio sui terreni: Campione di roccia
Siglato "S2C1 Profondità 9,50 ÷ 9,80 m."
Cantiere: RISTRUTTURAZIONE FABBRICATO PER USO MUSEALE
CASTELNUOVO DEI SABBIONI – CAVRIGLIA (AR)

RELAZIONE INTEGRATIVA

Con riferimento al Verbale di Accettazione n° 0115/X del 30-12-2017 e a seguito delle prove di Laboratorio eseguite sul campione di roccia in oggetto, sono stati emessi i Certificati n° 0171G/00278 del 30-12-17 per le prove richieste, con l'esposizione dei soli risultati ottenuti e senza la loro interpretazione, a norma della Circolare Ministeriale del 16-12-99 n° 349/STC.

Si ritiene utile trasmettere gli allegati elaborati relativi alle prove eseguite sul campione in oggetto, da cui risultano i sottoriportati parametri per la prova di Compressione Monoassiale:

Allegato di pag 1 - Campione "S2C1 Profondità 9,50 ÷ 9,80 m"

Prova di compressione monoassiale

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= 67,52 \text{ MPa} \\ \nu &= 0,29 \\ E_{s50} &= 78,43 \text{ GPa} \\ E_{t50} &= 50,77 \text{ GPa}\end{aligned}$$

Nella fiducia di aver fornito utili indicazioni interpretative, non vincolanti per il Laboratorio, ci è gradito porgere cordiali saluti.

BC/bmc



Riferimento: V.A. 0115/X del 19/12/2017
Committente : ROMEO PURI IMPIANTI
Cantiere : RISTRUTTURAZIONE FABBRICATO PER USO MUSEALE
 CASTELNUOVO DEI SABBIONI - CAVRIGLIA (AR)
Sigla Campione: S2C1
Profondità: 9,50 ÷ 9,80 m

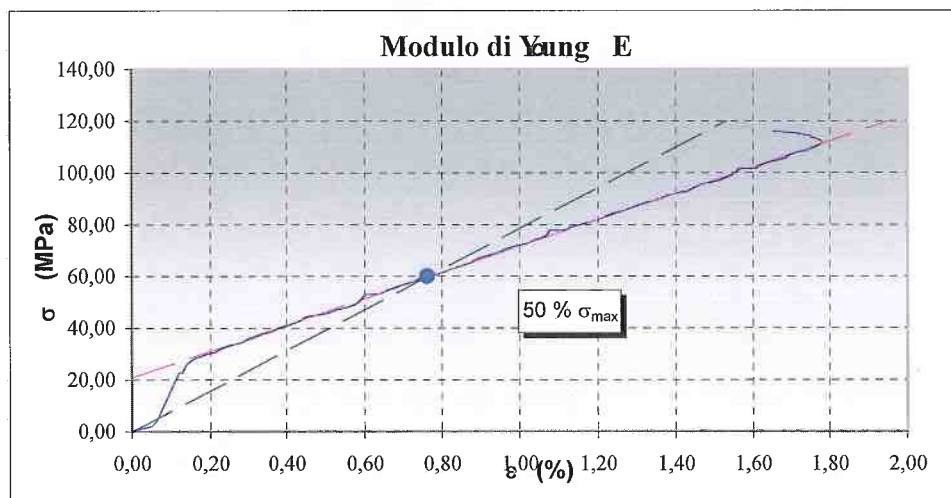
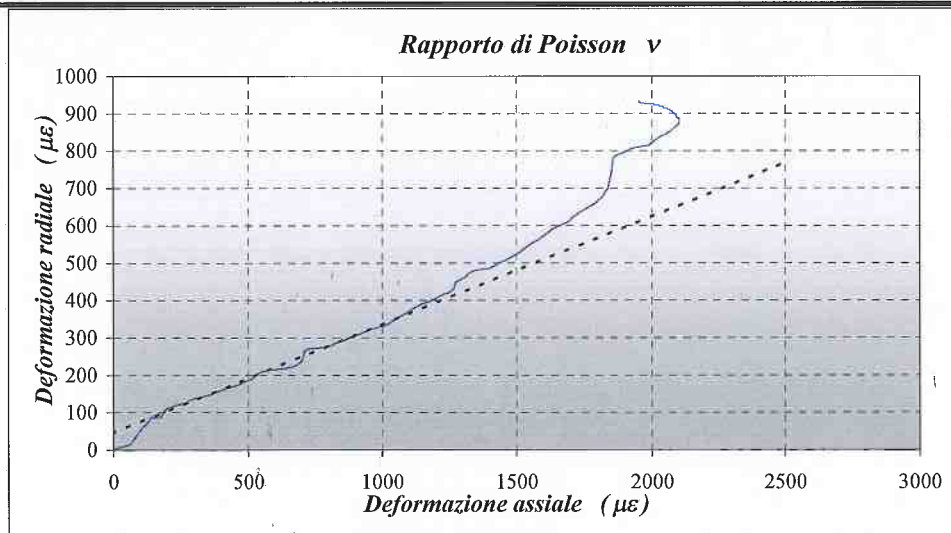
PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCE

Caratteristiche del provino

Provino	H ₀ mm	d ₀ mm	A ₀ mm ²	γ kN/m ³
S2C1	118	78	4776	24,49

Fase di rottura

Resistenza massima	$\sigma_{\max} =$	67,52	MPa
Rapporto di Poisson	$\nu = \varepsilon_1 / (-\varepsilon_3) =$	0,29	
Modulo di Young secante	$E_{s50} =$	78,43	GPa
Modulo di Young tangente	$E_{t50} =$	50,77	GPa



V.A. 0115 X del 19/12/2017 Prova n° 0171G del 30/12/2017

GEOTEC s.a.s. LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE - Via Sicilia, 25/2 - Belverde di Monteriggioni (SI)

Lo sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

()

()

CAMPAGNA GEOGNOSTICA 2023
(PNRR CASA ROSSA)

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa Carotaggio: continuo Sonda: Beretta T44 Campioni prelevati n° (data prelievo)	02 (16/01/23)	Responsabile di sito Dr. Alessio Costantini	Direttore laboratorio Dr. Moretti Giuliano
--	---------------	--	---

Comune di Cavriglia – DH1 Loc. Castelnuovo dei Sabbioni, Cavriglia (AR)



Cassetta 1 - 0,00 ÷ 5,00 m.



Cassetta 2 - 5,00 ÷ 10,00 m.



Cassetta 3 - 10,00 ÷ 15.00 m.



Cassetta 4 - 15,00 ÷ 20.00 m.



Cassetta 5 - 20,00 ÷ 25.00 m.



Cassetta 6 - 25,00 ÷ 30.00 m.



Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Settore A – Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 – ART. 59 DPR 380/2001 – Circolare 7618/STC 2010

LABOTER Srl

Lab. Geotecnico - C.S.LL.PP. Decr. 2436/13

Committente : Dott. Geologo Gianni Focardi
Cantiere : Castelnuovo dei Sabbioni - PNRR - Cavriglia (AR)

Verbale Accettazione n° : 49 del 25/01/2023
Data Certificazione : 15/02/2023
Campioni n°: 1
Certificati da n° a n° : 00673 a 00676



**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE: Dott. Geologo Gianni Focardi

RIFERIMENTO: Castelnuovo dei Sabbioni - PNRR - Cavriglia (AR)

SONDAGGIO: DH1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.2-1.7

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	11,1	%
Peso di volume	19,5	kN/m ³
Peso di volume secco	17,6	kN/m ³
Peso di volume saturo	20,9	kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,507	
Porosità	33,6	%
Grado di saturazione	59,3	%
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	7,4	%
Sabbia	47,6	%
Limo	39,3	%
Argilla	5,7	%
D 10	0,003051	mm
D 50	0,088222	mm
D 60	0,170136	mm
D 90	1,088806	mm
Passante set. 10	92,6	%
Passante set. 42	78,0	%
Passante set. 200	47,7	%

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	19,0	kPa	
ϕ'	28,3	°	
c'_{Res}		kPa	
ϕ'_{Res}		°	

PERMEABILITA'

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

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

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico		Qualità del campione: Q 5
------------------------------	--	---------------------------

Posizione delle prove		cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	TD				
			325			Sabbia con limo debolmente ghiaiosa e argillosa MUNSELL SOIL COLOR: 10GY 6/1 Greenish gray
			350			Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test 24.5 - 49.1 kPa molle 49.1 - 98.1 kPa plastico 98.1 - 196.2 kPa consistente 196.2 - 392.4 kPa molto consistente >392.4 kPa duro
			375			Le caratteristiche naturali del campione non hanno permesso la preparazione di provini idonei ad esser sottoposti a prova ELL
					42	

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00673	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 15/02/23	Inizio analisi: 02/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 49 del 25/01/23		Apertura campione: 02/02/23	Fine analisi: 03/02/23

COMMITTENTE: Dott. Geologo Gianni Focardi				
RIFERIMENTO: Castelnuovo dei Sabbioni - PNRR - Cavriglia (AR)				
SONDAGGIO: DH1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 1.2-1.7

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 11,1 %

☒ Omogeneo

Struttura del materiale:

☐ Stratificato

☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00674	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 15/02/23	Inizio analisi: 02/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 49 del 25/01/23		Apertura campione: 02/02/23	Fine analisi: 02/02/23

COMMITTENTE: Dott. Geologo Gianni Focardi				
RIFERIMENTO: Castelnuovo dei Sabbioni - PNRR - Cavriglia (AR)				
SONDAGGIO: DH1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 1.2-1.7

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 = 19,5 kN/m³

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00675 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 49 del 25/01/23

DATA DI EMISSIONE: 15/02/23 Inizio analisi: 06/02/23

Apertura campione: 02/02/23 Fine analisi: 09/02/23

COMMITTENTE: Dott. Geologo Gianni Focardi

RIFERIMENTO: Castelnuovo dei Sabbioni - PNRR - Cavriglia (AR)

SONDAGGIO: DH1

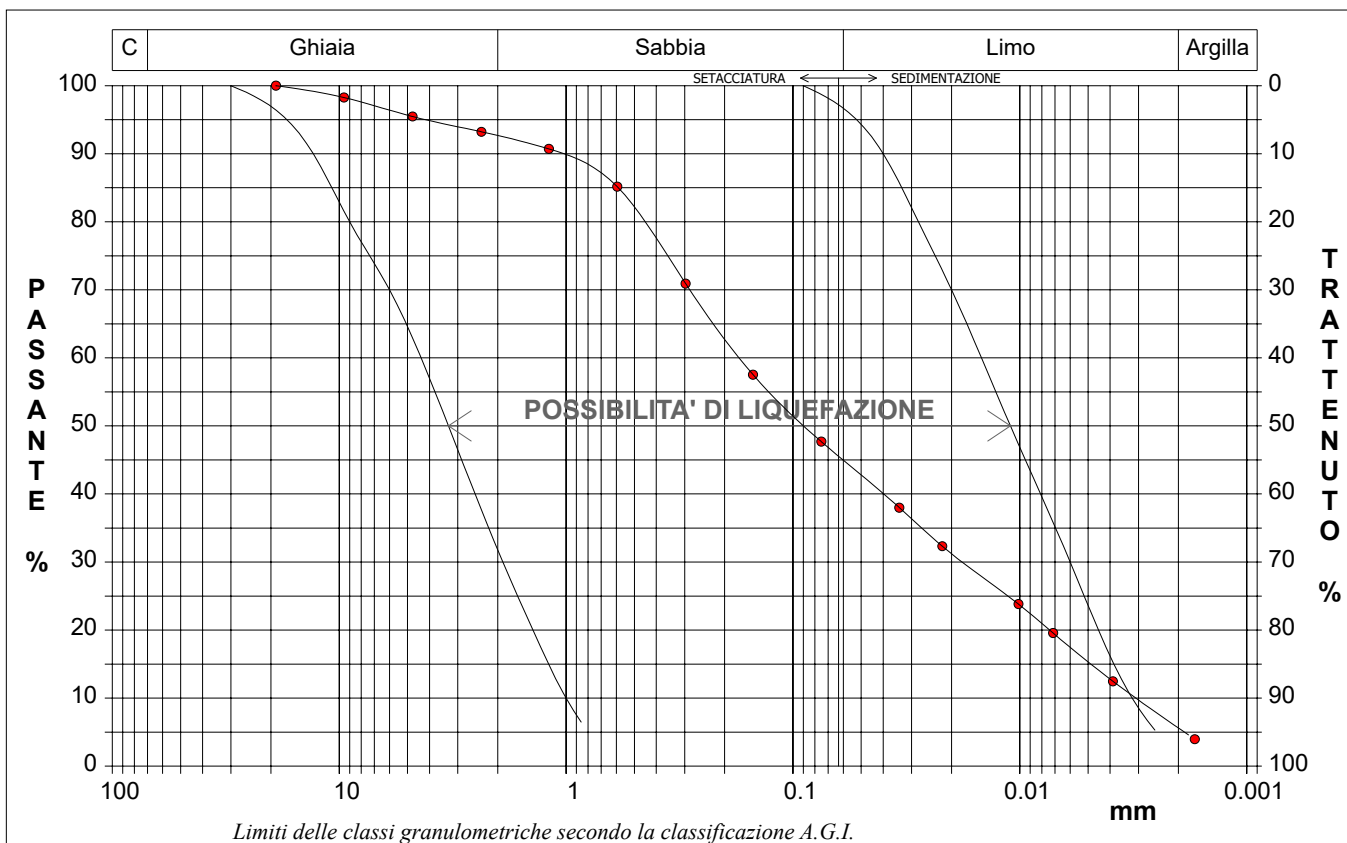
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.2-1.7

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	7,4 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	92,6 %	D10	0,00305 mm
Sabbia	47,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	78,0 %	D30	0,01778 mm
Limo	39,3 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	47,7 %	D50	0,08822 mm
Argilla	5,7 %			D60	0,17014 mm
				D90	1,08881 mm
Coefficiente di uniformità		55,76	Coefficiente di curvatura	0,61	



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
19,0000	100,00	0,5950	85,17	0,0220	32,33				
9,5200	98,26	0,2970	70,92	0,0101	23,82				
4,7500	95,46	0,1500	57,53	0,0071	19,57				
2,3600	93,23	0,0750	47,70	0,0039	12,48			Setacci	8
1,1900	90,71	0,0340	38,00	0,0017	3,97			Punti sediment.	6

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00676 Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 49 del 25/01/23

DATA DI EMISSIONE: 15/02/23 Inizio analisi: 07/02/23

Apertura campione: 02/02/23 Fine analisi: 14/02/23

COMMITTENTE: Dott. Geologo Gianni Focardi

RIFERIMENTO: Castelnuovo dei Sabbioni - PNRR - Cavriglia (AR)

SONDAGGIO: DH1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.2-1.7

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

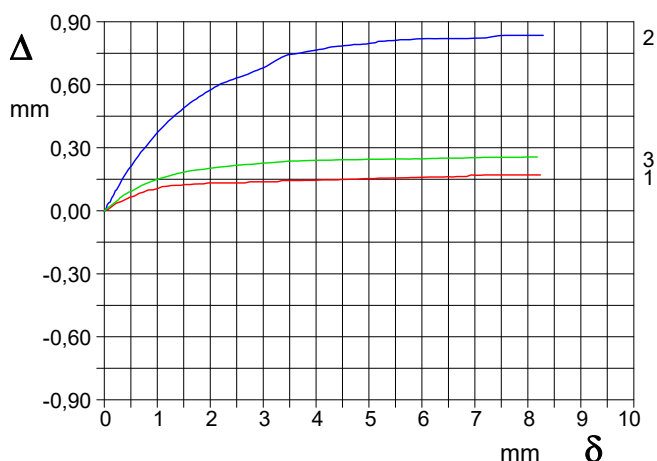
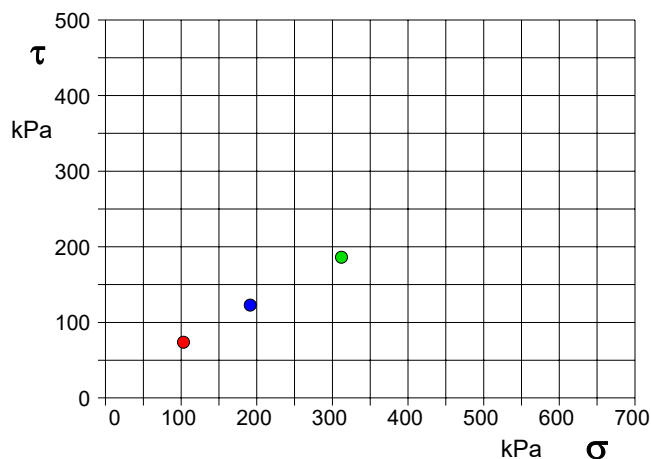
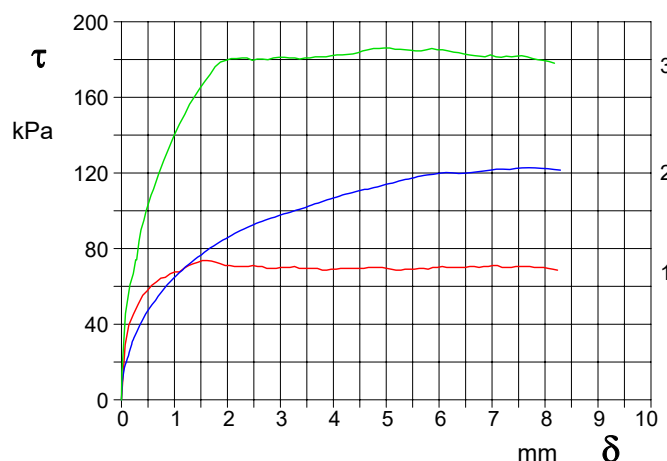
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	74	123	186
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,53	7,69	4,96
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,13	0,84	0,25
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 19,6	--- 15,5	--- 13,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,5 23,3	19,3 22,3	19,8 22,5

DIAGRAMMATensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,015 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00676	Pagina 0/4	DATA DI EMISSIONE: 15/02/23	Inizio analisi: 07/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 49 del 25/01/23		Apertura campione: 02/02/23	Fine analisi: 14/02/23

COMMITTENTE: Dott. Geologo Gianni Focardi
RIFERIMENTO: Castelnuovo dei Sabbioni - PNRR - Cavriglia (AR)
SONDAGGIO: DH1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.2-1.7

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,067	29,1	0,01	0,015	9,2	0,00	0,007	14,6	0,00
0,314	50,5	0,04	0,053	16,8	0,03	0,225	66,7	0,04
0,570	60,5	0,07	0,111	21,9	0,04	0,331	84,1	0,07
0,828	64,8	0,10	0,162	26,6	0,07	0,467	99,9	0,09
1,094	67,7	0,12	0,199	30,3	0,09	0,604	111,4	0,11
1,352	71,9	0,12	0,232	32,7	0,10	0,894	133,1	0,14
1,617	73,7	0,13	0,397	42,2	0,17	1,197	151,1	0,16
1,872	71,9	0,13	0,578	50,5	0,24	1,480	164,7	0,18
2,134	70,5	0,13	0,750	56,9	0,30	1,769	176,2	0,20
2,396	70,5	0,13	0,920	62,4	0,35	2,074	180,5	0,21
2,657	70,5	0,13	1,093	67,3	0,40	2,372	180,8	0,21
2,922	69,6	0,14	1,264	71,6	0,44	2,663	180,2	0,22
3,183	70,0	0,14	1,442	75,5	0,48	2,973	181,1	0,23
3,441	69,6	0,14	1,619	79,2	0,51	3,273	180,8	0,23
3,701	69,6	0,14	1,793	82,3	0,54	3,557	180,8	0,24
3,963	69,1	0,15	1,973	85,3	0,57	3,863	181,5	0,24
4,225	69,6	0,15	2,139	88,0	0,60	4,170	182,4	0,24
4,489	69,6	0,15	2,312	90,4	0,61	4,469	183,6	0,24
4,751	70,0	0,15	2,487	92,5	0,63	4,762	185,8	0,24
5,011	69,6	0,15	2,657	94,5	0,65	5,066	186,1	0,25
5,278	68,6	0,16	2,832	96,2	0,66	5,363	185,2	0,25
5,534	69,1	0,16	3,005	97,8	0,68	5,659	184,6	0,25
5,792	69,1	0,16	3,180	99,2	0,71	5,969	185,2	0,25
6,058	70,5	0,16	3,360	100,7	0,73	6,276	183,9	0,25
6,318	70,0	0,16	3,535	102,5	0,75	6,565	182,4	0,25
6,578	70,5	0,16	3,713	104,0	0,75	6,865	181,5	0,25
6,841	70,5	0,16	3,887	105,8	0,76	7,173	181,1	0,25
7,100	71,0	0,17	4,059	107,2	0,77	7,461	181,8	0,25
7,366	70,0	0,17	4,234	108,7	0,78	7,765	180,5	0,26
7,624	70,5	0,17	4,417	110,1	0,78	8,073	179,0	0,26
7,887	70,0	0,17	4,593	111,3	0,79			
8,149	69,1	0,17	4,768	112,3	0,79			
			4,950	113,6	0,79			
			5,120	114,6	0,80			
			5,301	116,2	0,81			
			5,479	117,1	0,81			
			5,652	118,3	0,82			
			5,893	119,3	0,82			
			6,249	120,1	0,82			
			6,613	120,3	0,82			
			6,972	121,4	0,82			
			7,336	121,8	0,83			
			7,694	122,8	0,84			
			8,053	122,2	0,84			

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00676 Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 49 del 25/01/23

DATA DI EMISSIONE: 15/02/23 Inizio analisi: 07/02/23

Apertura campione: 02/02/23 Fine analisi: 14/02/23

COMMITTENTE: Dott. Geologo Gianni Focardi

RIFERIMENTO: Castelnuovo dei Sabbioni - PNRR - Cavriglia (AR)

SONDAGGIO: DH1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.2-1.7

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1

Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,992
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

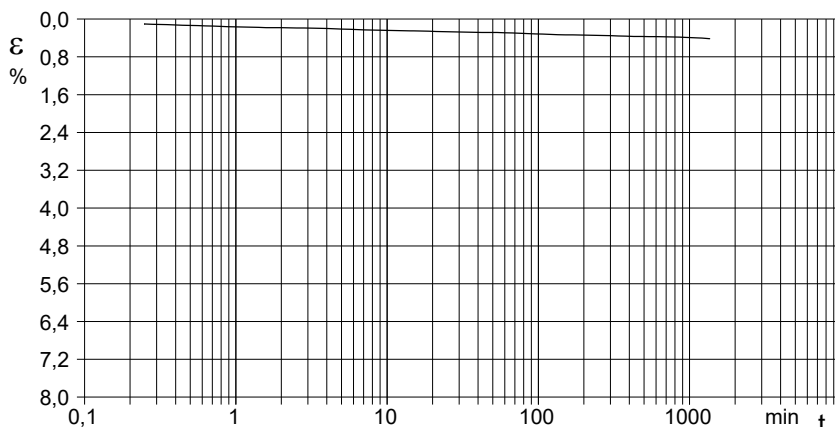


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2

Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,914
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

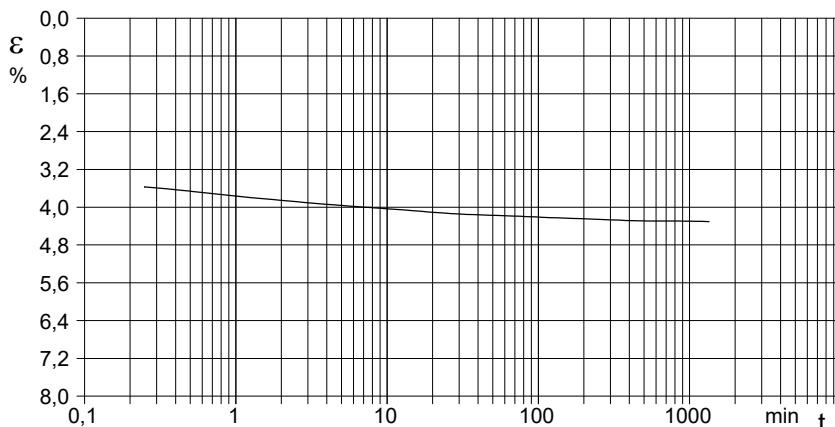
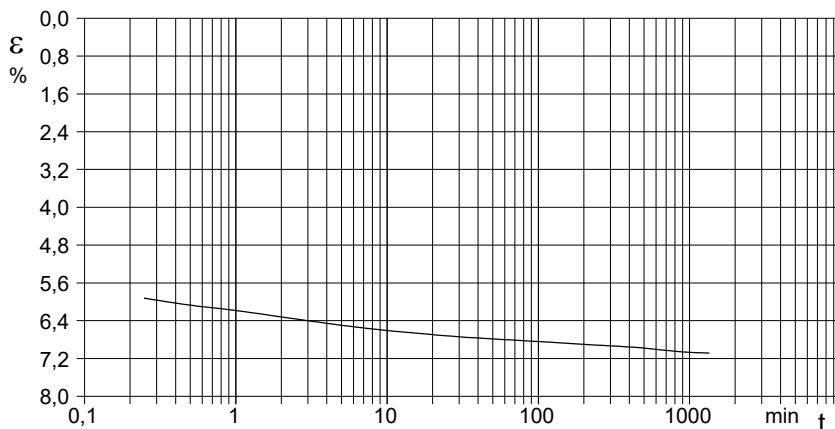


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3

Pressione (kPa)	312
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,858
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



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

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00676	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 15/02/23	Inizio analisi: 07/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 49 del 25/01/23		Apertura campione: 02/02/23	Fine analisi: 14/02/23

COMMITTENTE: Dott. Geologo Gianni Focardi				
RIFERIMENTO: Castelnuovo dei Sabbioni - PNRR - Cavriglia (AR)				
SONDAGGIO:	DH1	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 1.2-1.7

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

[illegible]

COMMITTENTE:	Dott. Geologo Gianni Focardi		
RIFERIMENTO:	Castelnuovo dei Sabbioni - PNRR - Cavriglia (AR)		
SONDAGGIO:	DH1	CAMPIONE:	1
		PROFONDITA': m	1.2-1.7

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	74	123	186
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,53	7,69	4,96
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,13	0,84	0,25
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 19,6	--- 15,5	--- 13,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,5 23,3	19,3 22,3	19,8 22,5

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 19,0 kPa
Angolo di attrito interno: 28,3 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,015 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

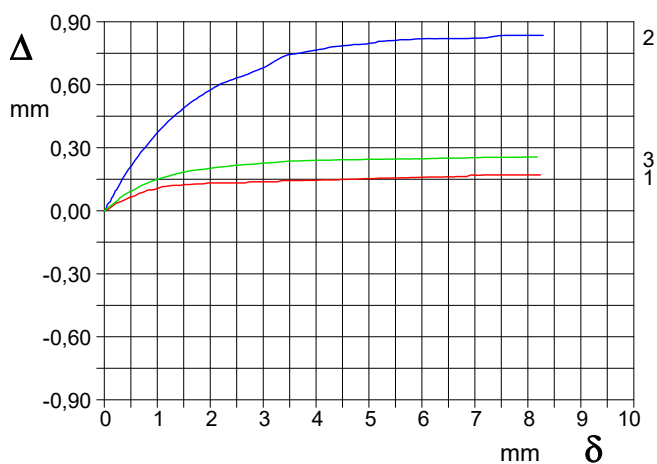
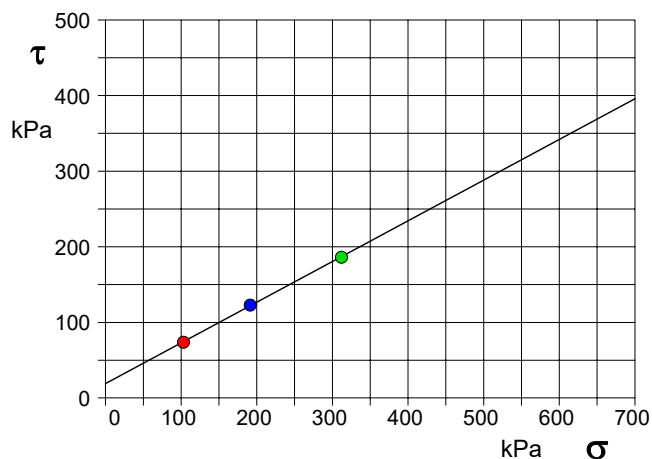


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

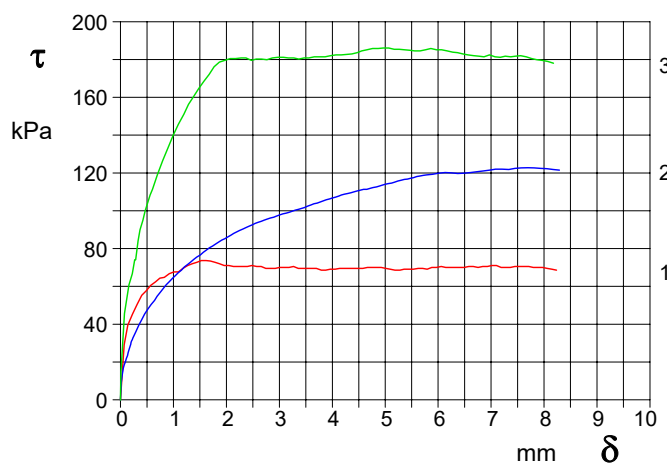


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

PROVINCIA DI AREZZO
COMUNE DI CAVRIGLIA



**Indagini Geofisiche attive e passive svolte presso Castelnuovo dei Sabbioni nel
Comune di Cavriglia (AR)**

Data:03 Aprile 2023

Dott. Geol. Francesco Puccetti

Dott. Geol. Cristian Pieroni

INDICE RELAZIONE

1 – PREMESSA	3
1.1 UBICAZIONE AREA DI STUDIO	3
1.2 INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE	3
1.3 STRUTTURA DELLA RELAZIONE	3
2 – LE ONDE DI SUPERFICIE	4
2.1 DESCRIZIONE DELLE ONDE DI SUPERFICIE	4
2.2 CENNI TEORICI	5
2.3 PROPRIETA' RIASSUNTIVE DELLE ONDE SUPERFICIALI	8
3 – INDAGINE SISMICA MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)	10
3.1 ACQUISIZIONE DEI DATI MASW	12
3.1.1 PARAMETRI DI ACQUISIZIONE TEORICI ED UTILIZZATI	13
3.1.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	16
3.1.3 ESECUZIONE INDAGINE MASW	16
3.2 ELABORAZIONE (PROCESSING) ED INVERSIONE DEI DATI MASW	18
4 – INDAGINE SISMICA PASSIVA HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio)	21
4.1 ACQUISIZIONE DEI DATI DI RUMORE A STAZIONE SINGOLA	22
4.2 ANALISI DEI DATI	23
4.3 IL PROGETTO SESAME	23
4.3.1 CRITERI DI AFFIDABILITA' DEL PICCO	23
4.3.2 CRITERI DI CHIAREZZA DEL PICCO	25
4.3.3 INFORMAZIONI AGGIUNTIVE AI CRITERI SESAME	26
4.4 VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLE MISURE HVSR	28
4.5 CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	31
5 – INDAGINE SISMICA DOWN – HOLE	32
5.1 METODO DIRETTO – UTILIZZANDO UN SOLO RICEVITORE	32
5.2 METODO INTERVALLO	33
6 – BIBLIOGRAFIA	34

ALLEGATI

- ALLEGATO GRAFICO: ACQUISIZIONI MICROTREMORI – RAPPORTO SPETTRALE H/V – SPETTRO DELLE SINGOLE COMPONENTI – CRITERI DI AFFIDABILITÀ SESAME – CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII
- ALLEGATO GRAFICO: ELABORAZIONE INDAGINE SISMICA ATTIVA-PASSIVA CONGIUNTA MASW+HVSr
- ALLEGATO GRAFICO: ELABORAZIONE INDAGINE SISMICA ATTIVA DOWN-HOLE (DH)
- ALLEGATO GRAFICO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI

1 – PREMESSA

Il presente documento riguarda la descrizione, l'elaborazione e i risultati delle indagini geofisiche, di tipo sismico attivo e passivo, condotte presso Castelnuovo dei Sabbioni (AR).

1.1 – UBICAZIONE AREA DI STUDIO

Le indagini geofisiche integrate, sono state eseguite all'interno del territorio del paese di Castelnuovo dei Sabbioni, Comune di Cavriglia (AR), in aree non urbane.

Per la visualizzazione dell'ubicazione di ciascuna indagine geofisica svolta si rimanda alla cartografia tematica realizzata.

1.2 – INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE

La caratterizzazione dal punto vista sismico del terreno è stata condotta mediante la realizzazione delle seguenti tipologie di prove geofisiche sia attive che passive:

n. 1 indagine sismica attiva MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), per la determinazione dei profili di velocità Vs nel sottosuolo;

n. 1 indagine sismica passiva HVSR per determinare la frequenza di risonanza di sito.

n. 1 indagine sismica attiva Down-Hole (DH) per determinare il profilo sismostratigrafico delle onde P e SH.

1.3 – STRUTTURA DELLA RELAZIONE

La presente relazione descriverà i metodi di indagine utilizzati, illustrerà la metodologia di acquisizione, la strumentazione utilizzata, le tecniche e modalità di inversione/interpretazione, e verranno mostrati, in allegato, i risultati ottenuti con la campagna di prospezione geofisica sismica integrata, a supporto della caratterizzazione sismica del sottosuolo relativamente alle diverse aree di indagine.

Verranno quindi in un primo momento illustrate e descritte le varie tecniche di acquisizione dei dati geofisiche, successivamente verranno riportate le modalità di elaborazione dei dati ed infine mostrati i risultati ottenuti.

2 – LE ONDE DI SUPERFICIE

2.1 – DESCRIZIONE DELLE ONDE DI SUPERFICIE

Le onde superficiali si generano ogni qual volta esiste una superficie libera.

Vengono a crearsi quindi a causa dell'interazione delle onde di corpo con una superficie di discontinuità fisica, la più studiata delle quali è la superficie libera della Terra.

Queste onde si propagano solo lungo la superficie o nell'interfaccia tra due strati con proprietà fisiche diverse.

La velocità delle onde di superficie è inferiore alla velocità delle onde di volume, per cui il loro arrivo è successivo all'arrivo delle Onde P ed S.

Esistono due tipi di onde di superficie, chiamate coi nomi dei due fisici che per primi le studiarono: Onde di Rayleigh e Onde di Love.

- Onde di Rayleigh

Quando un'onda S (componente SV) assieme ad un'onda P incide sulla superficie libera dalla componente vettoriale delle due si generano onde superficiali che si propagano lungo la superficie stessa.

Queste onde esistono sia in semispazi omogenei (in questo caso la loro velocità è circa 0,92 volte la velocità delle onde S) che disomogenei (in cui risulta essere un'onda dispersa, ossia la sua velocità è anche funzione della sua frequenza).

Il loro moto è vincolato in uno spazio verticale contenente la direzione di propagazione dell'onda.

Si dimostra che una particella investita da questo tipo di onda vicina alla superficie, percorre un moto ellittico retrogrado lungo la direzione di propagazione (Fig. 1).

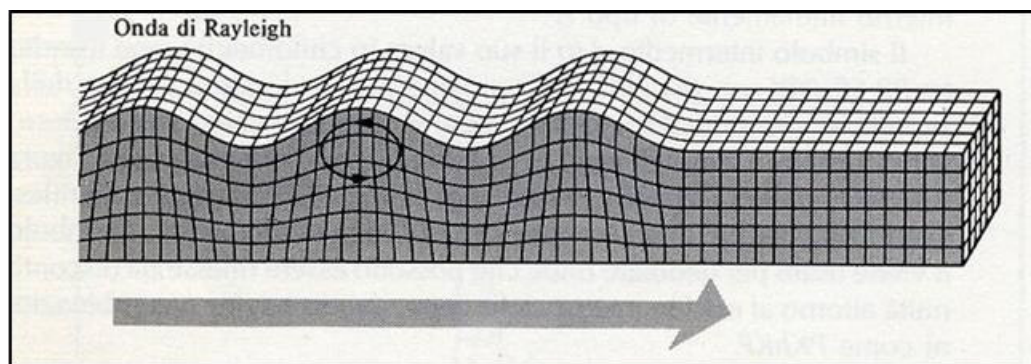


Fig. 1 - Schema di propagazione delle Onde di Rayleigh (fonte immagine www.ingv.it)

- Onde di Love

Le onde di Love sono onde superficiali, anch'esse generate dall'incontro delle Onde S (componente SH) con la superficie libera del terreno, ma vengono generate solo nei mezzi in cui la velocità delle Onde S aumenta con la profondità (un mezzo quindi disomogeneo) di conseguenza sono onde sempre disperse.

Le Onde di Love fanno vibrare il terreno sul piano orizzontale in direzione ortogonale rispetto alla direzione di propagazione dell'onda (Fig. 2).

La velocità delle onde di Love è maggiore di quella delle onde S negli strati più superficiali della crosta, ma minore della stessa negli strati più bassi.

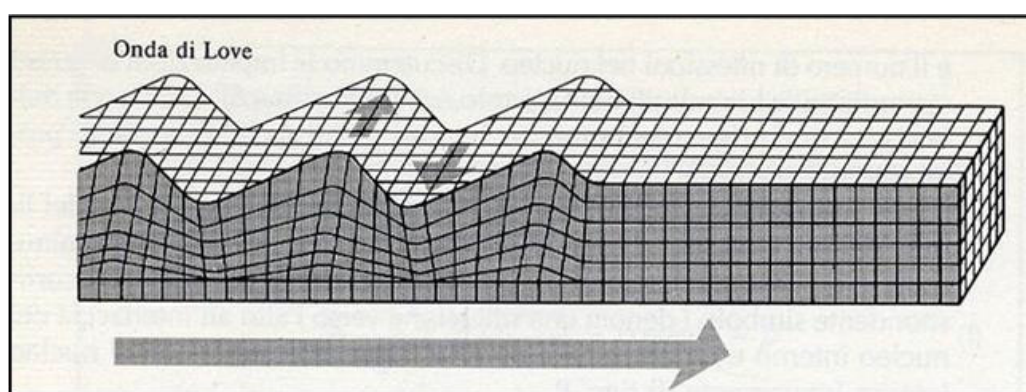


Fig. 2 - Schema di propagazione delle onde di Love (fonte immagine www.ingv.it)

2.2 – CENNI TEORICI

Nella maggior parte delle indagini sismiche di superficie, quando viene utilizzata una sorgente di onde di compressione, oltre due terzi del totale di energia sismica complessivamente generata è trasmessa mediante onde di Rayleigh.

Se consideriamo la variazione di velocità verticale in mezzi eterogenei noteremo che le onde di Rayleigh hanno un comportamento dispersivo, vale a dire che la velocità di gruppo non coincide con la velocità di fase di ciascuna frequenza.

Detto questo all'aumentare della lunghezza d'onda λ aumenta la profondità della parte interessata dalla perturbazione.

Sapendo che la lunghezza d'onda è legata al periodo T dell'onda mediante la relazione:

$$\lambda = V \cdot T$$

se ne deduce che, a parità di velocità (V), la profondità cresce all'aumentare del periodo e al diminuire della frequenza (si ricorda che $T = 1/f$ dove f è la frequenza).

In pratica, al crescere del periodo, aumenta la sensibilità dell'onda a caratteristiche del terreno sempre più profonde.

Il terreno inoltre agisce da filtro passa basso quindi le frequenze più alte possono essere indicative soltanto per gli strati più superficiali.

Nel caso delle onde Rayleigh, lo strato coinvolto nella perturbazione ha uno spessore dell'ordine di circa 0.5λ (Choon B.Park et al, 1997).

L'immagine sottostante (Fig. 3) riassume il concetto per cui considerando due componenti una ad alta frequenza e corta lunghezza d'onda (a sinistra) e una a bassa frequenza e quindi grande lunghezza d'onda (a destra), la velocità di propagazione della prima dipende dal materiale più superficiale (quindi dalle caratteristiche ad esempio del primo strato) mentre la seconda viaggerà ad una velocità che dipende da tutto il materiale fino in profondità (quindi dalle caratteristiche di tutti gli strati che compongono questo ipotetico modello).

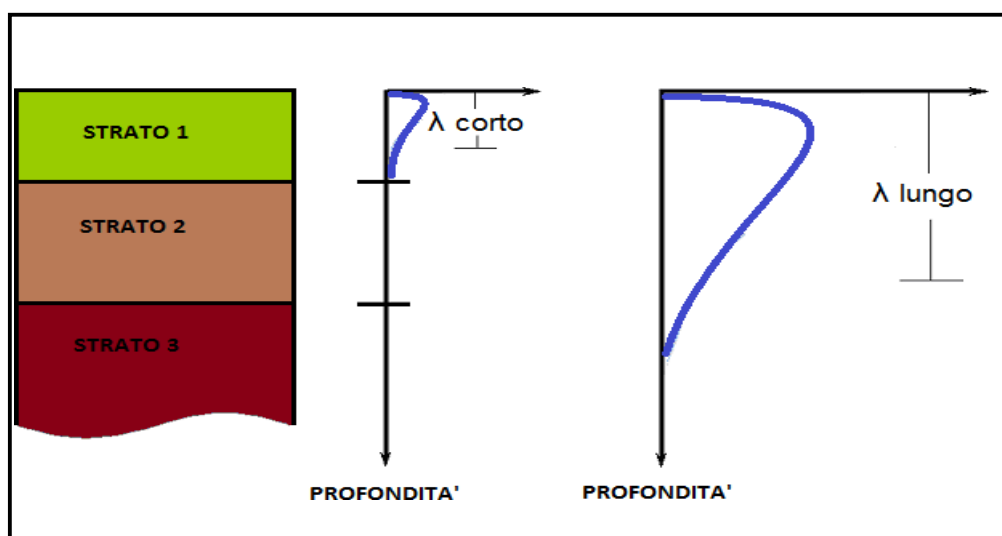


Fig. 3 - Corrispondenza tra lunghezza d'onda e profondità investigata

La distribuzione della velocità di fase in funzione della frequenza prende il nome di curva di dispersione.

E' chiaro quindi che più un modello di terreno è eterogeneo e maggiore sarà il grado di dispersione delle onde superficiali (Fig. 4).

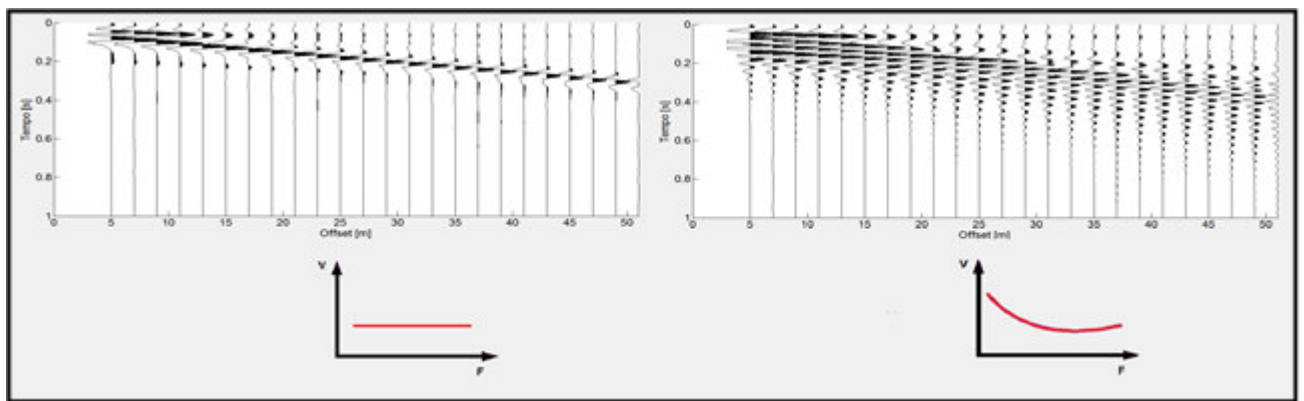


Fig. 4 - A sinistra, sismogramma risultante su terreno non dispersivo con sotto relativo andamento della curva di dispersione. A destra, sismogramma risultante su terreno dispersivo con sotto relativo andamento della curva di dispersione.

Un altro importante aspetto è connesso con la possibilità che questo tipo di onde, in presenza di eterogeneità verticali, manifestino anche una natura multimodale, vale a dire che la loro propagazione può avvenire, per una data frequenza, solo a determinate velocità (modi di propagazione).

Il modo che presenta la velocità di propagazione più bassa è detto modo fondamentale, mentre i restanti costituiscono i modi superiori.

In caso di strati eterogenei e con velocità crescenti il modo fondamentale è quello più energetico.

E' stato osservato che i modi superiori hanno origine in presenza di inversioni di velocità (Fig. 5) o di contrasti di velocità molto forti tra due strati (Cercato, 2008).

In questo caso i modi superiori sono caratterizzati da energia superiore rispetto al modo fondamentale.

Molto spesso può accadere che ci siano dei “salti di modo” tra il fondamentale e i superiori e viceversa quindi il solo basarsi sul modo fondamentale implica in alcuni casi una scorretta inversione dei dati.

I modi superiori vengono sempre più usati infatti il loro utilizzo nelle elaborazioni unitamente al modo fondamentale, può aiutare a vincolare meglio il modello V_s del sottosuolo, soprattutto in profondità. I più comuni software in commercio ne prevedono l'uso.

La dispersione delle onde superficiali quindi, elemento di disturbo negli altri tipi di indagini (sismica a rifrazione e a riflessione), risulta invece, grazie a questa sua proprietà, estremamente utile per calcolare le proprietà elastiche dei mezzi presenti in superficie.

Dalla curva di dispersione, in particolare dallo studio del modo fondamentale, infatti si può ricavare, attraverso l'operazione di inversione dei dati, il profilo di Velocità V_s e gli spessori degli strati indagati, parametri fondamentali sia in ingegneria sia in geofisica di esplorazione.

La stessa curva di dispersione inoltre può essere calcolata a partire dal sismogramma iniziale $x-t$ (offset-tempi) sia in forma generale in un diagramma $F-V$ (frequenze-velocità), sia in un diagramma $F-L$ (frequenze-lentezze dal momento che $L = 1/V$), sia in un diagramma $F-K$ (frequenze-numeri d'onda dal momento che $f=1/T$ quindi $V = \lambda f = 2\pi f / K$) sia in un diagramma $T-V$ o $T-L$ (tempi-velocità o tempi-lentezze).

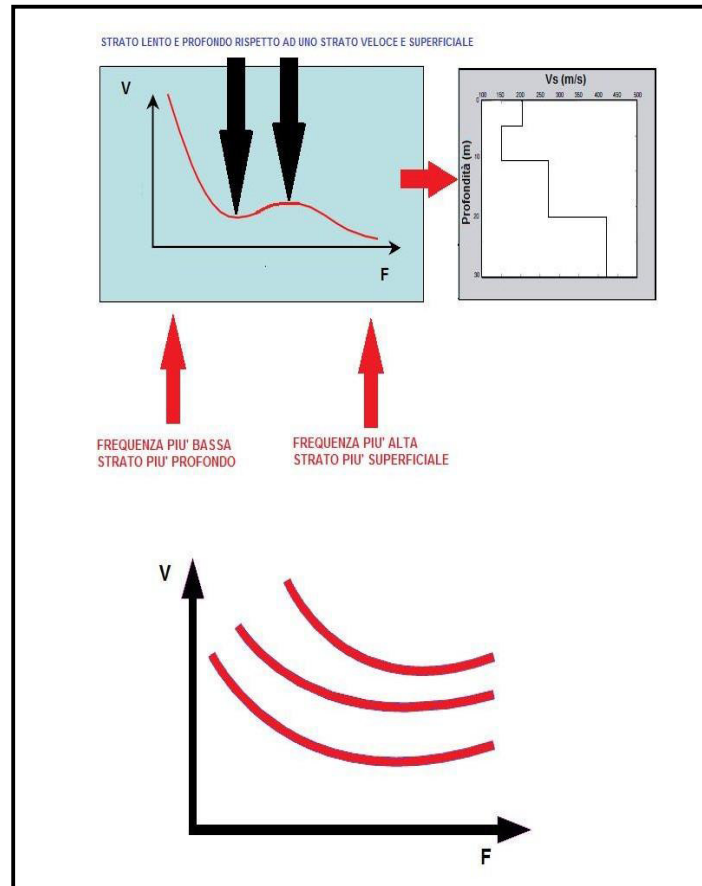


Fig. 5 - In alto, curva di dispersione con la presenza di inversione di velocità. In basso, andamento tipico della curva di dispersione (Modo Fondamentale e Modi Superiori); all'aumentare della frequenza diminuisce la velocità.

2.3 – PROPRIETÀ RIASSUNTIVE DELLE ONDE SUPERFICIALI

1. Circa il 67% dell'energia rilasciata da un qualsiasi tipo di sorgente genera onde di superficie.
2. L'ampiezza delle onde superficiali caratterizzate da un fronte d'onda cilindrico, la cui area risulta $2\pi xz$, è notevolmente maggiore rispetto alle onde di corpo che invece presentano fronte d'onda sferico.

Questo significa che per conservare l'energia (dal momento che l'energia è proporzionale al quadrato dell'ampiezza dell'onda) l'ampiezza dell'onda di superficie alla distanza X deve essere proporzionale a $1/X$. Il fronte d'onda delle onde di corpo invece è sferico (area relativa $4\pi x^2$) quindi

l'ampiezza alla distanza X è proporzionale a X^{-2} il che significa che decade molto più velocemente delle onde superficiali.

3. Lo studio delle onde superficiali non è limitato, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità.

4. La propagazione delle onde di Rayleigh è influenzata prevalentemente da V_s e dallo spessore h degli strati mentre le velocità V_p e la densità possono essere trascurate. La velocità delle onde di Rayleigh è circa il 90 % della velocità delle V_s .

5. La proprietà della dispersività permette il calcolo della curva di dispersione dalla quale è possibile ricavare i parametri fondamentali del modello di terreno in superficie. Le indagini geofisiche nell'ambito della seguente relazione sono state svolte utilizzando un sismografo DOREMI prodotto dall'azienda SARA Electronic Instruments s.r.l.

3 – INDAGINE SISMICA MASW-ESAC (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Per le proprietà descritte precedentemente può risultare quindi conveniente l'utilizzo delle onde superficiali per la caratterizzazione di un determinato sito di indagine per stimare il profilo di V_s dalla velocità delle onde superficiali.

E' stato dimostrato ampiamente che la curva di dispersione delle onde superficiali è influenzata soprattutto dalla velocità delle onde S ma anche dallo spessore di ciascuno strato mentre risultano poco influenti le velocità delle onde P (totalmente nel caso delle onde di Love) e la densità di ciascuno strato.

E' quindi possibile stimare oltre al profilo di velocità delle onde S anche i diversi spessori degli strati.

La registrazione di tali forme d'onda viene effettuata mediante la tecnica MASW, l'acronimo sta per Multichannel Analysis of Surface Waves.

Bisogna precisare subito che la tecnica MASW non si basa solo ed esclusivamente sullo studio delle onde di Rayleigh in quanto anche le onde di Love sono onde superficiali anch'esse soggette al fenomeno della dispersione.

In questa specifica tecnica verranno però prese in considerazione solo le onde di Rayleigh.

Come è stato descritto in precedenza le onde di Rayleigh sono caratterizzate da una polarizzazione sul piano verticale e sono quindi registrabili lungo le due componenti verticale e radiale quindi possono essere registrate sia tramite geofoni verticali (per quanto riguarda la componente verticale) sia tramite geofoni orizzontali posti parallelamente allo stendimento (per quanto riguarda la registrazione della componente radiale).

Il tipo di sorgente dovrà comunque essere di tipo verticale per entrambe le componenti.

Questa precisazione è stata fatta perché molto spesso il solo utilizzo della componente verticale e/o orizzontale delle onde di Rayleigh, come unica tecnica MASW, senza avere dati geologici di base su un determinato sito, può non essere sufficiente per una corretta interpretazione dei diversi modi e la successiva inversione dei dati potrebbe dare qualche problematica.

LIMITAZIONI DEL METODO MASW

In generale è bene precisare che il metodo MASW presenta alcune limitazioni tra le quali:

1. Il modello di terreno deve essere a strati piani e paralleli viceversa la prova MASW perderebbe di attendibilità.
2. In riferimento a quanto previsto al precedente punto 1, non ci devono essere significative variazioni laterali del terreno.
3. La quota topografica dello stendimento dei geofoni non deve avere variazioni consistenti.

4. Le caratteristiche elastiche del terreno possono in alcuni casi attenuare completamente le onde superficiali rendendo quindi il metodo MASW inutilizzabile.

5. La profondità di investigazione è dipendente anche dalla lunghezza dello stendimento.

6. Poiché il profilo V_s finale viene calcolato mediante un processo di inversione, è possibile pervenire ad una curva di dispersione non univoca, ovvero quest'ultima soddisfa più modelli differenti di terreno (vedere seguito).

I metodi di prospezione sismica **MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves) quindi, consentono di ottenere un modello verticale delle VS a partire dalle modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare le onde di Rayleigh, e non attraverso quelle di volume come invece accade per i metodi propri della sismica più tradizionale.

In particolare osservando le caratteristiche dispersive del sito e applicando opportune tecniche di inversione è possibile stimare alcune proprietà meccaniche del sottosuolo in condizioni di sollecitazione sismica.

È noto che la propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più una unica velocità, ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda.

Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità.

Questo comportamento viene definito dispersione in frequenza ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie.

Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità; al contrario le lunghezze d'onda più piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte rimangono nelle immediate vicinanze della superficie.

I metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde di superficie si basano su modelli fisico-matematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati sovrapposti con caratteristiche elastiche lineari.

Per ogni strato si devono definire quattro parametri: lo spessore H dello strato, ad esclusione dell'ultimo considerato infinito; la densità ρ dello strato; la velocità di propagazione delle onde di taglio V_s all'interno dello strato; il coefficiente di Poisson.

A partire dai parametri del sottosuolo è quindi possibile ricavare le proprietà dispersive delle onde di Rayleigh, per il sito in esame.

Quanto detto rappresenta il problema diretto: quello cioè che a partire dalla conoscenza delle caratteristiche del terreno permette di descrivere la dispersione delle onde di Rayleigh.

Nella prospezione occorre invece affrontare il problema inverso: a partire dalla curva di dispersione rilevata, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri meccanici e sismici.

La procedura utilizzata può essere suddivisa in tre fasi di seguito descritte in maniera semplificata:

Acquisizione: registrazione e osservazione dei dati sismici “grezzi” contenenti le onde di Rayleigh per un intervallo sufficientemente ampio di frequenze;

Processing: trattamento dei dati attraverso filtraggio e altre tecniche finalizzate all'estrazione delle caratteristiche di dispersione, in particolare espresse come velocità di fase in funzione della frequenza (Spettro FP) e operazione di *Picking* della Curva di dispersione ottenuta;

Inversione: uso di un modello del terreno che permette di ricavare un profilo monodimensionale della velocità delle onde S ed altri parametri in funzione della profondità riconducibile col minor scarto di errore possibile al *Picking* della Curva di dispersione sperimentale ottenuta.

3.1 – ACQUISIZIONE DEI DATI MASW

Le analisi della dispersione delle onde superficiali partono dall'acquisizione dei dati con una geometria di tipo off-end ovvero lo stendimento dei geofoni si trova allineato da una stessa parte rispetto alla sorgente (Fig. 6) oppure split-spread quando invece la sorgente è posta all'interno dello stendimento di geofoni.

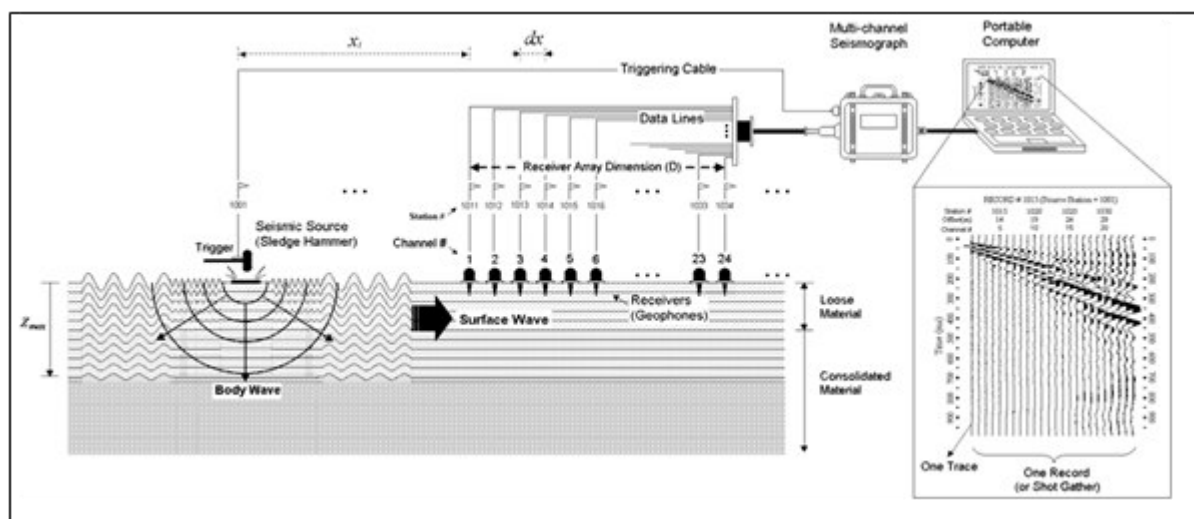


Fig. 6 - Schema di acquisizione delle Onde Superficiali (Fonte immagine www.kgs.ku.edu).

La strumentazione necessaria deve comprendere:

- Sismografo e suoi componenti (Cavi, Trigger, Sistema di acquisizione dati e inversione)
- Geofoni verticali e orizzontali
- Sorgente: martello, grave in caduta libera o fucile sismico
- Piastra per la battuta o traversina
- Appositi supporti per ciascun geofono in caso di presenza di asfalto o roccia

3.1.1 – PARAMETRI DI ACQUISIZIONE TEORICI ED UTILIZZATI

Ecco nel dettaglio i vari parametri necessari per un'acquisizione dati MASW:

1- Sorgente

Il tipo di sorgente utilizzata è stato di tipo verticale (martellata).

Qualora la registrazione fosse risultata problematica a causa della distanza e/o dell'attenuazione intrinseca del terreno è stato aumentato il numero di stack (ovvero il numero di colpi per registrazione). Ciò in generale tende a migliorare il rapporto segnale/rumore, la qualità delle registrazioni e quindi degli spettri di velocità su cui si andrà a fare il picking.

2 - Lunghezza dello stendimento Array Dimension (D)

Lo stendimento, in teoria, deve avere la lunghezza (D) maggiore possibile (in base alla disponibilità di spazio e di geofoni) in quanto dalla sua lunghezza derivano le frequenze più basse registrabili (λ_{\max}) e quindi di conseguenza, come descritto in precedenza, una maggiore profondità di investigazione (Z).

La sua lunghezza non deve comunque essere superiore a 46 m (la distanza tra geofoni deve essere pari a 2 m per un array di 24 geofoni). In caso di utilizzo di più geofoni possono essere comunque possibili anche lunghezze superiori.

Dalla lunghezza dello stendimento dipende inoltre la risoluzione dei vari spettri, maggiore è la lunghezza e maggiore è la risoluzione. Di conseguenza sarà più facile effettuare l'operazione di picking.

In prima approssimazione quindi, sempre in via teorica, $D \approx Z \approx \lambda_{\max}$ dove λ_{\max} è la lunghezza d'onda massima misurata (corrispondente alla minima frequenza).

3 – Distanza tra i geofoni (dx)

Dipende molto dal numero di geofoni (in questo caso 24), dalla lunghezza dello stendimento e quindi dalla disponibilità di spazio. Utilizzando 24 geofoni la dx deve essere massimo di 2 m.

A maggior ragione se venisse utilizzato lo spettro f-k per l'individuazione dei modi delle onde superficiali deve essere comunque sempre utilizzata una dx piccola (2 m massimo).

Questo a causa del problema dell'*aliasing spaziale* ovvero la non sufficientemente ridotta distanza tra geofoni non consente di campionare a sufficienza i segnali a più alta frequenza.

Tale problema si presenta qualsiasi spettro si utilizzi, ma nel caso $f - v$ è più facilmente individuabile e non compromette l'interpretazione del dato rispetto allo spettro $f - k$.

Dalla distanza tra i geofoni dipendono inoltre le frequenze più alte registrabili quindi le informazioni inerenti gli strati più superficiali.

Una dx troppo grande inoltre (utilizzando 24 geofoni) ridurrebbe la "ridondanza", cioè quel fenomeno che permette di registrare la stessa frequenza da più stazioni e consente di avere un migliore rapporto segnale/rumore e quindi una migliore definizione della curva di dispersione ottimale.

In prima approssimazione quindi, in questo caso, la profondità minima di esplorazione $z \approx dx \approx \lambda_{\min}$, dove λ_{\min} è la lunghezza d'onda minima (massima frequenza).

4 - Distanza sorgente-primo ricevitore (offset minimo X_1)

Per quanto riguarda l'offset minimo bisogna tenere in considerazione il fatto che una sorgente troppo vicina causa problemi di *near offset* e non si rispetta la condizione di onda piana in quanto l'onda generata ha un fronte sferico.

La teoria prevede che un'onda può considerarsi piana ad una distanza circa la metà della massima lunghezza d'onda desiderata (se vogliamo ad esempio avere un profilo che interessa i primi 30 metri di profondità si deve considerare una lunghezza d'onda di circa 60-70 metri, quindi un offset minimo di 30-40 m).

In pratica molto spesso ciò non è possibile, ma buoni risultati si possono ottenere anche ad offset minimi inferiori.

E' necessario quindi effettuare registrazioni con diversi offset in modo da poter valutare, nella fase di elaborazione dati, diversi spettri di velocità derivanti da diverse configurazioni sorgente-ricevitori ed ottenere dal loro confronto un quadro più completo che agevoli il riconoscimento dei modi delle onde di Rayleigh effettivamente presenti, non essendo possibile stabilire a priori, in campagna, quale sia la migliore configurazione.

In questo modo si può avere inoltre un riscontro sulla conformazione 1D del sottosuolo (presenza o meno di variazioni laterali) ma anche risultati che interessino porzioni di terreno sempre più profonde.

5 - Tipo di geofoni

E' raccomandato per questo tipo di registrazioni l'utilizzo di geofoni in grado di registrare basse frequenze (4.5 Hz o inferiore).

I geofoni verticali vengono utilizzati per la misura della componente verticale delle onde di Rayleigh mentre quelli orizzontali, eventualmente, per la componente radiale delle onde di Rayleigh.

I geofoni vengono posizionati in maniera ben solidale al terreno; in presenza di roccia o di asfalto si utilizzano gli appositi supporti. Il numero di geofoni utilizzati in questa campagna è di 24.

6 – Intervallo di campionamento (dt)

Per quanto riguarda le onde superficiali si parla di onde che hanno un range di frequenze teoricamente <100 Hz per questo motivo è sufficiente utilizzare un passo di campionamento molto ampio (anche 4 ms).

7 – Tempo di registrazione

Il tempo di registrazione dipende molto dal tipo di terreno. Se omogeneo o quasi il fenomeno della dispersione non è molto accentuato, se invece è molto eterogeneo il “ventaglio” della dispersione è molto ampio.

Pertanto la lunghezza della registrazione deve essere di almeno 1-2 secondi.

Nella tabella successiva vengono riassunti i parametri utilizzati appena descritti:

SORGENTE	Onde di Rayleigh: verticale (martellata)
LUNGHEZZA DELLO STENDIMENTO (D)	46 metri
DISTANZA TRA GEOFONI (dx)	2 m
OFFSET MINIMO (X ₁)	$\approx dx$ e $\approx D/2$
NUMERO DI SCOPPI	2
TIPO DI GEOFONI	4.5 Hz (verticali per la componente verticale delle onde di Rayleigh)
NUMERO DI GEOFONI	24
TEMPO DI REGISTRAZIONE	1-2 secondi
INTERVALLO DI CAMPIONAMENTO (dt)	0.5 – 2 ms
NOTE	Le tracce non sono state filtrate e è stato aggiunto AGC (Automatic Gain Control)

3.1.2 – STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le indagini geofisiche nell'ambito della seguente campagna geofisica sono state svolte utilizzando un sismografo *DOREMI* prodotto dall'azienda SARA Electronic Instruments s.r.l.

Di seguito vengono elencate le caratteristiche tecniche:

Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica

Topologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipunto

Lunghezza max rete: virtualmente illimitata con l'uso di ripetitori

N. max canali per tratta: 255

Dimensioni elemento: 80x55x18 mm

Peso: 250 g (per elemento con cavo di 5 metri)

Cavo: per geofisica 1x2x0.5 + 1x2x0.25 twisted pair schermato

Memoria: 60 kBytes (30000 campioni)

Frequenze selezionabili: da 500 a 20000 Hz (passi di campionamento da 2 a 0.05 ms)

Convertitore: tipo SAR a 16 bit (96 dB)

Amplificatore: ultra-low noise con ingresso differenziale

Banda passante: 2Hz - 200Hz

Reiezione modo comune: >80dB

Diafonia (crosstalk): zero, la trasmissione è digitale

Dinamica del sistema Risoluzione: 7.6 μ V @ 27dB; 0.076 μ V @ 60dB

Dinamica di base: 96dB (16 bit) S/N ratio fra 0.5 e 30Hz: >94dB (> 150dB con l'uso del PGA)

Alimentazione: batteria ricaricabile interna operativa 10-15Vdc

Consumo di energia: interfaccia 80 mA, canale 30mA per una stringa da 12 canali: < 500mA

3.1.3 – ESECUZIONE INDAGINE MASW

La geometria di acquisizione utilizzata è indicata nello schema sottostante.

E' bene precisare che una geometria di acquisizione "fissa" non esiste, poiché questa dipende dalle singole caratteristiche fisiche di ciascun sito indagato.

La geometria proposta, compatibilmente con le condizioni logistico-morfologiche, rappresenta il giusto compromesso tra pratica e teoria.

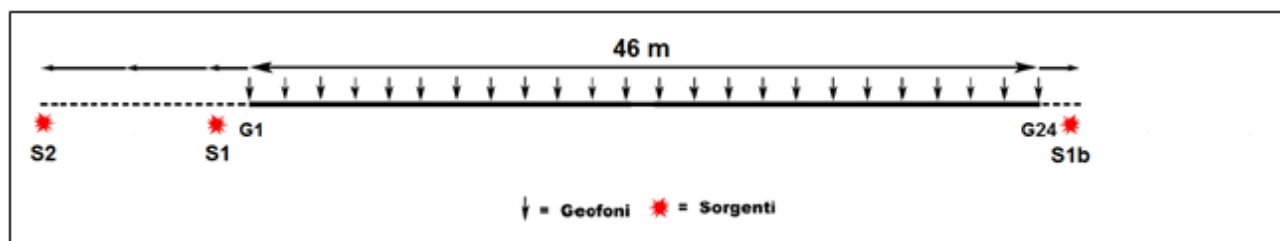


Fig. 7 - Geometria di acquisizione massima per le onde superficiali utilizzando 24 geofoni e $dx=2$.

S1: a distanza adeguata da G1.

S2: a distanza $D/2$ da G1 pari alla semi lunghezza dell'array di geofoni (D).

S1b: a distanza da G24 speculare rispetto a S1

La scelta di utilizzare due scoppi S1 e S2 di cui quest'ultimo a distanza, ove possibile, pari a $D/2$ è stata fatta per i seguenti motivi:

- Scoppi posti a distanza considerevole permettono di mettere in evidenza tutto il range di frequenze ottenibile dalla sorgente utilizzata, dalle più alte (S1) a quelle più basse (S2);
- I modi superiori, se presenti, sono maggiormente individuabili e discriminabili da quello fondamentale, il che in caso contrario porterebbe ad una interpretazione errata a seguito della fase di inversione dei dati;
- La similarità tra i due spettri F-V ricavabili dai due scoppi permette di stabilire se siamo in condizione di piani paralleli e/o assenza di variazioni laterali significative;
- In aggiunta al punto precedente, per verificare il parallelismo e l'omogeneità degli strati, in caso non ci sia lo spazio necessario per lo scoppio S2, eventualmente, ove possibile, è buona norma ricorrere ad uno scoppio (S1b) posto nella parte opposta dello stendimento in posizione geometricamente speculare allo scoppio S1.

Una volta stabilita la geometria di acquisizione si passa alla fase di montaggio della strumentazione in campagna.

I cavi sismici vengono stesi lungo la zona di interesse e ad essi vengono collegati i geofoni precedentemente infissi nel terreno alle equidistanze prestabilite.

L'energizzazione del terreno per generare onde elastiche di tipo P è stata effettuata mediante massa battente da 8 Kg: l'impatto rende operativo, tramite un accelerometro posto in prossimità della piastra di battuta (trigger), il sistema di acquisizione dati, permettendo così la registrazione ai geofoni della forma d'onda rappresentativa della velocità di spostamento del suolo.

La profondità di investigazione è, in linea teorica come descritto precedentemente, direttamente correlata alla lunghezza del profilo, alla distanza dei punti di energizzazione esterni e soprattutto al contrasto di velocità dei mezzi attraversati.

I tempi di arrivo delle onde sismiche nel terreno sono funzione della distanza tra i geofoni, delle caratteristiche meccaniche dei litotipi attraversati e della loro profondità.

3.2 – ELABORAZIONE (PROCESSING) E INVERSIONE DEI DATI MASW

L'analisi della dispersione delle onde superficiali (qualsiasi tipo esse siano) al fine di determinare il profilo delle Vs di un determinato sito è composta da due fasi fondamentali:

- 1 – Determinazione dello spettro di velocità (generalmente nel dominio $f - v$) dal quale vengono determinate le caratteristiche delle onde superficiali quindi le curve di dispersione.
- 2 – l'inversione, ovvero il passaggio dalle curve di inversioni al modello di terreno, dei diversi modi precedentemente individuati (in particolare il modo fondamentale). Una volta registrate le tracce seguendo la metodologia precedentemente descritta si ottiene il dataset dei dati nel dominio $x - t$ ovvero spazio – tempo. E' chiaramente impossibile lavorare in questo dominio quindi si deve passare al dominio $f - k$ (frequenze – numeri d'onda) oppure al dominio $f - v$ (frequenze – velocità) (Fig. 8).

Alcuni punti chiave da tenere in considerazione per il controllo di qualità dei dati sono:

- 1 – La registrazione corretta ben visibile in tutte le tracce.
 - 2 – Spettro di velocità chiaro ed interpretabile.
 - 3 – Attenzione ai modi superiori se presenti.
 - 4 – Utilizzare come modello iniziale i dati geologici e/o i dati forniti dalla sismica a rifrazione. Trattandosi infatti di un problema inverso, la parametrizzazione del modello di riferimento deve essere adeguata rispetto all'informazione effettivamente disponibile (Foti, 2008).
- 5 - La corrispondenza tra curva di dispersione sperimentale e curva di dispersione numerica relativa all'ultima iterazione del processo di inversione, minimizzando gli scarti, deve essere adeguata per tutto il campo di frequenza per il quale sono disponibili informazioni sperimentali (Foti, 2008).
- 6 – In caso di incertezze legate alla NON UNIVOCITA' DELLA SOLUZIONE è necessaria quindi una taratura mediante dati diretti di esplorazione del sottosuolo.

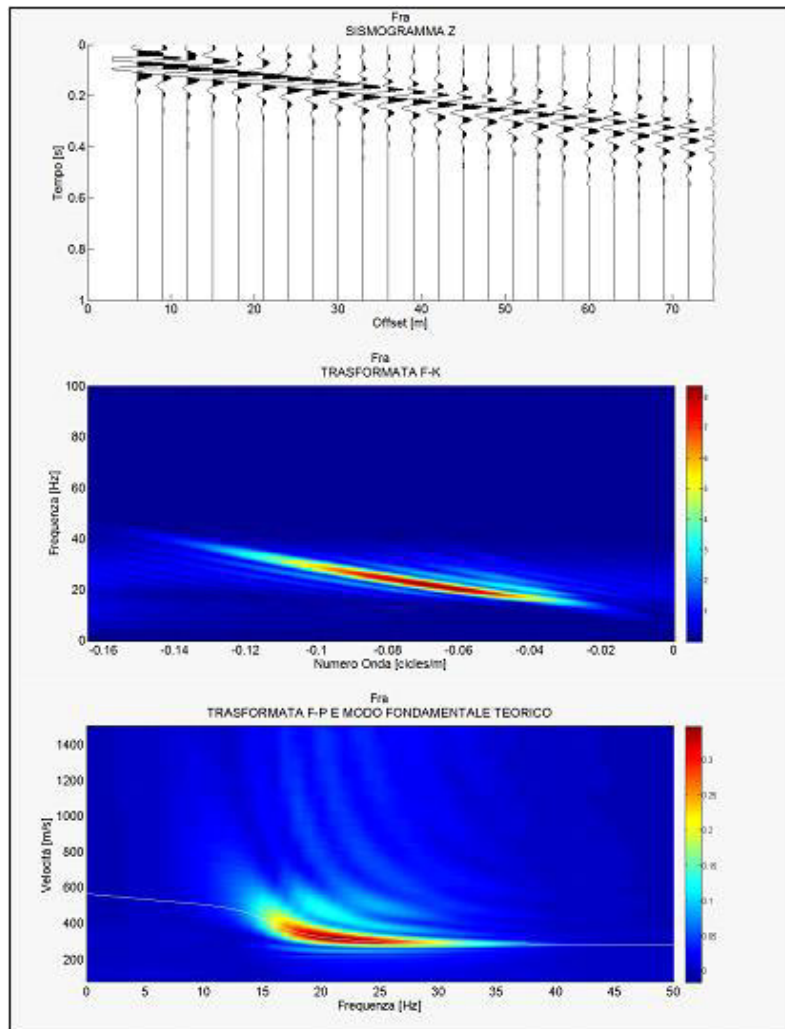


Fig. 8 - Semplice modello preso dalla letteratura composto da due strati a velocità crescente ($V_p = 650$ e 1400 m/s, $V_s = 300$ e 600 m/s, spessore h fino al semispazio di 8 m). Dall'alto al basso si può vedere il sismogramma sintetico (componente verticale), lo spettro f-k e lo spettro f-v (con modo fondamentale teorico).

Una volta calcolato lo spettro $f-v$ è buona norma verificare la profondità massima raggiunta dall'indagine (Fig. 9) in modo da meglio vincolare il modello da utilizzare nella fase di inversione, dopo di che si entra nella parte più delicata, ovvero il picking, l'individuazione cioè dei diversi modi.

La loro individuazione è quindi soggettiva (di contro all'oggettività dello spettro calcolato) e le scelte che si fanno devono essere ponderate con cura per non inficiare in maniera determinante il processo di inversione.

E' di uso comune interpretare il modo fondamentale come quello a più alta energia.

Questo non è sempre vero. In base infatti alla complessità del sito geologico i modi superiori potrebbero essere molto più energetici o addirittura talmente energetici che nello spettro il modo fondamentale non è visibile.

Non bisogna in maniera categorica basarsi sul picking e inversione automatica che molti software consentono di fare.

E' necessario quindi fare riferimento a prove invasive presenti nelle vicinanze (penetrometrie, carotaggi ecc.). Più dati si hanno a disposizione e maggiore è la probabilità di ricostruire, dalla curva di dispersione, il modello di terreno più veritiero che l'ha determinata, riducendo al minimo così i problemi di non univocità.

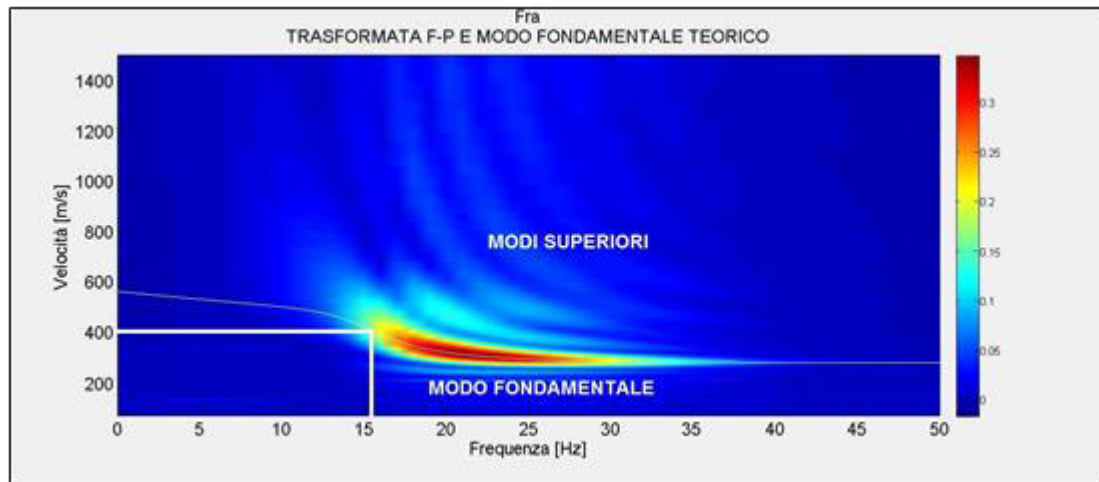


Fig. 9 - Calcolato lo spettro f-v per determinare in maniera approssimata la profondità massima raggiunta dalla prova si prendono le coordinate f-v dell'ultimo punto chiaramente visibile del modo fondamentale e si esegue la seguente formula: $Z = v / 2f$. In questo caso $v = 400$ m/s, $f = 15.5$ Hz quindi $Z = 400 / 31 = 12.9$ m

La geometria dello stendimento **MASW** utilizzata è stata di **12 geofoni** intervallati da una distanza intergeofonica di 3 m mentre i parametri di acquisizione sono stati settati in maniera consona a questo tipo di indagine (tempo di registrazione più lungo e bassa frequenza di campionamento).

4 – INDAGINE SISMICA PASSIVA HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio)

Il metodo reso popolare da Nakamura nel 1989 è una valutazione di tipo sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie terrestre misurati puntualmente mediante l'utilizzo di un apposito sismometro a tre componenti (due orizzontali ortogonali tra di loro ed una verticale).

Proprio dal fatto che tale metodo si basa su di un rapporto viene anche denominato indagine HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio) o più semplicemente prova “di Nakamura”.

Rumore al di sotto degli 0.5 Hz è generato prevalentemente da onde marine e perturbazioni atmosferiche mentre al di sopra degli 0.5 Hz il contributo prevalente è dato da vento, traffico veicolare e attività industriali.

Il risultato di tale misura viene mostrato in un grafico in cui il rapporto H/V (in ordinata) è messo in relazione con la frequenza (in ascissa).

Le frequenze alle quali la curva H/V mostra dei picchi sono le frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura.

La risonanza è un fenomeno che si viene a creare quando si hanno forti contrasti di impedenza sismica tra uno strato e il sottostante.

In caso quindi di misura effettuata al di sopra di una roccia la curva H/V non presenterà picchi significativi ma avrà un andamento piano con ampiezza pari ad 1. Maggiore quindi è il contrasto sismico e maggiore sarà la precisione della misura H/V.

Geologicamente quindi una copertura soffice al di sopra di un basamento rigido rappresenta la condizione ottimale per questa metodologia di misurazione.

In questa configurazione molto semplice è possibile quindi mettere in relazione la frequenza di risonanza (f) con la velocità media delle onde S (Vs) e lo spessore della copertura soffice (h) mediante la seguente relazione:

$$f = V_s/4h$$

Data quindi la frequenza di risonanza calcolata tramite il metodo H/V e la velocità media delle Vs delle coperture è quindi possibile ricavare la profondità dello strato a forte impedenza sismica e quindi fare successivamente una valutazione sulla possibile amplificazione sismica del sito in esame.

E' importante però che questo metodo (data la sua natura stocastica) sia utilizzato assieme ad una conoscenza generale dell'area di studio dal punto di vista geologico ed a prove di sismica quali MASW e/o rifrazione in modo da avere una conoscenza a priori della natura del sito e della velocità delle coperture.

In assenza di qualsiasi vincolo infatti esistono infiniti modelli (cioè combinazioni Vs-H) che soddisfano la stessa curva H/V.

4.1 – ACQUISIZIONE DEI DATI DI RUMORE A STAZIONE SINGOLA

Le misure di rumore a stazione singola si effettuano mediante l'utilizzo di sismometri a tre componenti (chiamati anche tromografi) con una sensibilità tra 0.1 e 20 Hz (corrispondenti ai modi di vibrare della maggior parte delle strutture).

Per quanto riguarda l'acquisizione in campagna bisogna prestare molta cura ed attenzione al posizionamento dello strumento.

L'accoppiamento dello strumento con il terreno deve essere fatto il più solidale possibile evitando interfacce intermedie (ad esempio cemento, fondo stradale ecc.) le quali causano grossi problemi dovuti all'inversione di velocità la cui conseguenza in molti casi è il non corretto risultato della curva H/V.

Importante è la messa in bolla dello strumento, se questo non fosse verificato le misure sarebbero completamente errate. Evitare la misura in giornate particolarmente avverse dal punto di vista meteorologico.

E' sempre consigliabile posizionare lo strumento all'interno di una piccola buca nel terreno in modo da mantenerlo oltre che perfettamente solidale anche al riparo da possibili agenti di disturbo.

Dal momento che la le frequenze di interesse ingegneristico non superano i 25 Hz la frequenza di campionamento non deve essere inferiore ai 50 Hz.

Particolarmente importante è la durata della registrazione. Come accennato in precedenza, la misura di rumore è un fenomeno detto stocastico quindi per avere una validità dal punto di vista statistico è necessaria una consistente quantità di dati i quali si ottengono registrando il rumore per una durata commisurata alla frequenza di risonanza di interesse.

In generale quindi per avere un dato concreto riguardante un bedrock sismico profondo (basse frequenze di risonanza) sarà necessario un tempo di registrazione più lungo rispetto ad un bedrock sismico superficiale (alte frequenze di risonanza).

L'orientamento dello strumento in via convenzionale deve essere rivolto verso il Nord geografico.

In presenza di elementi topografici o morfologici lo strumento dovrebbe essere allineato secondo gli assi di questi in modo da cogliere eventuali effetti di direttività. Quest'ultima può essere causata o da una non omogenea distribuzione delle sorgenti attorno allo strumento di misura o da cause derivanti dalla natura del sottosuolo sia per motivi topografici (misure a bordo di una scarpata ad esempio) sia per motivi stratigrafici (valli sepolte, stratificazioni inclinate ecc.). Le misure quindi in cui è presente questa problematica vanno interpretate con cautela.

4.2 – ANALISI DEI DATI

Una volta registrate le serie temporali di ciascuna componente il calcolo della curva H/V avviene passando al dominio delle frequenze e facendo il rapporto tra la componente H e la componente V. La componente H è la media delle due componenti orizzontali.

Per quanto riguarda le fasi dettagliate del processing si fa riferimento alle linee guide fornite dal progetto SESAME (2004).

La fase di interpretazione successiva deve essere fatta con alcuni accorgimenti fondamentali:

- 1- La curva H/V deve essere statisticamente significativa, ovvero deve avere una deviazione standard sia in ampiezza che in frequenza ridotta. Se questo non fosse verificato, premesso che la prova è stata acquisita tenendo presente tutti gli accorgimenti descritti nel precedente paragrafo, è necessario “pulire” la curva H/V. SESAME (2004) propone la rimozione nella serie temporale di quelle finestre in cui la deviazione standard del segnale STA (media a breve termine) è maggiore della media a lungo termine (LTA). Si tratta quindi dell’eliminazione di quelle finestre in cui è evidente la presenza di segnali di disturbo (detti transienti).
- 2- La curva H/V deve essere SEMPRE osservata insieme agli spettri di ciascuna componente in modo da poter effettivamente individuare quei picchi di natura stratigrafica. In condizioni normali infatti le tre componenti hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si ha un picco del rapporto H/V in quanto diminuisce la componente verticale determinando una forma a “occhio” o “ogiva” indice di una risonanza stratigrafica. I picchi di forma differente non sono attribuibili a cause stratigrafiche.

4.3 – IL PROGETTO SESAME

Il progetto SESAME ha stabilito delle direttive per garantire la riproducibilità delle misure H/V, indispensabile per ottenere dei dati rappresentativi e poco influenzati dal contesto di misura ed ambientale.

Le direttive fornite dal progetto SESAME descrivono diversi criteri da seguire mediante i quali è possibile valutare l’attendibilità della curva H/V.

4.3.1 – CRITERI DI AFFIDABILITÀ DEL PICCO

Le seguenti condizioni di affidabilità sono state stabilite grazie al progetto SESAME (Site Effects Assessment Using Ambient Excitations), a seguito dei numerosi studi condotti (SESAME 2004).

La prima condizione necessaria per ritenere una curva H/V affidabile, è la sua riproducibilità nello stesso sito con altre sorgenti e tipologie di rumore ambientale, e mediante una differente selezione di finestre.

In sintesi i primi tre criteri tutti da soddisfare sono i seguenti:

1. $f_0 > 10 / l_w$, ovvero che alla frequenza di interesse devono trovarsi almeno 10 cicli significativi nella finestra selezionata.; l_w è la lunghezza della finestra.
2. $n_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0 > 200$, ossia che il numero di cicli significativi sia maggiore di 200; n_w è il numero di finestre selezionate per condurre l'analisi.
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. In particolare la deviazione standard deve essere minore di 2 (se $f_0 > 0.5$) nell'intervallo $0.5f_0 < f < 2f_0$ e minore di 3 (se $f_0 < 0.5$) sempre nel solito intervallo.

Per quanto detto nei punti I e II quindi un picco ad 1 Hz per la sua corretta affidabilità devono esserci almeno 20 finestre di 10 s ognuna, o per un picco a 0,5 Hz, 10 finestre a 40s.

Nella tabella sottostante vengono indicati parametri di affidabilità a seconda del picco di interesse.

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

Poiché i transienti eventualmente presenti nella registrazione vanno eliminati in fase di processing, è opportuno allungare il tempo di registrazione.

La tabella sopra indicata, fornita dal progetto SESAME deve comunque essere utilizzata in maniera molto indicativa.

Nella realtà infatti bisogna tenere presente che per la registrazione corretta di un picco a basse frequenze (bedrock sismico profondo quindi) a seconda delle caratteristiche geologiche del sito sono necessari tempi di registrazione superiori (anche nell'ordine delle ore).

E' quindi buona norma prima di effettuare misure di rumore conoscere la geologia della zona da investigare e fare riferimento a tutte le prove pregresse effettuate nel sito.

4.3.2 – CRITERI DI CHIAREZZA DEL PICCO

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 $A_0 / A_{H/V}(f^-) > 2$; dove A_0 rappresenta l'ampiezza media del picco e $A_{H/V}(f^-)$ l'ampiezza della frequenza f^- .
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 σ_f , deve essere inferiore ad una soglia massima $\varepsilon(f_0)$;
3. La deviazione standard del picco in ampiezza $\sigma_A(f_0)$, deve essere inferiore ad una soglia massima $\theta(f_0)$; Il valore $\sigma_A(f_0)$ rappresenta il numero con cui moltiplicare e dividere la curva media H/V per ottenere le curve relative alla deviazione standard.

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
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.20 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

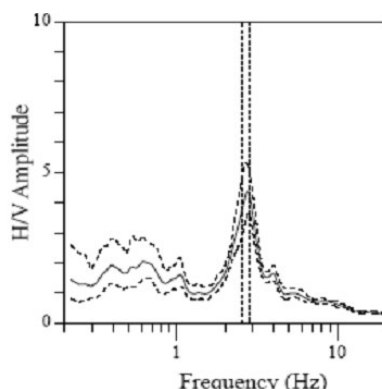
Quindi se la curva H/V per un dato sito soddisfa almeno 5 di queste 6 condizioni, il valore di f_0 è da considerarsi rappresentativo della frequenza fondamentale; se l'ampiezza di picco A_0 è

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 sensibilità;
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. 10 - Esempio di picco netto da SESAME (2004)

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 sensibilità troppo basse.

4.3.3 – INFORMAZIONI AGGIUNTIVE AI CRITERI SESAME

A questo punto verificati i punti sopra elencati occorre allegare a tali risultati altre informazioni non descritte nel progetto SESAME per dare maggiore stabilità all'indagine.

Di seguito l'elenco completo:

1. Stazionarietà temporale dei rapporti spettrali.

In pratica una volta effettuata la registrazione, il dato viene diviso dall'operatore in finestre temporali, per ciascuna di esse il software calcola la curva H/V e come output restituisce un diagramma FT in cui al variare del tempo viene mostrato l'andamento del segnale.

Il segnale è stazionario se la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura.

2. Direttività del segnale (azimuth).

Il software calcola una volta selezionate le finestre la direttività del segnale ovvero la sua provenienza rispetto all'orientazione degli assi dei sensori dello strumento (di norma la componente orizzontale NS deve essere rivolta verso Nord).

La direttività corretta si ha quando il picco H/V (nel caso sia presente uno solo altrimenti tutti i picchi) è presente da 0 a 180° (da 180° a 360° è superfluo poiché la distribuzione del segnale è speculare) ovvero le sorgenti intorno allo strumento sono uniformi in tutte le direzioni.

Viceversa in caso di segnali direttivi in un range ridotto di frequenze le cause possono essere varie tra cui sorgenti non uniformi (es. rumori industriali).

In questo caso il risultato della registrazione non è attendibile. le variazioni azimuthali di ampiezza non devono superare il 30% del massimo.

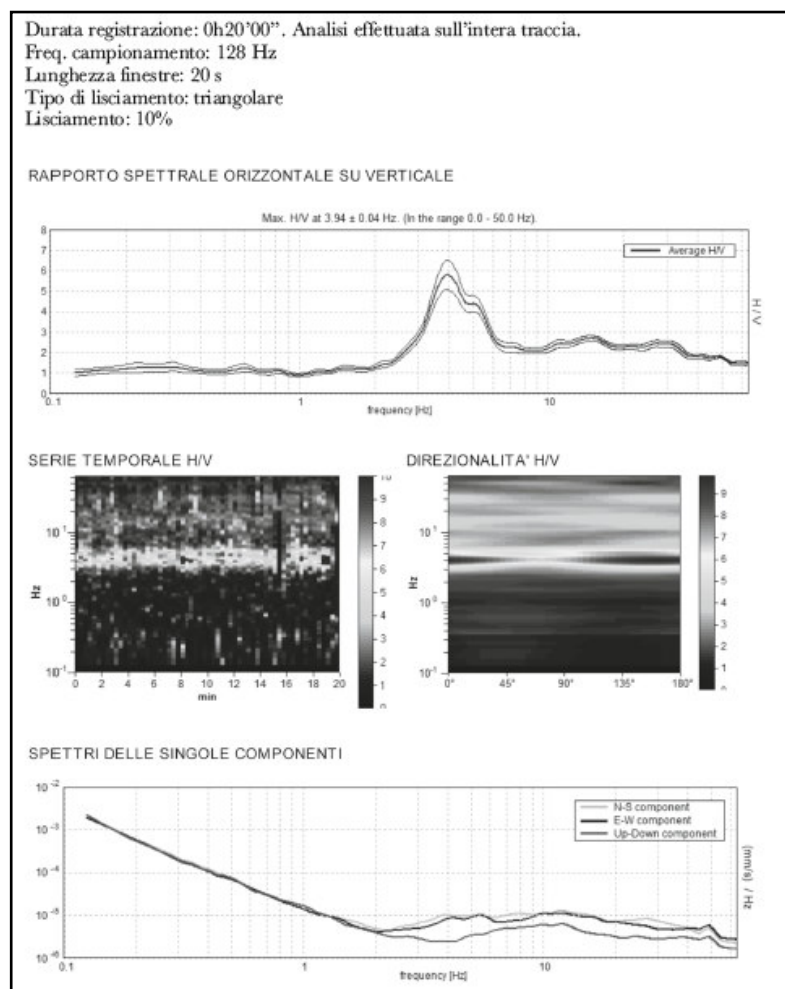
Questo deriva dal fatto che, nonostante la natura stocastica del fenomeno, in presenza di un campo d'onda diffuso, ovvero caratterizzato da sorgenti posizionate in maniera statisticamente omogenea attorno al sito di misura che si attivano in maniera non coordinata, l'andamento medio del segnale risulterà statisticamente indipendente dalla loro natura e posizione e sarà condizionato soprattutto dalla struttura del sottosuolo.

3. Si deve inoltre allegare l'andamento complessivo del rapporto H/V e gli spettri di ciascuna componente.

Ciò è utile per verificare che in corrispondenza del picco ci sia un effettivo abbassamento della componente verticale rispetto alle componenti orizzontali (plausibilità fisica).

Inoltre mediante il confronto dei vari spettri è possibile verificare se lo strumento è bene in bolla e l'eventuale presenza di inversioni di velocità caratterizzate contrariamente da quanto detto in precedenza da un abbassamento delle componenti orizzontali rispetto alla componente verticale.

4. Bisogna verificare l'assenza di rumore elettromagnetico caratterizzato da una forte direttività e da picchi molto stretti nella curva H/V.



Picco H/V a 3.9 ± 0.04 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz).			
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	$3.94 > 0.50$	OK	
$n_s(f_0) > 200$	$4725.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 190	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^* in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	3.031 Hz	OK	
Esiste f^* in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	5.938 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.79 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00462 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < g(f_0)$	$0.01818 < 0.19688$	OK	
$\sigma_A(f_0) < 0(f_0)$	$0.3534 < 1.58$	OK	

Fig. 11 - Esempio di acquisizione corretta e presentazione dei risultati (D.Albarello,S.Castellaro, 2011)

4.4 – VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE MISURE HVSR

E' proposta, quale metodo di valutazione della qualità tecnica delle misure HVSR acquisite, la classificazione proposta da Albarello et alii, 2010 e Albarello & Castellaro,2011.

L'obiettivo della classificazione è fornire una indicazione immediata circa la qualità delle singole misure H/V, con lo scopo di aiutare gli operatori nella fase interpretativa e nel confronto con altri dati osservati.

La classificazione di Albarello et alii, 2010 e Albarello & Castellaro, 2011 si divide in 3 classi principali: Classe A, Classe B e Classe C.

Classe A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.

1. la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (stazionarietà)
2. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (isotropia)
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (assenza di disturbi)
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (plausibilità fisica)
5. i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3 criteri) sono verificati (robustezza statistica)
6. la misura è durata almeno 15/20 minuti (durata)

ECCEZIONE per la Classe A: misure effettuate su roccia integra affiorante o in zone alluvionali fini con basamento sismico molto profondo (tipicamente > 1 km) possono non mostrare alcun picco statisticamente significativo della curva H/V nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico, a causa dell'assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati. In questi casi, in cui la curva H/V apparirà piatta e con ampiezza circa pari a 1, il criterio 5 risulterà non verificato anche se la misura è di fatto attendibile.

Classe B: curva H/V sospetta (da "interpretare"): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze

1. almeno una delle condizioni della classe A non è soddisfatta, a condizione che non si rientri nell'ECCEZIONE per la Classe A.

Classe C: curva H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata

1. misura di tipo B nella quale la curva H/V mostra una ampiezza crescente al diminuire della frequenza (deriva), indice di un movimento dello strumento durante la misura
2. misura di tipo B nella quale si evidenzia la presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di potenziale interesse.

Per le sole Classi A e B si possono pertanto definire due sottoclassi delle classi precedenti, ossia: Tipo 1. Presenta almeno un picco "chiaro" secondo i criteri di SESAME: possibile

risonanza Tipo 2. Non presenta picchi “chiari” nell’intervallo di frequenze di interesse: assenza di risonanza

4.5 – CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le misure di rumore HVSR sono state tutte registrate mediante l'utilizzo del tromografo *THEREMINO*, costituito da geofoni con frequenza di 4.5 Hz

La sua particolare forma e utilizzo è il risultato di alcune considerazioni sperimentali e non per motivi estetici o di designer:

- 1- Forma circolare per avere la minima resistenza al vento;
- 2- Cupola emisferica ribassata per avere la minima resistenza al vento;
- 3- Baricentro molto ribassato per avere la massima stabilità;
- 4- Peso aumentato da una zavorra in piombo;
- 5- Diametro sufficientemente largo per avere una maggiore stabilità;
- 6- Materiale in policarbonato per isolare acusticamente i geofoni dai rumori antropici ed ambientali;
- 7- I cavi non devono essere posizionati verticalmente rispetto allo strumento perché causano vibrazioni dovute al vento, il cavo ha l'effetto " bandiera " generando frequenze orizzontali che non hanno nulla a che fare con i microtremori;
- 8- Aumento della larghezza della base di appoggio, in questo modo i tre puntali che poggiano sul terreno aumentano la stabilità dello strumento e garantiscono una riduzione della rumorosità strumentale indotta da vento e rumori antropici;
- 9- Distanza identica tra i vari puntali, in questo modo si ha una eguale distribuzione a 360° delle vibrazioni indotte dal terreno;
- 10- Con il piombo di zavorra si è aumentata la pressione sul terreno evitando così saltellamenti verticali e garantendo una maggiore aderenza e continuità tra terreno e strumento;
- 11- La zavorra in piombo posizionata nella parte medio bassa della piastra e l'alleggerimento della cupola hanno spostato il baricentro strumentale a pochi cm dal piano di appoggio sul terreno, ciò va a favore della stabilità;
- 12- La forma rotondeggiante della piastra e la forma emisferica della cupola permette di avere un alto grado di permeabilità al vento, possibile affondare la piastra di 4- 5 cm nel terreno stirando la cortina erbosa superficiale, in questo modo dal piano si campagna spunta solo la cupola riducendo ulteriormente l'effetto vento;

-
- 13- Isolamento acustico del geofono grazie allo spessore della cupola, in questo modo di riduce l'effetto "microfono" dei geofoni che trasformano i rumori acustici in fastidiosi disturbi e rumori random;
 - 14- Spessori centimetrici delle pareti dell'ufo per evitare vibrazioni dannose dovute a spessori millimetrici dei contenitori spesso in plastica della scatola utilizzata;
 - 15- Minima superficie laterale per ridurre l'impatto con il vento;
 - 16- La forma tondeggiante e emisferica della piastra e della cupola permette di avere la medesima disposta al vento in tutti i 360 gradi;
 - 17- Contenitore basso e largo, e pesante al contrario di molti strumenti stretti alti e leggeri con pareti di lamierino sottile (vere casse acustiche), il contrario di come dovrebbero essere;
 - 18- Molta cura nel posizionamento all'interno dello strumento dell'elettronica e dei geofoni, riduzione al massimo di componenti inutili che hanno lo scopo di sporcare il segnale e una cura per schermare il segnale da inquinamento elettromagnetico.

5 - INDAGINE SISMICA DOWN-HOLE

In sismica non esistono soltanto le metodologie di indagine della rifrazione e della riflessione, esistono altre che prendono il nome di “sismica in foro”.

Una di esse, che è stata affrontata in questo lavoro, è la sismica Down-Hole. In questa tecnica viene fatto un foro nel terreno (di solito si utilizza il foro fatto per un carotaggio) opportunamente rivestito in cui viene fatto calare un sensore a tre componenti, in grado quindi di registrare sia le onde P che le S (SH e SV), a intervalli di 1-2 metri fissandolo alle pareti del foro tramite un sistema ad aria compressa o idraulico.

La sorgente viene posta in superficie ad una distanza d dal foro.

L'impulso alla sorgente produce lungo la direzione di propagazione verticale prevalentemente onde longitudinali P se la battuta è effettuata verticalmente (ad esempio una colpo di mazza su di una piastra) mentre produce impulsi prevalentemente orizzontali e quindi onde di taglio polarizzate orizzontalmente (onde SH) se vengono effettuate battute parallele al terreno di superficie (ad esempio lateralmente ad una trave di legno opportunamente fissata al terreno).

L'acquisizione dei dati può avvenire in due modi differenti:

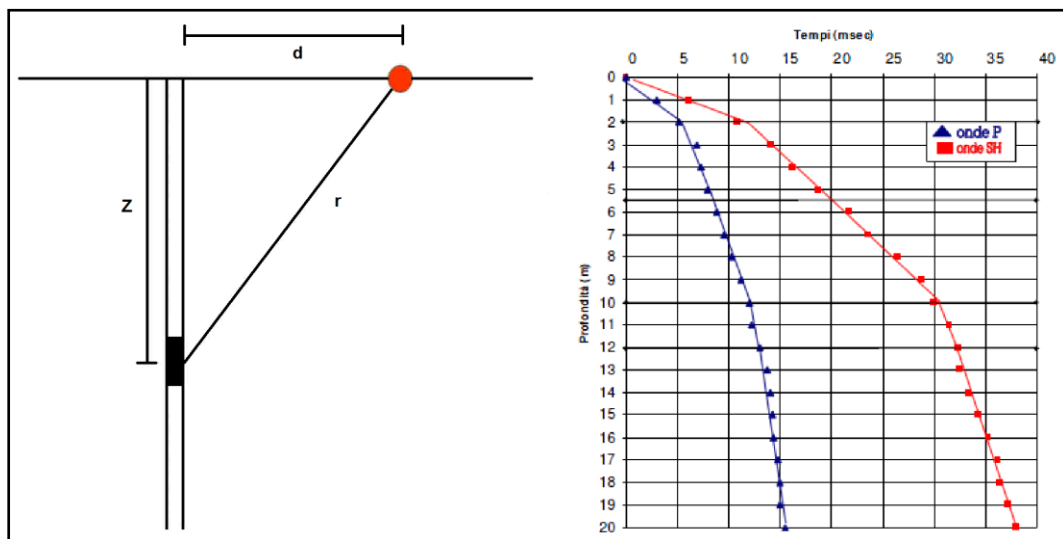
5.1 METODO DIRETTO – UTILIZZANDO UN SOLO RICEVITORE

Per poter interpretare il down - hole con il metodo diretto, inizialmente, è necessario correggere i tempi di tragitto t misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde.

Quindi se d è la distanza della sorgente dall'asse del foro, r la distanza fra la sorgente e il sensore tridimensionale, z la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti (t_{corr}) mediante la seguente formula di conversione:

$$t_{corr} = (Z / r) t$$

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 dal coefficiente angolare (come nella sismica a rifrazione) dei segmenti di retta lungo i quali si interpolano i dati sperimentali.



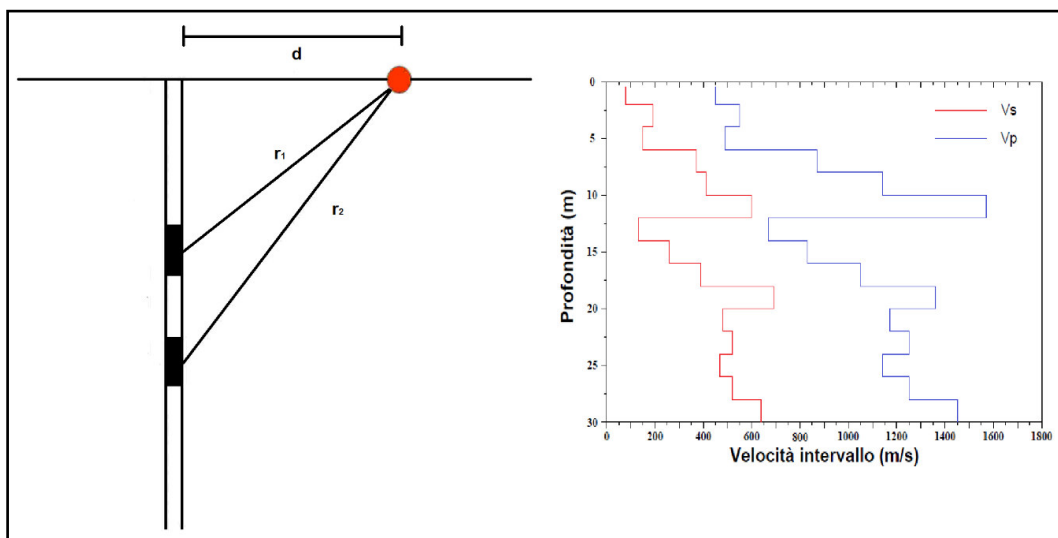
Schema di acquisizione con un ricevitore e a destra il relativo risultato

5.2 METODO INTERVALLO

Questo metodo risulta migliore del primo in quanto i tempi di tragitto dell'onda sismica si misurano fra due ricevitori consecutivi posti a differente profondità consentendo una migliore definizione del profilo di velocità.

Ottenute le misure è possibile calcolare i tempi corretti con la formula vista in precedenza e la “velocità di intervallo” delle onde P e S con la formula seguente:

$$V_{p,s} = (Z_2 - Z_1) / (t_{2corr} - t_{1corr})$$



Schema di acquisizione con doppio ricevitore e a destra il relativo risultato.

Il metodo intervallo presenta però dei limiti infatti non tiene conto della velocità degli strati sovrastanti e non è applicabile nel caso in cui $t_{2corr} < t_{1corr}$.

6 – BIBLIOGRAFIA

C. Park, R. Miller, J. Xia. Multichannel Analysis of Surface Waves, *Geophysics*, 64(3), 800-808, 1999.

C. Park, R. Miller, J. Xia and J. Ivanov. Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) – active and passive methods, *The Leading Edge* (January 2007).

M. Cercato. Addressing non-uniqueness in linearized multichannel surface wave inversion, *Geophysical Prospecting*, 00, 1-21, 2008.

S. Foti, F. Santucci de Magistris, F. Silvestri, C. Eva. Valutazione degli standard di esecuzione e dell'efficacia delle indagini di sismica attiva e passiva, 2008.

D. Albarello, S. Castellaro. Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola *Ingegneria Sismica Anno XXVIII – n. 2 – 2011*.

M. Bour*, D. Fouissac, P. Dominique & C. Martin. On the use of microtremor recordings in seismic microzonation (1998).

SESAME European research project. Guidelines for implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations, measurements, processing and interpretation (2004).

ALLEGATI


- **ALLEGATO GRAFICO: ACQUISIZIONI MICROTREMORI – RAPPORTO SPETTRALE H/V – SPETTRO DELLE SINGOLE COMPONENTI – CRITERI DI AFFIDABILITÀ SESAME – CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII**

- **ALLEGATO GRAFICO: ELABORAZIONE INDAGINE SISMICA ATTIVA-PASSIVA CONGIUNTA MASW+HVSR**

- **ALLEGATO GRAFICO: ELABORAZIONE INDAGINE SISMICA ATTIVA DOWN-HOLE (DH)**

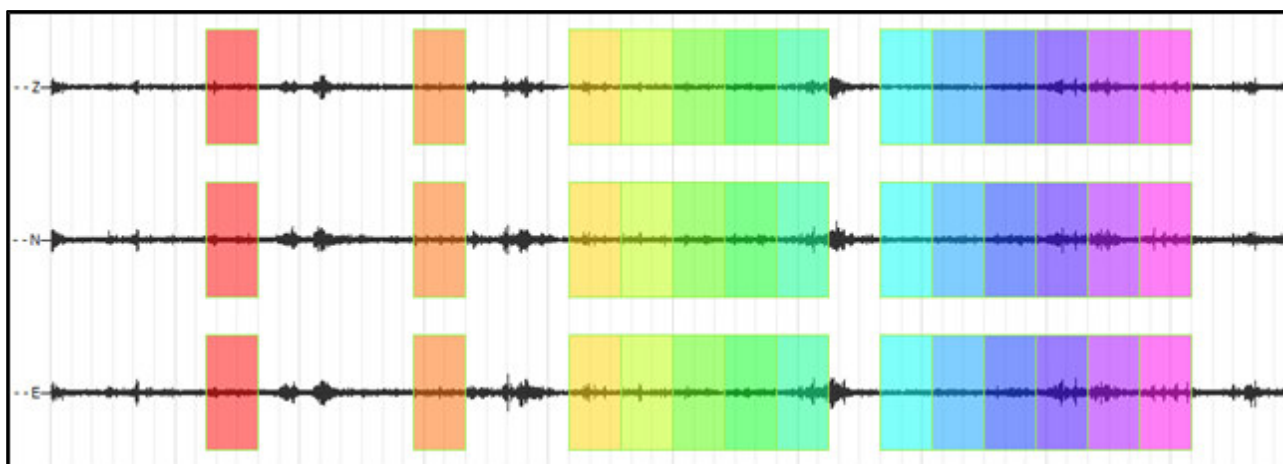
- **ALLEGATO GRAFICO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI**

- **ALLEGATO GRAFICO: ACQUISIZIONI MICROTREMORI – RAPPORTO SPETTRALE H/V – SPETTRO DELLE SINGOLE COMPONENTI – CRITERI DI AFFIDABILITÀ SESAME – CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII**

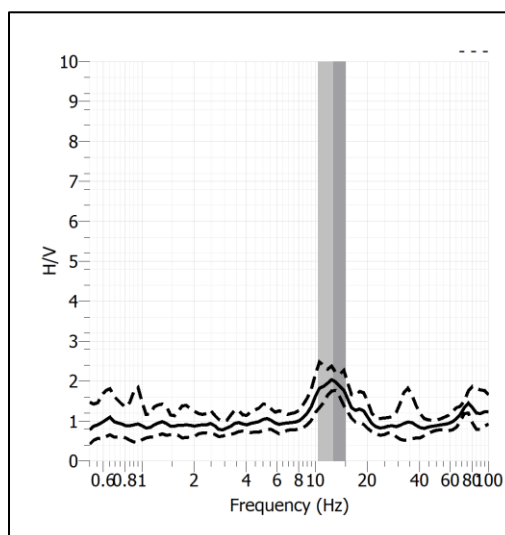
Stazione	1	
Strumento	Theremino	
Data acquisizione	Febbraio 2023	
Durata registrazione	20 minuti	
Freq. Campionamento	500 Hz	
Lunghezza finestre	50 s	
Numero di finestre analizzate	13 (46% del tracciato)	
Tipo di lisciamiento	Konno & Ohmachi	
Lisciamiento	40	
Orientamento strumentazione	0° N	
Terreno di misura	Suolo naturale	
Meteo	Sereno	

Frequenza del picco H/V	12.70 Hz
Ampiezza Media della frequenza	2.01

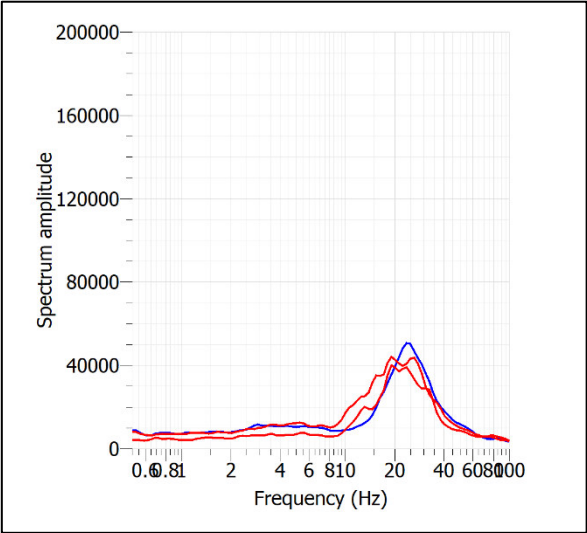
ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



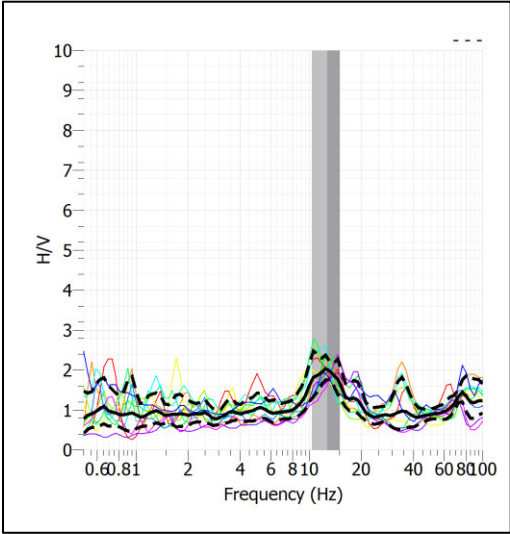
RAPPORTO SPETTRALE H/V



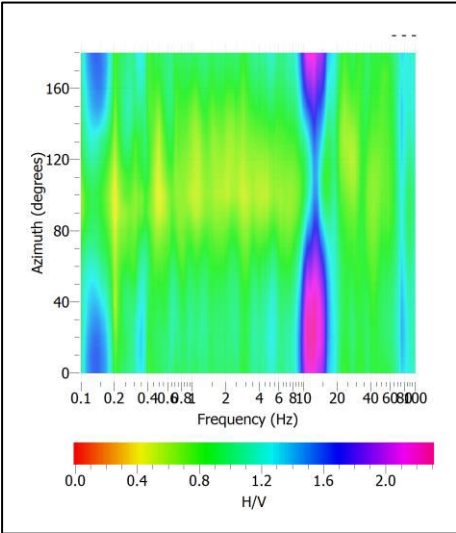
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



CRITERI SESAME

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
50,00	11	6985	12,700	0,03	2,01	1,10	BASSO
Criteri per una curva H/V affidabile							
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]							
$f_0 > 10/L_w$			12,700	>	0,200		OK
$n_c(f_0) > 200$			6985	>	200		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$			Superato 0 volte su 22				OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$							
Criteri per un picco H/V chiaro							
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]							
Amplitude conditions	Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$						OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$						OK
	$A_0 > 2$			2,0100	>	2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$						OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$			0,0293	<	0,0553	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$			1,0955	<	2,5000	OK

ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	SI
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	SI
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	SI
PLAUSIBILITA' FISICA	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	SI
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	SI

CLASSE A1

- **ALLEGATO GRAFICO: ELABORAZIONE INDAGINE SISMICA ATTIVA-PASSIVA CONGIUNTA
MASW+HVSr**

INDAGINE SISMICA CONGIUNTA MASW + HVSr

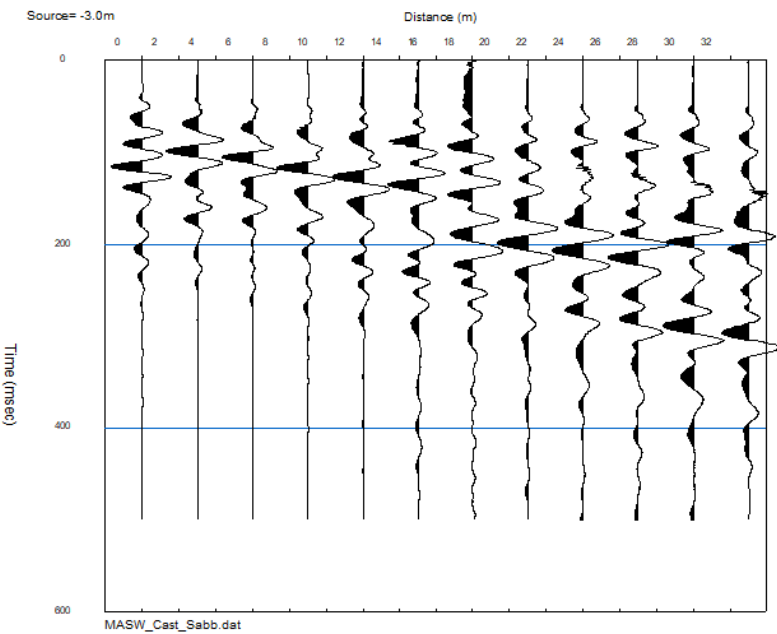
Geometria dello stendimento MASW

Numero Geofoni: 12

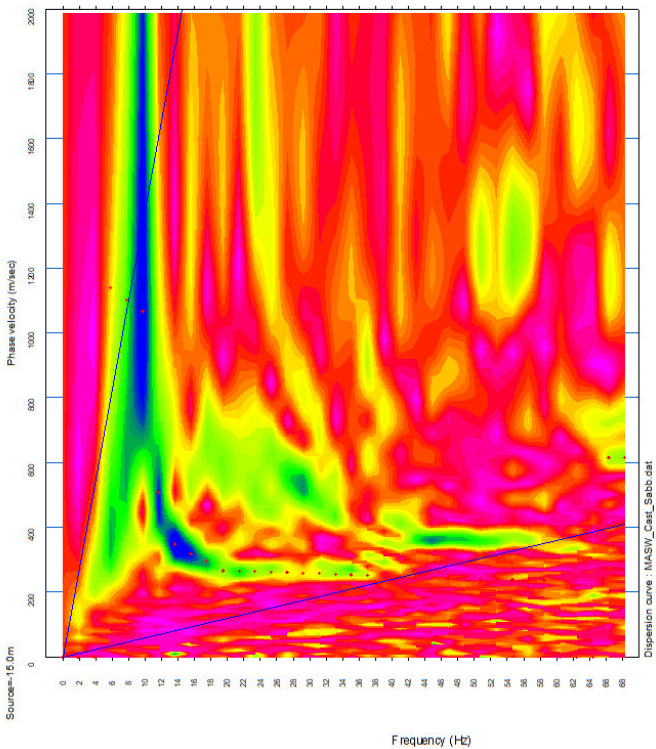
Intervallo (m): 3 m

Lunghezza Stendimento (m): 33 m

Sismogramma MASW

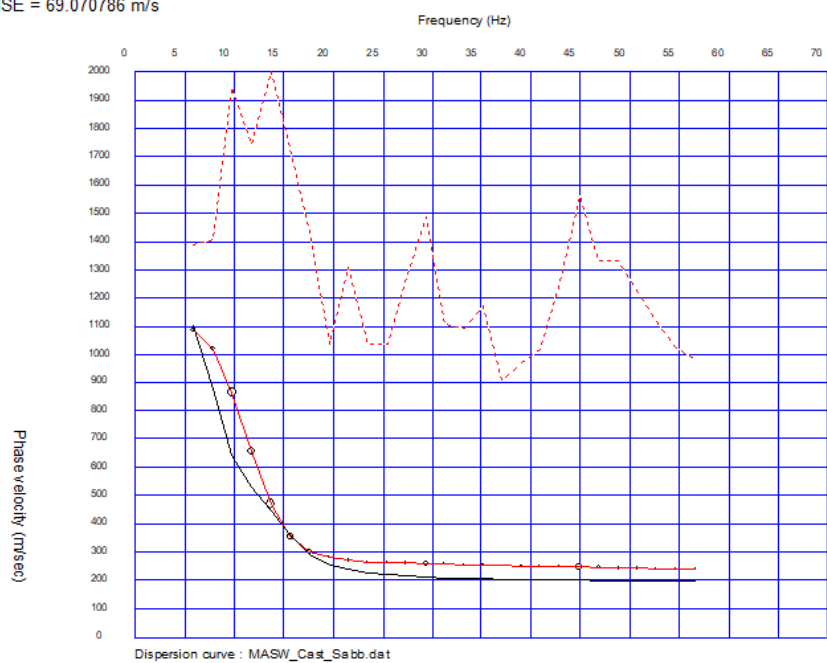


Curva Dispersione MASW

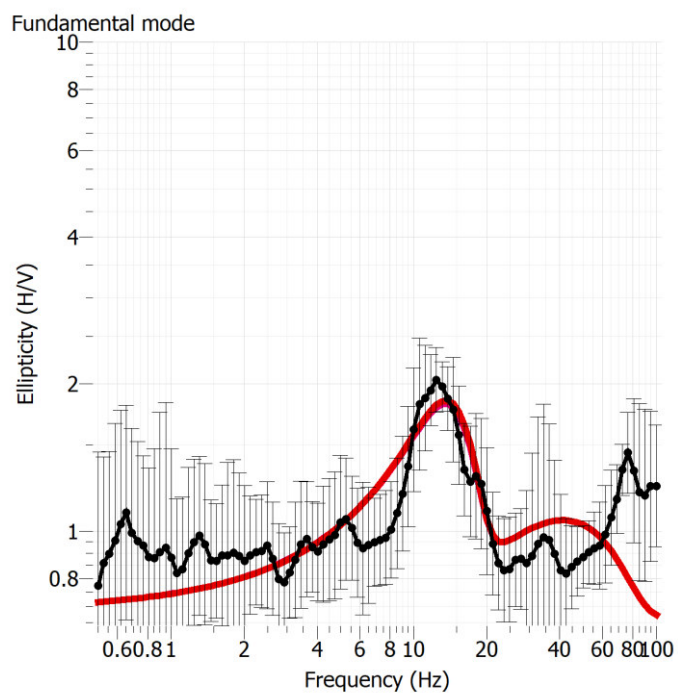


Curva Teorica e Sperimentale MASW

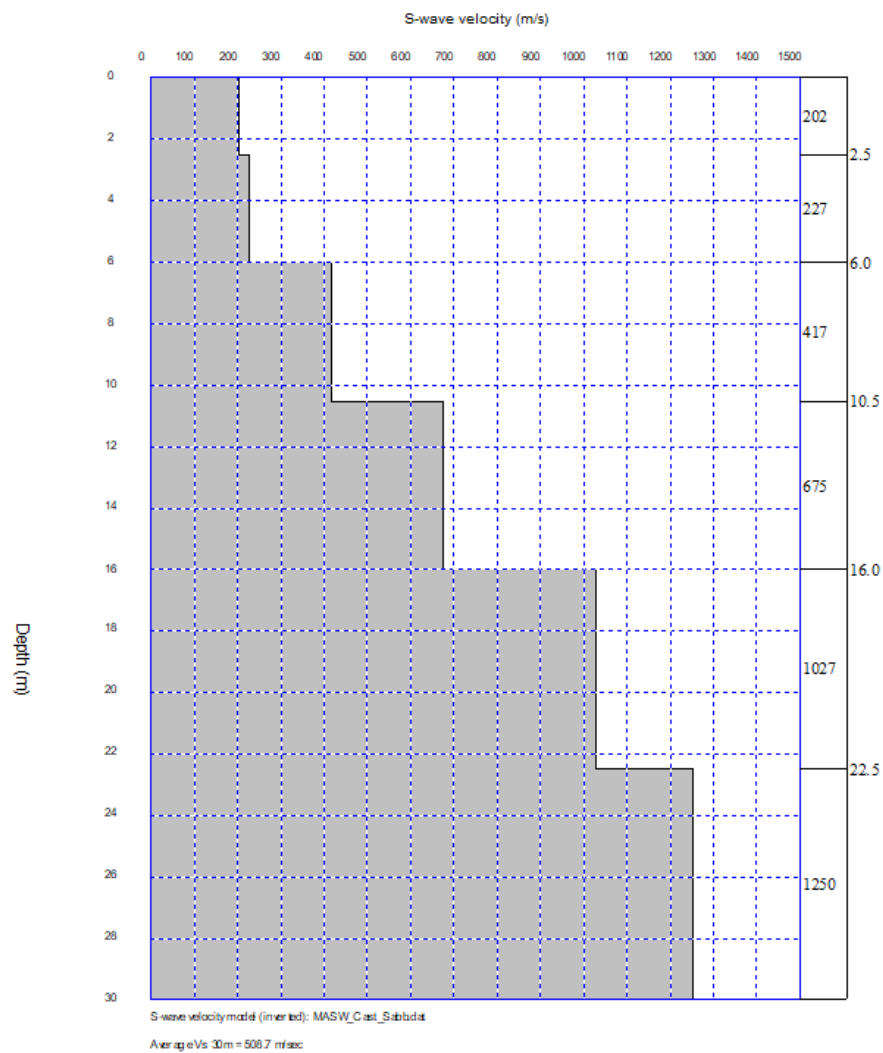
RMSE = 69.070786 m/s



Curva Teorica e Sperimentale HVSR



Profilo Vs MASW + HVSr



- **ALLEGATO GRAFICO: ELABORAZIONE INDAGINE SISMICA ATTIVA DOWN-HOLE (DH)**

MISURE DOWN HOLE

Interpretazione delle misure

Dati iniziali

Offset scoppio [m]	Numero di ricezioni	Posizione primo geofono [m]	Interdistanza [m]
4.5	30	1	1

Dati misure down hole

Registrazioni Nr.	Z [m]	Tp [msec]	Ts [msec]
1	1	8.4	19.2
2	2	9.1	22.3
3	3	10	24.9
4	4	11.3	26.8
5	5	11.9	30.6
6	6	13.2	32.8
7	7	13.2	34.9
8	8	13.8	36
9	9	14.2	37
10	10	14.2	38
11	11	14.8	39
12	12	15.1	40.4
13	13	15.4	41.6
14	14	15.7	42.8
15	15	16.4	43.9
16	16	17.3	44.8
17	17	17.6	45.6
18	18	17.6	45.7
19	19	18	46.5
20	20	18	47.1
21	21	18.6	48.4
22	22	18.9	48.8
23	23	19.2	49.6
24	24	19.5	50.6
25	25	19.5	51.1
26	26	20.2	52.1
27	27	20.5	52.9
28	28	21.1	53.6
29	29	20.8	54.2
30	30	21.4	55.4

Risultati

SR [m]	Tpcorr [msec]	Tscorr [msec]
4.6098	1.8222	4.1651
4.9244	3.6959	9.0569
5.4083	5.5470	13.8120
6.0208	7.5073	17.8050
6.7268	8.8452	22.7448
7.5000	10.5600	26.2400
8.3217	11.1036	29.3571
9.1788	12.0277	31.3767
10.0623	12.7009	33.0938
10.9659	12.9493	34.6530
11.8849	13.6981	36.0963
12.8160	14.1386	37.8277
13.7568	14.5528	39.3114
14.7054	14.9469	40.7468
15.6605	15.7084	42.0486
16.6208	16.6539	43.1268
17.5855	17.0140	44.0818
18.5540	17.0745	44.3355
19.5256	17.5155	45.2482
20.5000	17.5610	45.9512
21.4767	18.1871	47.3256
22.4555	18.5166	47.8101
23.4361	18.8427	48.6771
24.4182	19.1660	49.7333
25.4018	19.1916	50.2918
26.3866	19.9041	51.3368
27.3724	20.2211	52.1802
28.3593	20.8327	52.9209
29.3471	20.5540	53.5590
30.3356	21.1632	54.7871

Metodo diretto

Profondità di riferimento: 16 m
VS,eq: 371.43 m/s

Sismostrati con metodo diretto

Strato Nr.	DB	Descrizione (-)	Profondità (m)	Colore/ Retino	Tp corr. sism. (msec)	Ts corr. sism. (msec)
1			5.71		10.06	25.23
2			8.75		12.53	32.66
3			15.8		16.46	42.91
4			30.03		21.16	54.79

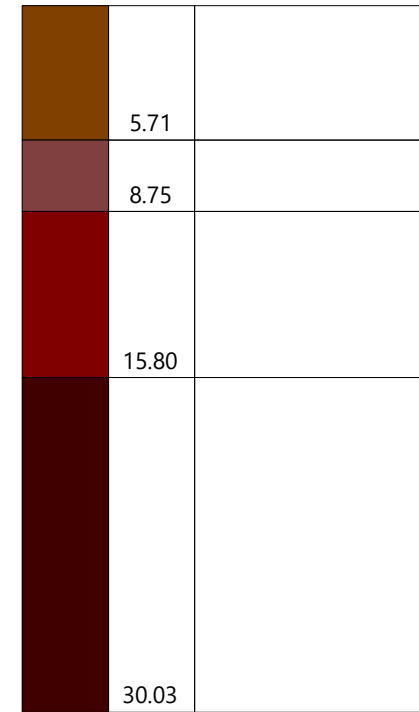
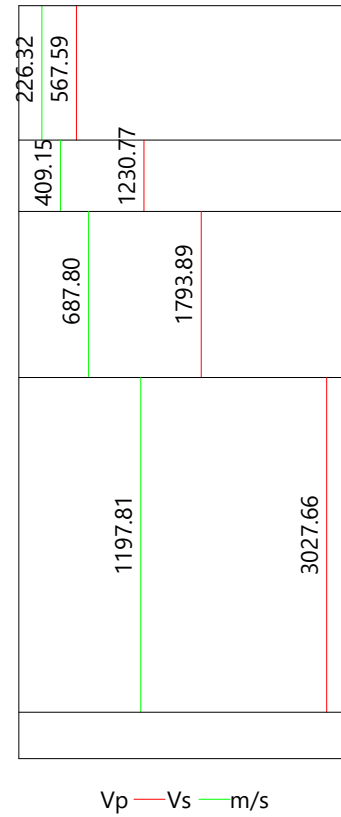
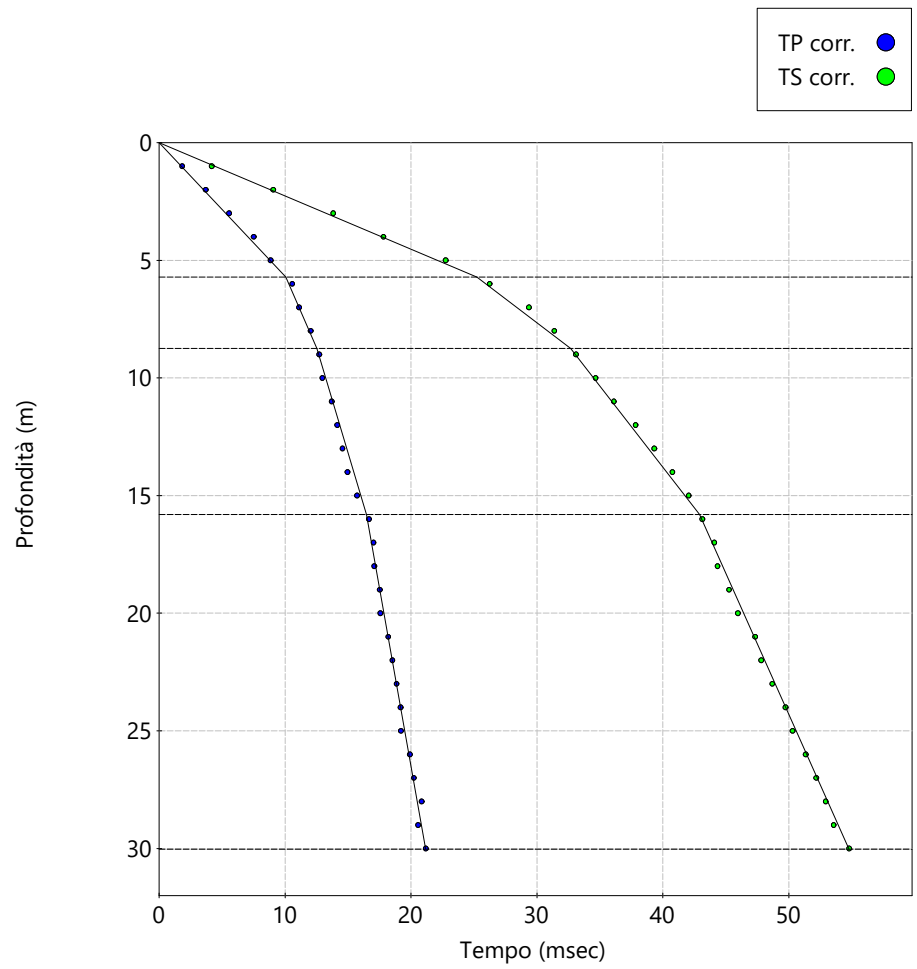
Valori medi

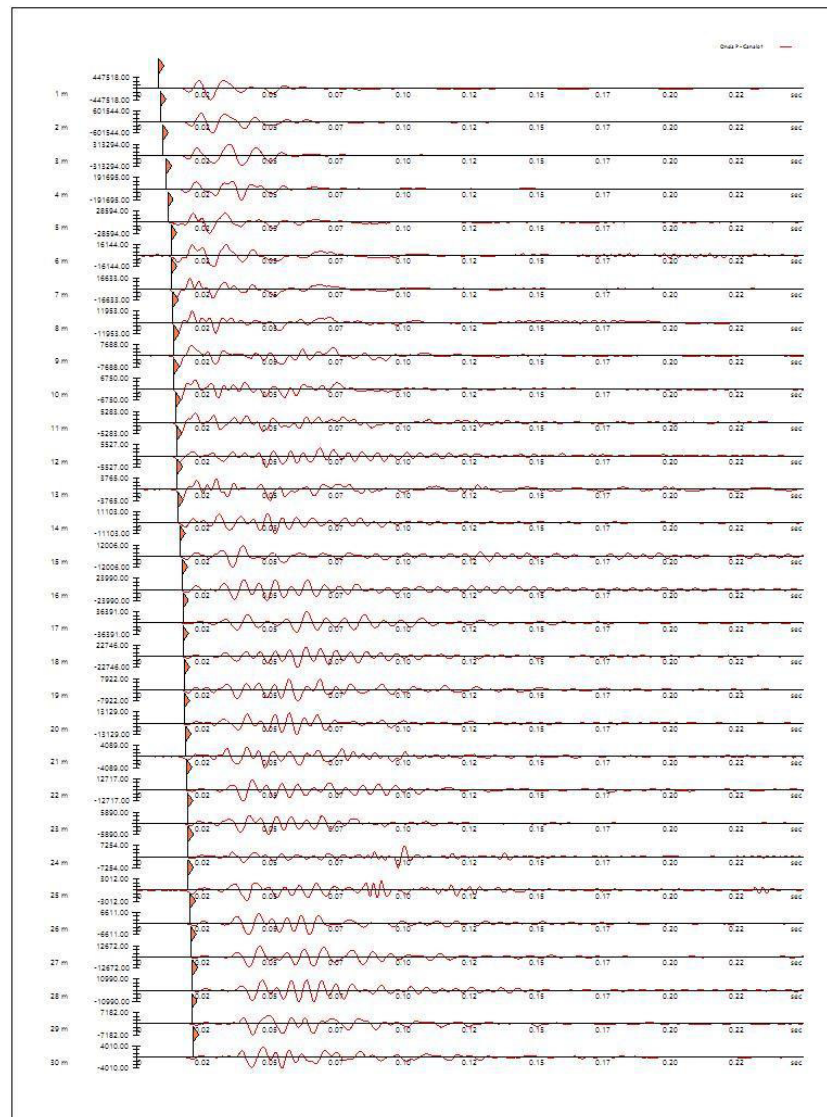
	Vp medio (m/s)	Vs medio (m/s)	g medio (kN/mc)	ni medio	G medio (MPa)	Ed medio (MPa)	E medio (MPa)	Ev medio (MPa)
	567.59	226.32	18.77	0.41	98.03	616.58	275.55	485.87
	1230.77	409.15	21.48	0.44	366.61	3317.32	1054.28	2828.51
	1793.89	687.8	22.38	0.41	1079.71	7344.61	3053.04	5905
	3027.66	1197.81	24.15	0.41	3533.38	22574.98	9944.48	17863.81

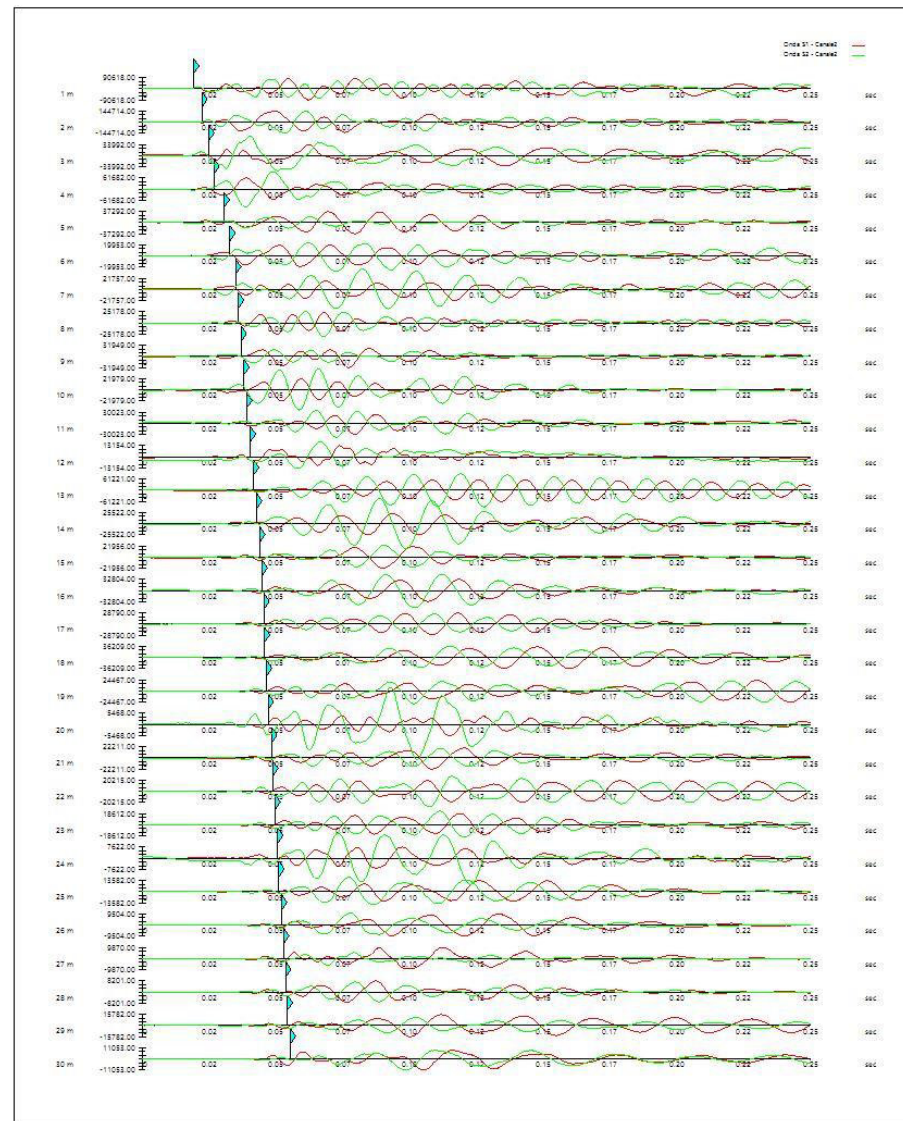
Documentazione fotografica



Foto – Indagine sismica Down-Hole (DH)







- **ALLEGATO GRAFICO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI**

TAV.01 - Ubicazione indagini

TECNA Srl **MORETTI**

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni n. 4542 del 13/04/2012

Sede Legale: Via Bartolomeo di Ser Gorello, 11/a - 52100 - AREZZO

Cell: 3351020000 - Skype : tecna.porta

Cod. fiscale e P. IVA: 01358250510

Numero Verde
800 102000

Uffici e Deposito: Via Achille Grandi, 51 - 52100 - AREZZO

tel. 0575-323501, fax 0575-1979797 - Skype : tecna.ufficio

e-mail: tecna@geognostica.tecna@micropali.com

PEC: tecna@geognostica.it - SDI: KGVVJ2H

ANISIG
Associazione Nazionale
Imprese Specializzate
in Indagini Geotecniche

CQOP SOA
Commissione Qualifica Opere Pubbliche
OS 21 - 1° OS 20-B-2
Attestazione: 65213 / 10 / 00



Legenda



Prova sismica in foro Down-Hole



HVSR



MASW



Scala 1:1.000

Esecutori indagini geofisiche:

Dott. Geol. Cristian Pieroni
Dott. Geol. Francesco Puccetti



CAMPAGNA GEOGNOSTICA 2023
(PFTE BORGO DI CASTELNUOVO DEI SABBIONI)

Committente Comune di Cavriglia			Località Castelnuovo dei Sabbioni - Cavriglia (AR)		Certificato n° / Data 255A del 10/10/2023
Cantiere Castelnuovo dei Sabbioni			Sondaggio n. S1	Inizio / Fine Esecuzione Dal 02/10/2023 al 03/10/2023	Commessa n° / Data 255 del 13/09/2023
Responsabile di sito Dr. Alessio Costantini	Operatore M'Barek e Gozzi	Tipo Carotaggio continuo		Tipo Sonda T44	Diametro perforazione / Diametro rivestimento 101 mm / 127 mm

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Piezometro	P-(1)
1		Terreno di riporto limoso sabbioso con laterizi.	0.50					
		Pezzame calcarenitico,marnoso dell'ordine della ghiaia e del ciottolo con presenza di trovante centimetrico tra 2.80 m - 3.00 m.						
2			3.00					
3		Pezzame calcarenitico fine, marnoso grigiastro grossolano con diametro dalla ghiaia al ciottolo in matrice sabbiosa limosa argillosa brunastra alterata.						
4			6.00					
5								
6		Arenarie e marne calcaree grigio brunastre frammentate grossolanamente di diametro del ciottolo con presenza di trovanti centimetrici.						
7								
8			10.00					
9								
10		Arenarie grigiastre grossolane perlopiù frammentate con diametro dei clasti dell'ordine del ciottolo e presenza di trovanti decimetrici.						
11								
12		Indice RQD 12-13 42%						
13		Indice RQD 13-14 38%						
14		Indice RQD 14-15 30%						
15								
			15.00					

Committente Comune di Cavriglia			Località Castelnuovo dei Sabbioni - Cavriglia (AR)			Certificato n° / Data 255B del 10/10/2023					
Cantiere Castelnuovo dei Sabbioni			Sondaggio n. S2		Inizio / Fine Esecuzione Dal 14/09/2023 al 18/09/2023		Commessa n° / Data 255 del 13/09/2023				
Responsabile di sito Dr. Alessio Costantini		Operatore M'Barek e Costantini		Tipo Carotaggio continuo		Tipo Sonda T44		Diametro perforazione / Diametro rivestimento 101 mm / 127 mm			
Scala (m)	Litologia	Descrizione			Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Piezometro	P-(1)
		Terreno di riporto brunastro limoso sabbioso.			0.60						
1		Sabbie limose argillose di alterazione contenenti pezzame calcarenitico dell'ordine della ghiaia grossolana bruno grigiastro.									
2											
3											
4					4.50						
5		Arenarie frammentate grossolanamente alternate a siltiti argillose sabbiose bruno grigiastre.								# 1	
6											
7					7.00						
8		Arenarie compatte grigiastre con trovanti decimetrici grigio, grigio biancastre con tratti rosso ramati. Presenti locali intercalazioni argillitiche. Suddette intercalazioni tra 9.50 m -10.00 m e tra 10.60 m e 11.00 m.									
9		Indice RQD 8.00-9.00 90% Indice RQD 11.00-12.00 83% indice RQD 12.00-13.00 82% indice RQD 13-14 75% indice RQD 14-15.00 88%									
10										# 2	
11											
12											
13											
14											
15					15.00					# 3	
											A 15.00

Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande

Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua

Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici

Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Carotaggio: continuo

Sonda: T44

Campioni prelevati n° (data prelievo) nessuno

Responsabile di sito
Dr. Alessio Costantini

Direttore laboratorio
Dr. Moretti Giuliano

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni n. 4542 del 13/04/2012

Committente Comune di Cavriglia			Località Castelnuovo dei Sabbioni - Cavriglia (AR)		Certificato n° / Data 255C del 10/10/2023
Cantiere Castelnuovo dei Sabbioni			Sondaggio n. DH3	Inizio / Fine Esecuzione Dal 27/09/2023 al 02/10/2023	Commessa n° / Data 255 del 13/09/2023
Responsabile di sito Dr. Alessio Costantini	Operatore M'Barek e Ciocca	Tipo Carotaggio continuo		Tipo Sonda T44	Diametro perforazione / Diametro rivestimento 101 mm / 127 mm

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Tubo Down Hole	I-(1)
1		Terreno riporto di sottofondo stradale.	0.50					
2		Sabbie limose da addensate a cementate di alterazione con presenza di pezzame arenaceo dell'ordine della ghiaia grossolana e del ciottolo.						
3			4.00					
4		Sabbie limose alterate addensate contenenti pezzame calcarenitico centimetrico brunastro.	5.00					
5		Arenarie alterate grigiastre ramate a tratti fissili facilmente frantumabili.				# 1		
6			6.80					
7		Sabbie addensate a cementate di alterazione con pezzame lapideo calcarenitico centimetrico bruno grigiastro.						
8								
9								
10						# 2		
11								
12								
13								
14						# 3		
15			16.40					
16		Siltiti marnose grigio verdastre compatte.						
17			18.50					
18		Arenarie alterate con trovanti decimetrici grigio verdastre a tratti fissili frantumabili.	20.00					
19			20.00	(CS)		# 4		
20		Arenarie frammentate alterate grigio bruno avana ramate con intercalazioni siltitiche e marnose calcaree frammentate. Trovante decimetrico tra 24.00 m - 24.40 m.		20.00				
21								
22		Indice RQD tra 23.00 e 24.00 27%						
23		Indice RQD tra 24.00 e 25.00 50%						
24			25.00			# 5		
25		Arenarie compatte grigiastre a tratti bruno giallastre con locali intercalazioni di marne calcaree frammentate.						
26								
27		Indice RQD 25.00-26.00 30%						
28		Indice RQD 26.00-27.00 75%						
29		Indice RQD 27.00-28.00 65%						
30		Indice RQD 28-29.00 60%						
31		Indice RQD 29.0-30.00 65%	30.00			# 6		
32		Arenarie frammentate grigiastre di diametro del ciottolo con presenza di trovanti centimetrici.						
			32.00	(CD)		# 7		
		Indice RQD 30.00-31.00 49%						
		Indice RQD 31.00-32.00 47%						
								A
								32.00

Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande

Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua

Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici

Carotaggio: continuo

Sonda: T44

Responsabile di sito
Dr. Alessio Costantini

Direttore laboratorio
Dr. Moretti Giuliano

Campioni prelevati n° (data prelievo)

nessuno

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni n. 4542 del 13/04/2012

Committente Comune di Cavriglia			Località Castelnuovo dei Sabbioni - Cavriglia (AR)		Certificato n° / Data 255D del 10/10/2023
Cantiere Castelnuovo dei Sabbioni			Sondaggio n. DH4	Inizio / Fine Esecuzione Dal 18/09/2023 al 25/09/2023	Commessa n° / Data 255 del 13/09/2023
Responsabile di sito Dr. Alessio Costantini	Operatore M'Barek e D'Andrea	Tipo Carotaggio continuo		Tipo Sonda T44	Diametro perforazione / Diametro rivestimento 101 mm / 127 mm

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Tubo Down Hole	I-(1)							
1		Coltre di riporto costituita limi sabbiosi argillosi con ghiaie eterogenee e laterizi.	1.00	15-18-40 2.00 PC	1.60 2.00												
		Siltiti argillose bruno grigiastre.	1.60														
		Campione.	2.00														
2		Siltiti argillose bruno grigiastre contenenti pezzame centimetrico calcarenitico grigio.	3.50														
3		Arenarie fini, marne calcaree grigiastre frammentate dell'ordine della ghiaia grossolana.	7.00					# 1									
4																	
5																	
6																	
7		Siltiti argillose grigio avana intercalate ad abbondanti Arenarie, marne calcaree grigiastre frammentate.	8.50					# 2									
8		Arenarie fini e marne grigio biancastre con tratti ramati frammentate grossolanamente in pezzame lapideo perlopiù del diametro del ciottolo. Presenti localmente tratti di matrice siltitica.	15.00														
9																	
10																	
11																	
12		Alternanze di arenarie e marne calcaree grigiastre frammentate grossolanamente pulite a tratti immersi in matrice siltitica grigio avana. Tratti argillitici tra 15.30 m e 16.00 m, tra 17.20 m e 18.00 m, tra 18.50 m e 19.00 m, tra 19.50 m e 19.80 m.	20.00					# 3									
13																	
14																	
15																	
16		Arenarie grossolane perlopiù frammentate del diametro del ciottolo con presenza di tratti compatti e di trovanti centimetrici di colorazione dal grigio, grigio scuro avana.	25.00					# 4									
17																	
18																	
19																	
20		Indice RQD 20-21.00 55% Indice RQD 21-22.00 33% Indice RQD 23.00-24.00 60% indice RQD 24.00-25.00 34%	30.00					# 5									
21																	
22																	
23																	
24		Arenarie grossolane compatte contenenti tratti frammentati con trovanti decimetrici di colorazione dal grigio scuro, verdastro al grigio chiaro avana. Presenti vene di calcite.	32.00					# 6									
25																	
26																	
27																	
28		Indice RQD 25.00-26.00 92% Indice RQD 26.00-27.00 32% Indice RQD 27.00-28.00 62% Indice RQD 28.00-29.00 36% Indice RQD 29.00-30.00 40%						# 7									
29																	
30																	
31																	
32																	

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT

Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande

Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua

Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici

Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Carotaggio: continuo

Sonda: T44

Campioni prelevati n° (data prelievo)

01 (18/09/23)

Responsabile di sito
Dr. Alessio Costantini

Direttore laboratorio
Dr. Moretti Giuliano

A
32.00

Committente Comune di Cavriglia			Località Castelnuovo dei Sabbioni - Cavriglia (AR)		Certificato n° / Data 255E del 10/10/2023
Cantiere Castelnuovo dei Sabbioni			Sondaggio n. S5	Inizio / Fine Esecuzione Dal 25/09/2023 al 27/09/2023	Commessa n° / Data 255 del 13/09/2023
Responsabile di sito Dr. Alessio Costantini	Operatore M'Barek e Ciocca	Tipo Carotaggio continuo	Tipo Sonda T44	Diametro perforazione / Diametro rivestimento 101 mm / 127 mm	

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Piezometro	P-(1)
		Terreno di riporto.	0.20							
		Limo con sabbia argilloso bruno mediamente consolidato.	1.10							
1		Sabbia limosa di alterazione bruna contenente ghiaie sub angolari costituite da sabbie cementate.	1.70							
2		Sabbia limosa addensata di alterazione bruna contenente concrezioni di sabbia cementata dell'ordine della ghiaia. (3.30 m - 3.80 m prelievo campione rimaneggiato).		16-35-50 2.00 PC						
3			3.80							
4		Siltiti argillose sabbiose grigio brunastre consolidate.								
5		Sabbie limose di alterazione da addensate a cementate grigiastre.	5.00	28-Rif. 4.80 PC				# 1		
6										
7		Siltiti argillose con pezzame lapideo composto da arenarie e marne calcaree alterate grigiastre (trovanti arenacei centimetrici tra 9.70 m e 10.00 m).	7.20							
8										
9										
10			10.60					(RM) # 2		
11		Arenarie medio grossolane grigiastre frammentate dell'ordine della ghiaia grossolana e del ciottolo alternate a livelli a matrice siltitica tra 12.00 m e 12.30 m, 14.00 m - 15.00 m.								
12										
13										
14										
15			15.00					(CS) 15.00 # 3		
										A 15.00

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT

Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande

Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua

Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici

Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Carotaggio: continuo

Sonda: T44

Campioni prelevati n° (data prelievo)

01 (25/09/23)


Responsabile di sito
Dr. Alessio Costantini


Direttore laboratorio
Dr. Moretti Giuliano

Tecna S.r.l.
per Comune di Caviglia

Località Castelnuovo dei Sabbioni
Caviglia (AR)

RISULTATI PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

VERBALE DI ACCETTAZIONE:	1698	DATA VERBALE :	13/10/23	IL DIRETTORE DEL LABORATORIO DOTT. RICCARDO RAMPI 
COMMESSA:	1490	DATA EMISSIONE CERTIFICATI:	08/11/23	
CNG S.r.l. Sede Legale e Uffici Tecnici: Via Atlante, 101 - 00133 - Roma Tel 06 2018088 - WEB: www.congeo.it - E-mail: cng@congeo.it - PEC: cngsrl@pec.it C. F. e P. I.V.A. 11215291003 - R.E.A. n. 1287827 - c.s. 10.000,00 € i.v. Azienda con Sistema Qualità Certificato N° IT239744				

 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	Tecna S.r.l. per Comune di Cavriglia		Data: 08/11/2023
	Località Castelnuovo dei Sabbioni		N° Commessa 1490
	Cavriglia (AR)		N° Verbale 1698

QUADRO SINOTTICO DEI RISULTATI

DETERMINAZIONE		SONDAGGIO	S4DH	S5PZ								
		CAMPIONE	1	1								
		da m	1,60	3,30								
		a m	2,00	3,80								
		N° laborat.	6636	6637								
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	W_n	(%)	14,3	11,1								
INDICE DEI VUOTI	e	(-)	0,64	0,43								
POROSITA'	n	(%)	39,2	29,8								
GRADO DI SATURAZIONE	S_r	(%)	59,8	69,3								
PESO DI VOLUME NATURALE	γ_n	(kN/m ³)	18,35	20,31								
PESO DI VOLUME SECCO	γ_d	(kN/m ³)	16,05	18,28								
PESO DI VOLUME SATURO	γ_{sat}	(kN/m ³)	19,90	21,21								
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	γ_s	(kN/m ³)	26,39	26,05								
FRAZIONE GHIAIOSA	G	(%)	15,9	12,8								
FRAZIONE SABBIOSA	S	(%)	17,2	51,6								
FRAZIONE LIMOSA	L	(%)	42,5	19,2								
FRAZIONE ARGILLOSA	A	(%)	24,3	16,3								
LIMITE DI LIQUIDITA'	W_L	(%)	42,5	30,2								
LIMITE DI PLASTICITA'	W_P	(%)	18,4	16,5								
INDICE DI PLASTICITA'	IP	(%)	24,1	13,7								
INDICE DI CONSISTENZA	IC	(-)	1,2	1,4								
LIMITE DI RITIRO	W_s	(%)										
CLASSIFICAZIONE U.S.C.S. (S.I.)	U.S.C.S	(-)	CL	SC								
CLASSIFICAZIONE AASHTO	AASHTO	(-)	A-7-6	A-6								
VANE TEST (MEDIA DI PIU' VALORI)		(kPa)	/	/								
POCKET PENETROMETER (MEDIA O RANGE DI PIU' VALORI)		(kPa)	/	/								
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA	σ	(kPa)										
	ε	(%)										
PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO CD*	c'	(kPa)	11	21								
	φ'	(°)	28	32								
PROVA DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO	c_r	(kPa)										
	φ_r	(°)										
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE UU	c_u	(kPa)										
	φ_u	(°)										
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CIU	c	(kPa)										
	φ	(°)										
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CID	c'	(kPa)										
	φ'	(°)										
MODULO DI COMPRESSIBILITA' EDOMETRICA	E (kPa)	12.3/25(kPa)										
		25/49(kPa)										
		49/98(kPa)		10152								
		98/196(kPa)	7688	15695								
		196/392(kPa)	8918	11483								
		392/785(kPa)	12614	19137								
		785/1569(kPa)	24194	36046								
		1569/3138(kPa)	45312	67419								
COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE	C_v cm²/sec	12.3/25(kPa)										
		25/49(kPa)										
		49/98(kPa)										
		98/196(kPa)										
		196/392(kPa)	1,04E-03	1,90E-03								
		392/785(kPa)	8,34E-04	1,42E-03								
		785/1569(kPa)	5,16E-04	1,57E-03								
		1569/3138(kPa)	4,56E-04	1,33E-03								
PROVA DI COLONNA RISONANTE	RC	/										
PROVA DI TAGLIO TORSIONALE CICLICO	TTC	/										
PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO IN CELLA EDOMETRICA	RG	(kPa)										
PROVA PROCTOR	PR	γ _d (kN/m ³)										
		w (%)										
PROVA CBR	CBR	(a 2,5 mm)										
DEFORM. DI RIGONFIAMENTO INDICE ISS	DEF.RIG.	(%)										
PROVA DI PERMEABILITA' IN CELLA EDOMETRICA	K	(m/sec)										

* NEL TD I VALORI DI C' E φ' SONO IL RISULTATO DI UNA RETTA DI INVILUPPO CHE PASSA PER I TRE PUNTI COME LINEA DI INTERPOLAZIONE, SENZA ALCUNA INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

**FOGLIO RIEPILOGATIVO DELLE CARATTERISTICHE
CHIMICO-FISICO-MECCANICHE DEL CAMPIONE**

CARATTERISTICHE CHIMICHE

FRAZIONE CARBONIO ORG. MEDIA (%)		REAZIONE DEL SUOLO (PH)		TENORE CARBONATI
SOSTANZA ORGANICA S.O.		TENORE SOLFATI		

CARATTERISTICHE FISICHE

UMIDITA' NATURALE	W_n	14,3	(%)	PESO DI VOLUME NATURALE	γ_n	18,35	(kN/m ³)
INDICE DEI VUOTI	e	0,64	(-)	PESO DI VOLUME SECCO	γ_d	16,05	(kN/m ³)
POROSITA'	n	39,2	(%)	PESO DI VOLUME SATURO	γ_{sat}	19,90	(kN/m ³)
GRADO DI SATURAZ.	S_r	59,8	(%)	PESO SPECIFICO DEI GRANULI	γ_s	26,39	(kN/m ³)

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE (SECONDO UDDEN - WENTWORTH)

LIMO ARGILLOSO SABBIOSO GHIAIOSO			PASSANTE AL SETACCIO 200 (%) 68,8		
GHIAIA (%): 15,9 64 - 2 mm	SABBIA (%): 17,2 2 - 0,0625 mm	LIMO (%): 42,5 0,0625 - 0,0039 mm	ARGILLA (%): 24,3 < 0,0039 mm	U.S.C.S. CL	AASHTO A-7-6

CARATTERISTICHE DI PLASTICITA' E PERMEABILITA'

CLASSIFICAZIONE SECONDO ABACO DI PLASTICITA'				CL	CONSISTENZA DEL MATERIALE SECONDO IC		Semisolida/Solida
LIMITE DI LIQUIDITA'	W_L	42,5	(%)	LIMITE DI RITIRO	W_s		(%)
LIMITE DI PLASTICITA'	W_p	18,4	(%)	INDICE DI CONSISTENZA	IC	1,17	(-)
INDICE DI PLASTICITA'	IP	24,1	(%)	ATTIVITA' (IP / % < 0,002mm)	Ac	1,2	(-)
PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO				(kPa)	PERMEABILITA'	k	(m/sec)
CURVA DI RIGONFIAMENTO HUDER-AMBERG				INDICE DI DEF. DI RIGONF. ISS (%) DEFORM. INTERSEZIONE (mm)			

CARATTERISTICHE MECCANICHE

VAN TEST / C_u (kPa)		POCKET PENETROMETER / σ_f (kPa)	
ESPANSIONE LATERALE LIBERA		σ_f (kPa)	ε (%)
PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.		VALORI DI PICCO	
		C'_u 11 (kPa)	C_r (kPa)
		ϕ'_u 28 (°)	ϕ_r (°)
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE	CID	CIU	UU
	C'_u (kPa)	C_u (kPa)	C_u (kPa)
	ϕ'_u (°)	ϕ_u (°)	ϕ_u (°)

CARATTERISTICHE EDOMETRICHE

DA σ'	A σ'	E_{ed}	m_v	c_v	k
(kPa)		(kPa)	(kPa ⁻¹)	(cm ² /sec)	(cm/sec)
98	196	7688	1,30E-04		
196	392	8918	1,12E-04	1,04E-03	1,17E-08
392	785	12614	7,93E-05	8,34E-04	6,61E-09
785	1569	24194	4,13E-05	5,16E-04	2,13E-09
1569	3138	45312	2,21E-05	4,56E-04	1,01E-09

INDICE CBR (2,5) (%) =	CARATTERISTICHE OTTIMALI PROCTOR	P.VOLUME SEC. γ_d (kN/m ³)
INDICE CBR (5,0) (%) =		UMIDITA' W (%)

 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	Tecna S.r.l. per Comune di Caviglia Località Castelnuovo dei Sabbioni Caviglia (AR)		SOND.: S4DH CAMP.: 1	PAGINA: 2 PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
	N° VERBALE 1698 N° COMMESSA 1490		da m: 1,60 a m: 2,00 ID. INTERNO: 6636	
	DATA RICEVIMENTO CAMPIONE 13/10/23 DATA APERTURA CAMPIONE 18/10/23		DATA EMISSIONE CERTIFICATO 08/11/23	

SCHEDA CAMPIONE

CARATTERISTICHE DI CAMPIONAMENTO

TIPO DI PERFORAZIONE	ASTE E CAROTIERE	TIPO DI CAMPIONATORE (SE NOTO)	/
TIPO DI CONTENITORE	PVC	LUNGHEZZA CONTENITORE (cm)	
LUNGHEZZA REALE CAMPIONE (cm)	40	DIAMETRO CAMPIONE (mm)	/

DESCRIZIONE ED ANALISI PRELIMINARI

BASSO

ALTO

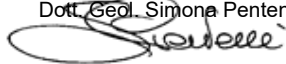
POCKET(kPa)	V.TEST(kPa)	CAMPIONE	UBICAZIONE PROVE		
/	/				
/	/		←	TD	
/	/		←	ED	
/	/				
/	/	Basso			
NOTE:					CLASSIFICAZIONE GRANULOMETRICA LIMO ARGILLOSO SABBIOSO GHIAIOSO
STATO DICHIARATO DEL CAMPIONE:			RIMANEGGIATO	CLASSE DI QUALITA' (BS 5930:1981):	2
DESCRIZIONE					
Limo argilloso-sabbioso-ghiaioso di colore marrone chiaro grigiastro, fragile, a zone scaglioso, ma plastico alla manipolazione.					

DETERMINAZIONI ESEGUITE

PROVE ESEGUITE		DATA INIZIO	DATA FINE	PROVE ESEGUITE	DATA INIZIO	DATA FINE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	X	18/10/23	26/10/23	PROVA TRIASSIALE TIPO CID		
PESODIVOLUMENATURALE	X	18/10/23	25/10/23	PROVA DI COSTIPAMENTO PROCTOR		
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	X	26/10/23	27/10/23	PROVA C.B.R.		
ANALISI GRANULOMETRICA	X	24/10/23	28/10/23	PROVA DI PERMEABILITA' IN EDOMETRO A CARICO VARIABILE		
LIMITI DI ATTERBERG	X	06/11/23	07/11/23	PROVA DI PERMEABILITA' IN CELLA TRIASSIALE		
PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.	X	23/10/23	27/10/23	PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO		
PROVA DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO				DETERMINAZIONE PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO		
PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA	X	18/10/23	29/10/23	PROVA DI RIGONFIAMENTO METODO HUDER-AMBERG		
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA				DETERMINAZIONE DEFORMAZIONE DI RIGONFIAMENTO		
PROVA TRIASSIALE TIPO UU				DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI CARBONATI		
PROVA TRIASSIALE TIPO CIU				DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI SOSTANZE ORGANICHE		
PROVA DI COLONNA RISONANTE (RC)				PROVA DI TAGLIO TORSIONALE CICLICO (TTC)		


NOTE

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi



 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	Tecna S.r.l.		SOND.: S4DH	PAGINA: 3 PAGINA CERTIFICATO 1 di 1 N° CERTIFICATO 28205 wn
	per Comune di Caviglia		CAMP.: 1	
	Località Castelnuovo dei Sabbioni		da m: 1,60	
	Caviglia (AR)		a m: 2,00	
N° VERBALE 1698		N° COMMESSA 1490	ID. INTERNO 6636	
DATA RICEVIMENTO CAMP. 13/10/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 08/11/23	DATA INIZIO PROVA 18/10/23	DATA FINE PROVA 26/10/23	

CONTENUTO D'ACQUA NATURALE Wn
ASTM D 2216

Classe di qualità (BS 5930:1981):	2	LIMO ARGILLOSO SABBIOSO GHIAIOSO
--	---	----------------------------------

PROVA DI RIFERIMENTO	W ₁	W ₂	ED	Trx CID	Trx CID	Trx CID	TD	TD	TD	Perm Trx
PESO CAPS. (g)	29,41	29,99	29,05				29,75	28,71	29,95	
P.UMIDO+CAPS. (g)	73,13	85,26	72,28				70,17	69,06	70,13	
P.SECCO+CAPS. (g)	68,3	78,88	65,94				64,39	64,8	64,97	
Wn %	12,4	13,0	17,2				16,7	11,8	14,7	

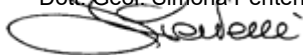
PROVA DI RIFERIMENTO	ELL	ELL	ELL	UU	UU	UU	PR. RIG.	HUDER-A.	RC	TTC
PESO CAPS. (g)										
P.UMIDO+CAPS. (g)										
P.SECCO+CAPS. (g)										
Wn %										

MEDIA VALORI Wn	14,4	MEDIA VALORI Wn	/	MEDIA VALORI Wn	/	Wn % MEDIO TOTALE
TRATTO PROVA TD	(%)	TRATTO PROVA Trx CID		TRATTO PROVA ELL		14,3 (%)

NOTE

I contenuti d'acqua naturale W₁ e W₂ si riferiscono all'apertura del campione.

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi



 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	Tecna S.r.l.			SOND.: S4DH	PAGINA: 4
	per Comune di Cavriglia			CAMP.: 1	PAGINA CERTIFICATO
	Località Castelnuovo dei Sabbioni			da m: 1,60	1 di 1
	Cavriglia (AR)			a m: 2,00	N° CERTIFICATO
	N° VERBALE 1698	N° COMMESSA 1490	ID. INTERNO 6636		28206 pv
DATA RICEVIMENTO CAMP.	13/10/23	DATA EMISSIONE CERTIF.	08/11/23	DATA INIZIO PROVA	18/10/23
				DATA FINE PROVA	25/10/23

PESO DI VOLUME NATURALE
ASTM D 2937

Classe di qualità (BS 5930:1981):	2	LIMO ARGILLOSO SABBIOSO GHIAIOSO
--	---	----------------------------------

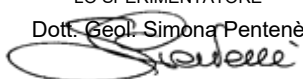
PROVA DI RIFERIMENTO	γ_{n1}	γ_{n2}	ED	Trx CID	Trx CID	Trx CID	TD	TD	TD	Perm Trx
VOL. FUST. (cm ³)			39,47				72,00	72,00	72,00	
P. FUST. (g)			60,36				61,35	61,35	61,35	
PESO TOTALE (g)			134,45				196,07	195,72	196,06	
γ_n (kN/m ³)			18,41				18,35	18,30	18,35	

PROVA DI RIFERIMENTO	UU	UU	UU	ELL	ELL	ELL	PR. RIG.	HUDER-A.	RC	TTC
VOL. FUST. (cm ³)										
P. FUST. (g)										
PESO TOTALE (g)										
γ_n (kN/m ³)										


MEDIA VALORI γ_n	18,33	MEDIA VALORI γ_n	/	MEDIA VALORI γ_n	/	γ_n MEDIO TOTALE
TRATTO PROVA TD	(kN/m ³)	TRATTO PROVA Trx CID		TRATTO PROVA ELL		18,35 (kN/m³)

NOTE

--

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè


IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi


 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	Tecna S.r.l. per Comune di Cavriglia Località Castelnuovo dei Sabbioni Cavriglia (AR)		SOND.: S4DH CAMP.: 1 da m: 1,60 a m: 2,00	PAGINA: 6 PAGINA CERTIFICATO 1 di 1 N° CERTIFICATO 28208 GR
	N° VERBALE	1698	N° COMMESSA	1490
	ID. INTERNO	6636		
RICEV. CAMP.	13/10/23	DATA EMISSIONE CERTIF.	08/11/23	DATA INIZIO PROVA
			24/10/23	DATA FINE PROVA
				28/10/23

ANALISI GRANULOMETRICA

ASTM D 422

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE (SECONDO UDDEN - WENTWORTH)

CIOTTOLI %	0,0	GHIAIA %	15,9	SABBIA %	17,2	LIMO %	42,5	ARGILLA %	24,3	IND.GRUPPO	13	
D ₁₀ (mm)	/	D ₃₀ (mm)	0,007	D ₅₀ (mm)	0,031	D ₆₀ (mm)	0,045	COEFF.DI UNIFORMITA'		/		
D ₇₅ (mm)	0,319	D ₈₄ (mm)	1,978	D ₉₀ (mm)	4,917	D _{MAX} (mm)	19,000	COEFF.DI CURVATURA		/		
PASSANTE AL SETACCIO 200 (%)					68,8	PERCENT. ARGILLA < 0,002 mm					20,5	
CLASSIFICAZIONE SECONDO CLASSI DI UDDEN-WENTWORTH:						LIMO ARGILLOSO SABBIOSO GHIAIOSO						
CLASSE DI QUALITA' (BS 5930:1981)				2	RIM.	CLASSIFICAZIONE SECONDO CLASSI A.G.I.: Ghiaia = 15,9% Sabbia = 17,2% Limo = 46,4% Argilla = 20,5%						
CLASSIFICAZIONE AASHTO				A-7-6								
CLASSIFICAZIONE U.S.C.S.				CL								

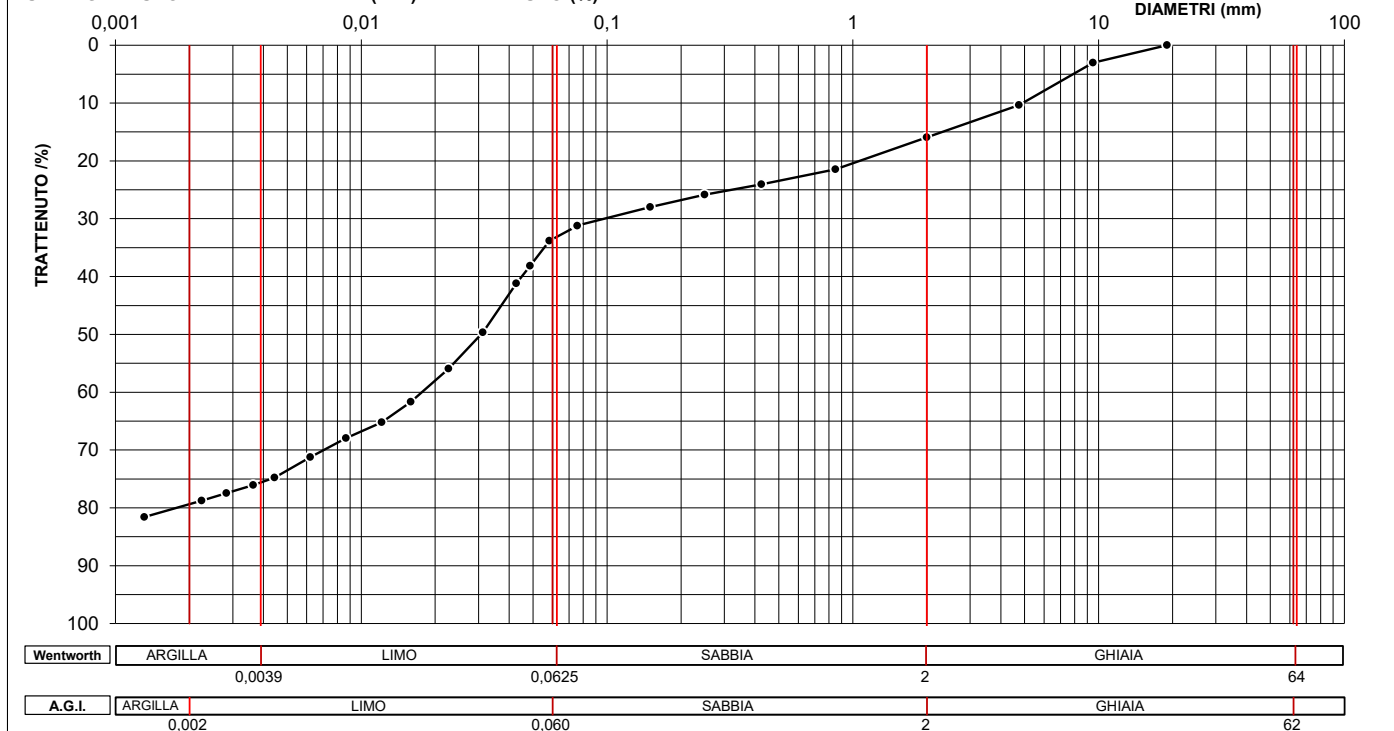
VAGLIATURA

Setacci	Diametri (mm)	Trattenuto (%)
12"	304,8000	0,00
6"	152,4000	0,00
3"	76,2000	0,00
2"	50,8000	0,00
1,5"	38,1000	0,00
1"	25,0000	0,00
3/4"	19,0000	0,00
3/8"	9,5000	3,01
4	4,7500	10,37
10	2,0000	15,93
20	0,8500	21,47
40	0,4250	24,03
60	0,2500	25,82
100	0,1500	27,96
200	0,0750	31,24

SEDIMENTAZIONE

Diametri (mm)	Trattenuto (%)
0,0757	31,20
0,0584	33,80
0,0487	38,17
0,0427	41,17
0,0313	49,64
0,0227	55,92
0,0159	61,65
0,0121	65,20
0,0087	67,93
0,0062	71,25
0,0044	74,76
0,0036	76,08
0,0028	77,45
0,0022	78,77
0,0013	81,58

CURVA GRANULOMETRICA DIAMETRI (mm) - TRATTENUTO (%)




LO SPERIMENTATORE

Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Riccardo Rampi

 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	Tecna S.r.l. per Comune di Caviglia		SOND.: S4DH CAMP.: 1	PAGINA: 7 PAGINA ALLEGATO 1 di 2
	Località Castelnuovo dei Sabbioni Caviglia (AR)		da m: 1,60 a m: 2,00	
	DATA INIZIO PROVA	24/10/23	DATA FINE PROVA	28/10/23

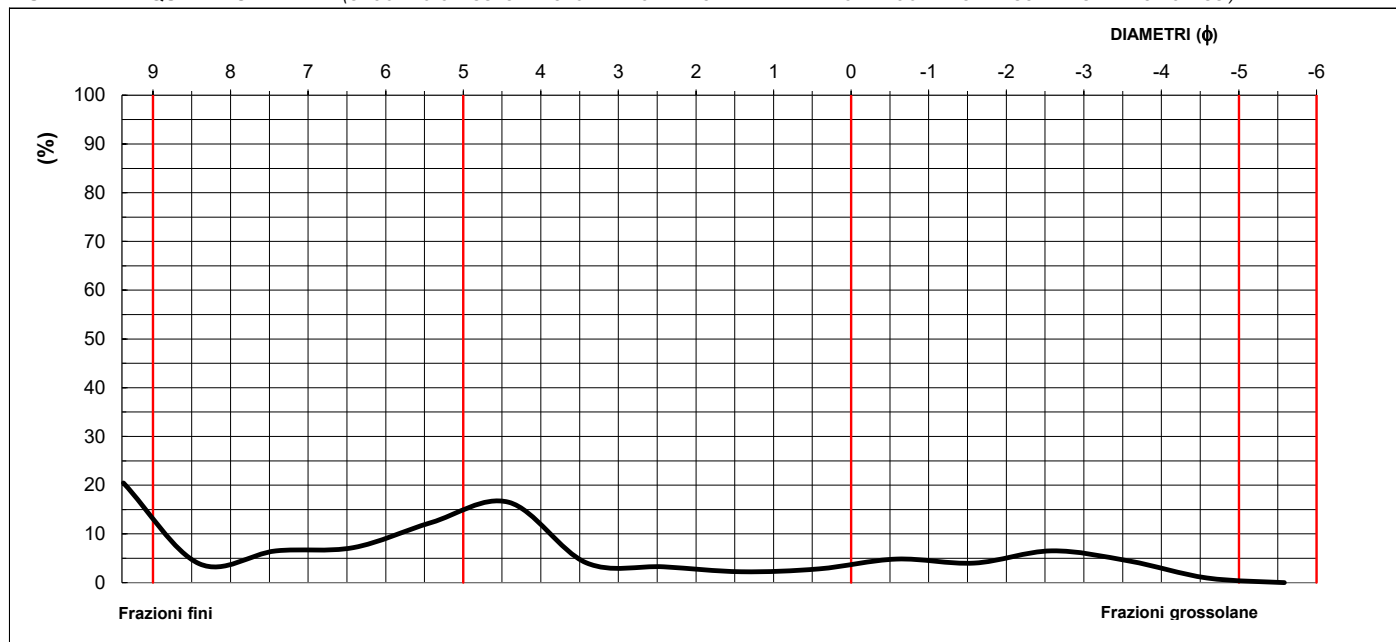
ANALISI GRANULOMETRICA

ASTM D 422

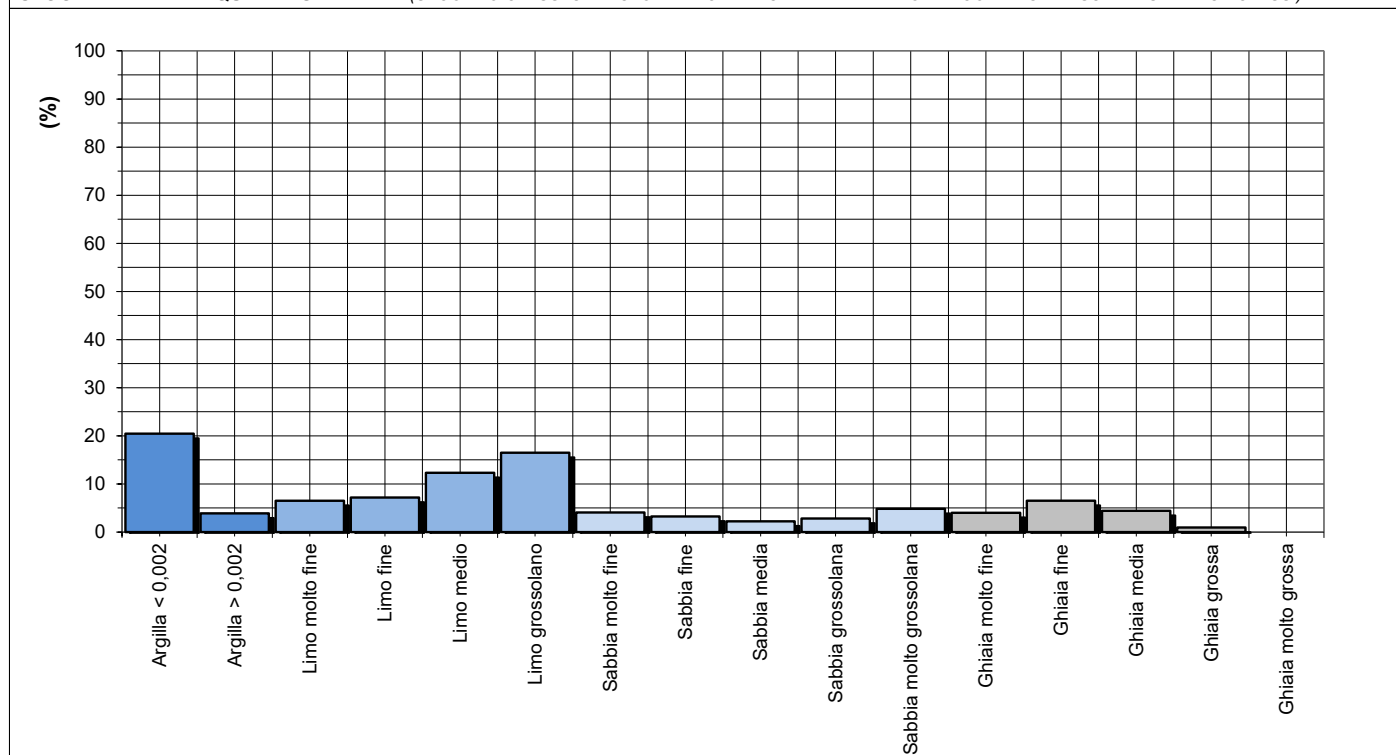
PARAMETRI STATISTICI (SECONDO FOLK & WARD)

INDICE DI APPIATTIMENTO	K_G	/	/	Mean Size	/
SIMMETRIA	Sk_1	/	/	Median (ϕ)	5,0
CLASSAZIONE	σ_1	/	/	Classi modali (ϕ)	
LA CURVA NON INTERCETTA ALCUNI PERCENTILI NECESSARI PER IL CALCOLO DEI PARAMETRI STATISTICI				9,4	4,4

CURVA DI FREQUENZA SEMPLICE (SECONDO CLASSI GRANULOMETRICHE DI UDDEN - WENTWORTH CON ARGILLA SUDDIVISA IN DUE CLASSI)



ISTOGRAMMA DI FREQUENZA SEMPLICE (SECONDO CLASSI GRANULOMETRICHE DI UDDEN - WENTWORTH CON ARGILLA SUDDIVISA IN DUE CLASSI)





CNG S.r.l.
LABORATORIO
GEOTECNICO
Via Atlante, 101 - 00133 Roma
Tel 062018088 cng@congeo.it

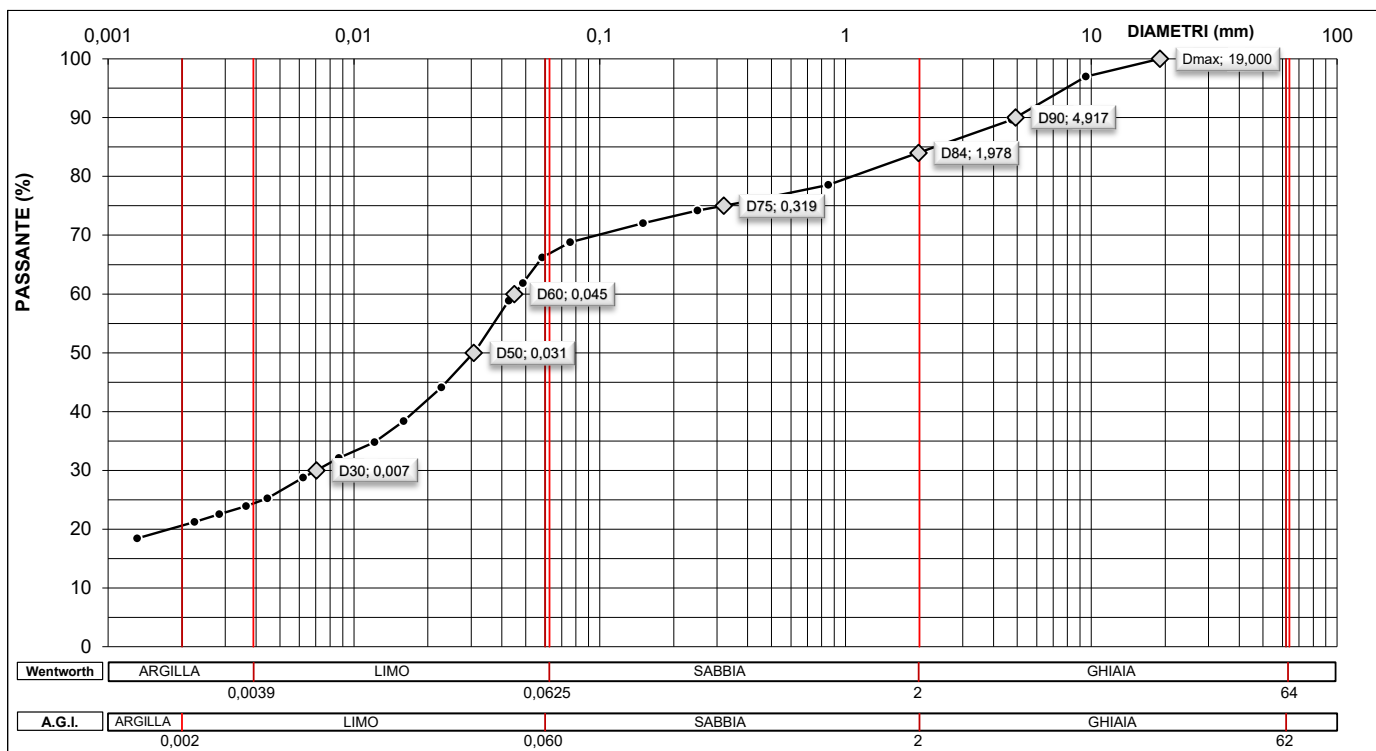
Tecna S.r.l.
per Comune di Caviglia
Località Castelnuovo dei Sabbioni
Caviglia (AR)

SOND.: S4DH
CAMP.: 1
da m: 1,60
a m: 2,00

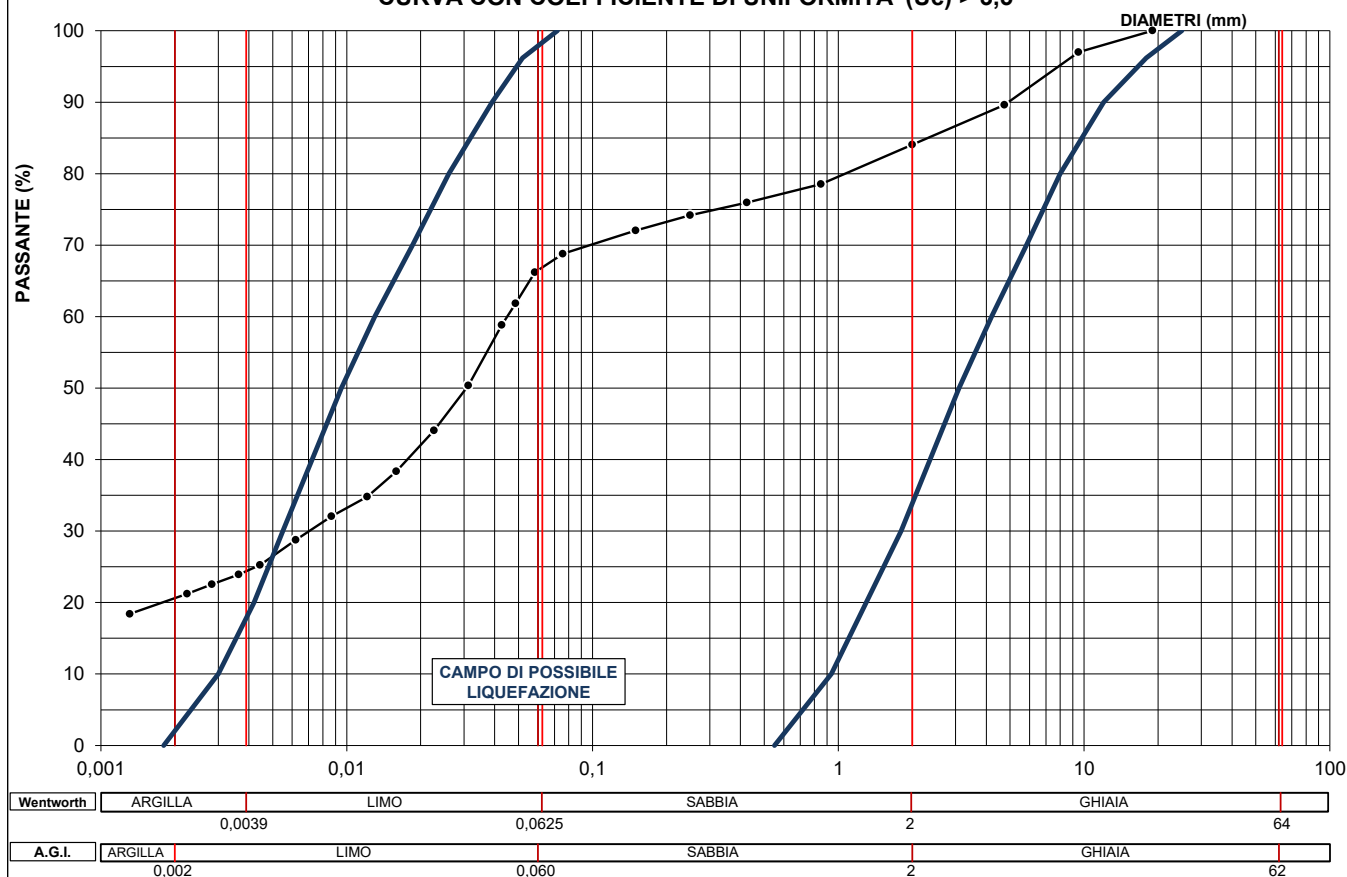
PAGINA: 8

PAGINA ALLEGATO
2 di 2


ANALISI GRANULOMETRICA ASTM D 422
D PERCENTILI (DIAGRAMMA DIAMETRI (mm) - PASSANTE (%))



VERIFICA GRANULOMETRICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE
CURVA CON COEFFICIENTE DI UNIFORMITA' (U_c) > 3,5



IL VALORE DI $>3,5$ E' STATO STIMATO INTERPOLANDO LA CURVA GRANULOMETRICA CHE NON CONSENTIVA DI INTERCETTARE IL D10

 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	Tecna S.r.l. per Comune di Cavriglia Località Castelnuovo dei Sabbioni Cavriglia (AR)		SOND.: S4DH CAMP.: 1	PAGINA: 9 PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
	N° VERBALE	1698	N° COMMESSA	1490
	ID. INTERNO	6636	N° CERTIFICATO 28209 LM	
RICEV. CAMP.	13/10/23	DATA EMISSIONE CERTIF.	08/11/23	DATA INIZIO PROVA
			06/11/23	DATA FINE PROVA
				07/11/23

CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA

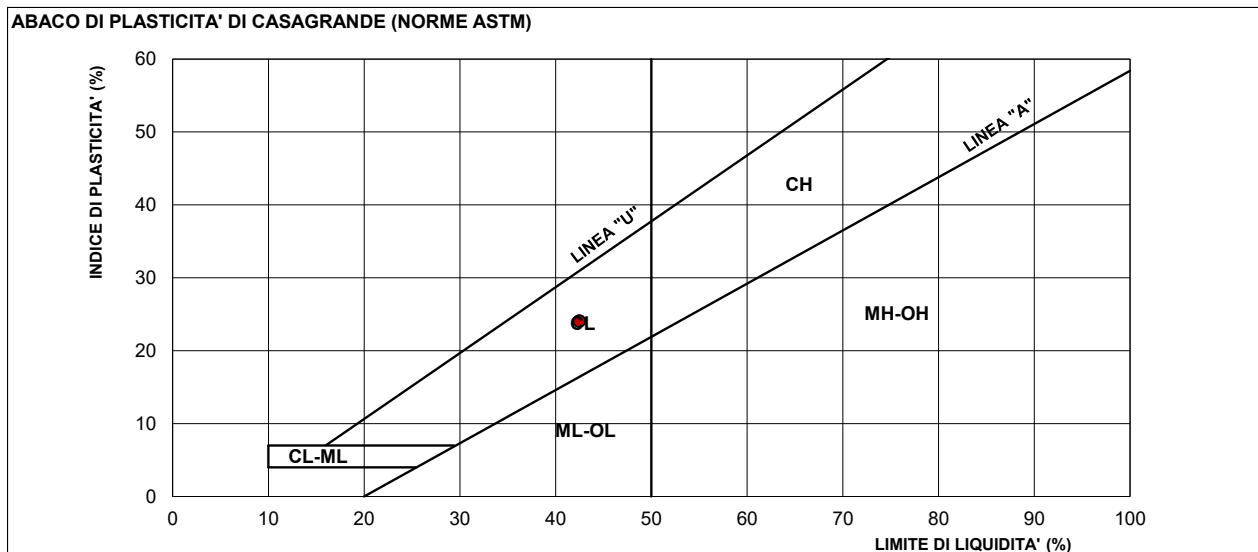
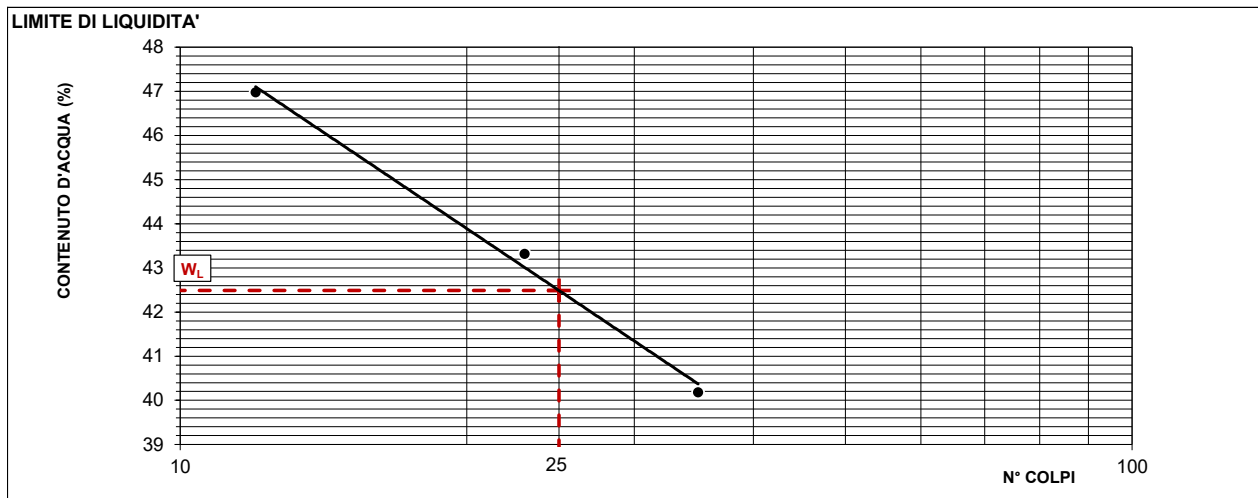
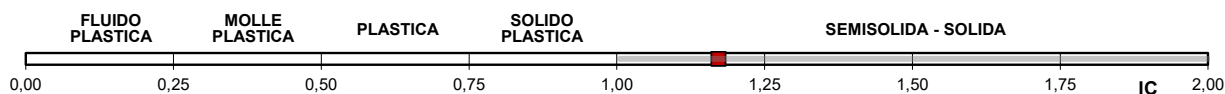
ASTM D 4318

Classe di qualità (BS 5930:1981):	2	LIMO ARGILLOSO SABBIOSO GHIAIOSO
-----------------------------------	---	----------------------------------

DATI SPERIMENTALI E RISULTATI

DETERMINAZIONE	1 W _L	2 W _L	3 W _L	4 W _L	1 W _P	2 W _P
UMIDITA'	46,98	43,32	40,19		18,26	18,60
N° COLPI	12	23	35		Media	18,43


LIMITE DI LIQUIDITA' (W _L)	42,5	(%)	CONTENUTO NAT. D'ACQUA (W _n)	14,3	(%)
LIMITE DI PLASTICITA' (W _P)	18,4	(%)	INDICE DI CONSISTENZA (IC)	1,17	(-)
LIMITE DI RITIRO (W _S)		(%)	ATTIVITA' (IP / % < 0,002mm)	1,2	(-)
INDICE DI PLASTICITA' (IP)	24,1	(%)	CONSISTENZA SECONDO IC	Semisolida/Solida	
CLASSIFICAZIONE AASHTO	A-7-6		CLASSIF. ABACO DI PLASTICITA'	CL	



NOTE

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

 <div>CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it</div>	Tecna S.r.l. per Comune di Cavriglia			SOND.: S4DH	PAGINA: 10
	Località Castelnuovo dei Sabbioni Cavriglia (AR)			CAMP.: 1	
	N° VERBALE 1698		N° COMMESSA 1490	ID. INTERNO 6636	N° CERTIFICATO 28210 TD
	DATA RICEVIMENTO CAMP. 13/10/23		DATA EMISSIONE CERTIF. 08/11/23	DATA INIZIO PROVA 23/10/23	DATA FINE PROVA 27/10/23

PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D. ASTM D 3080

CONDIZIONI INIZIALI E DATI RELATIVI ALLA CONSOLIDAZIONE						FINE CONSOLIDAZIONE E TAGLIO					
PROVINO N°	LATO L (mm)	ALTEZZA H (mm)	INIZIO CONS. VOL. (cm³)	UMIDITA' NAT. Wn (%)	PESO DI VOL. γ _n (kN/m³)	CONSOLIDAZIONE 24 h		FINE CONSOL.	UMIDITA' FIN.	VALORI DI SFORZO MAX.	
						σ' (kPa)	CEDIM. (mm)	VOL. (cm³)	Wf (%)	τ (kPa)	δ _t (mm)
1	60,00	20,00	72,00	16,7	18,35	49	0,518	71,1	16,2	37,56	7,482
2	60,00	20,00	72,00	11,8	18,30	98	1,110	69,3	10,4	62,54	7,032
3	60,00	20,00	72,00	14,7	18,35	147	2,070	65,7	11,5	90,17	7,088

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE			VELOCITA' DEL TAGLIO (mm/min) = 0,006		
Classe di qualità (BS 5930:1981):	2	RIMANEGGIATO	LIMO ARGILLOSO SABBIOSO GHIAIOSO		

DIAGRAMMA SFORZO / SPOSTAMENTI

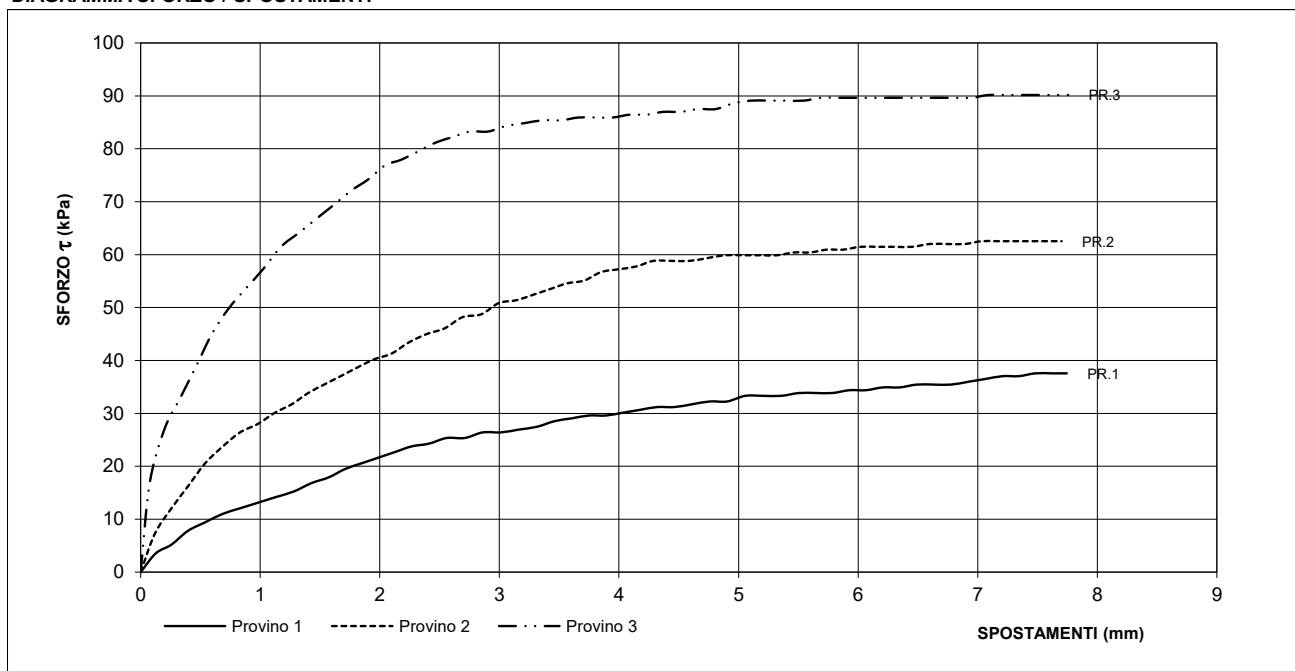
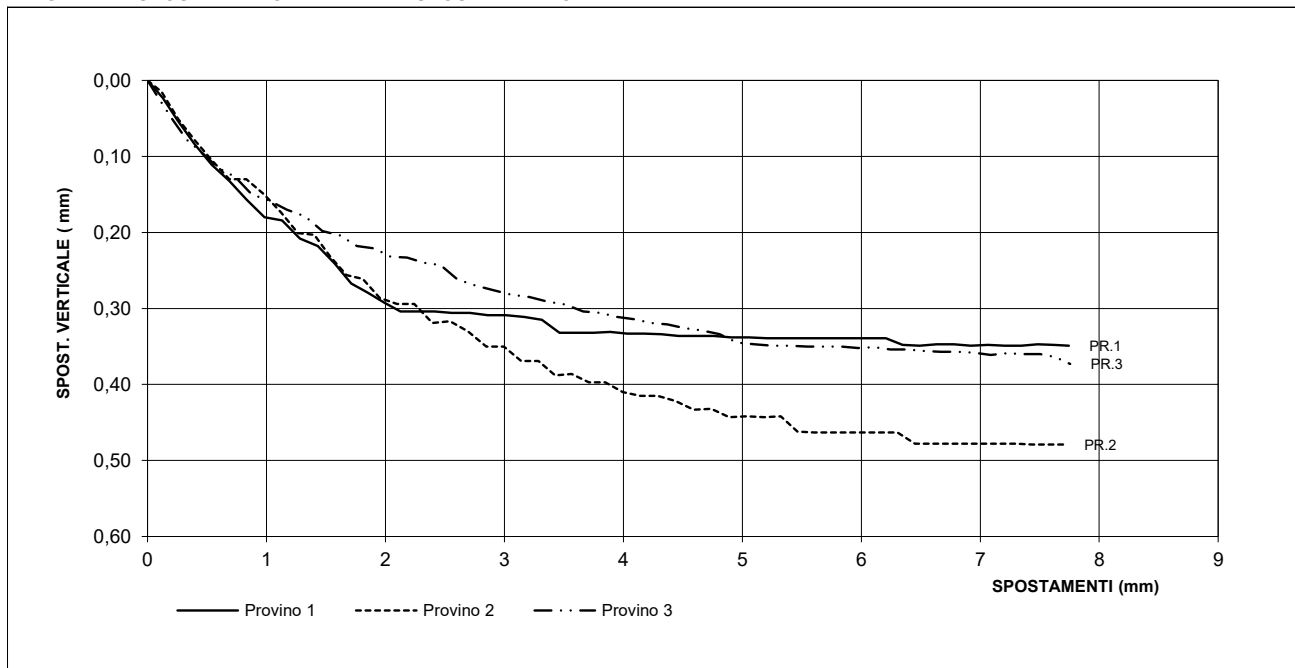
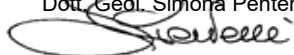


DIAGRAMMA SPOSTAMENTO VERTICALE / SPOSTAMENTI ORIZZ.




LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi



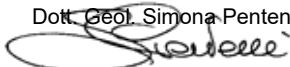
 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	Tecna S.r.l.			SOND.: S4DH	PAGINA: 11 PAGINA CERTIFICATO 2 di 3 N° CERTIFICATO 28210 TD
	per Comune di Cavriglia			CAMP.: 1	
	Località Castelnuovo dei Sabbioni Cavriglia (AR)			da m: 1,60 a m: 2,00	
	N° VERBALE 1698	N° COMMESSA 1490		ID. INTERNO 6636	
DATA RICEVIMENTO CAMP. 13/10/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 08/11/23	DATA INIZIO PROVA 23/10/23		DATA FINE PROVA 27/10/23	

DATI SPERIMENTALI RELATIVI AL TAGLIO

PROVINO 1						PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 49					
Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)
0,000	0,00	0,000	3,749	29,59	0,332	7,482	37,56	0,347			
0,127	3,56	0,023	3,890	29,59	0,331	7,617	37,56	0,348			
0,255	5,15	0,053	4,033	30,12	0,333	7,745	37,56	0,349			
0,396	7,81	0,084	4,174	30,66	0,333						
0,539	9,40	0,111	4,318	31,19	0,334						
0,685	11,00	0,132	4,464	31,19	0,336						
0,832	12,06	0,157	4,611	31,72	0,336						
0,982	13,12	0,180	4,760	32,25	0,336						
1,131	14,18	0,184	4,906	32,25	0,338						
1,282	15,25	0,208	5,055	33,31	0,338						
1,431	16,84	0,218	5,207	33,31	0,339						
1,573	17,90	0,241	5,358	33,31	0,339						
1,711	19,50	0,267	5,505	33,84	0,339						
1,848	20,56	0,279	5,647	33,84	0,339						
1,987	21,62	0,292	5,785	33,84	0,339						
2,126	22,69	0,304	5,926	34,38	0,339						
2,265	23,75	0,304	6,065	34,38	0,339						
2,412	24,28	0,304	6,207	34,91	0,339						
2,558	25,34	0,306	6,348	34,91	0,348						
2,710	25,34	0,306	6,490	35,44	0,349						
2,861	26,41	0,309	6,634	35,44	0,347						
3,013	26,41	0,309	6,778	35,44	0,347						
3,164	26,94	0,311	6,921	35,97	0,349						
3,315	27,47	0,315	7,065	36,50	0,348						
3,462	28,53	0,332	7,208	37,03	0,349						
3,606	29,06	0,332	7,345	37,03	0,349						


PROVINO 2						PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 98					
Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)
0,000	0,00	0,000	3,710	55,10	0,397	7,434	62,54	0,479			
0,119	7,28	0,015	3,849	56,69	0,397	7,568	62,54	0,479			
0,258	12,06	0,051	3,995	57,22	0,410	7,702	62,54	0,479			
0,399	16,31	0,079	4,144	57,76	0,415						
0,539	20,56	0,105	4,288	58,82	0,415						
0,687	23,75	0,130	4,439	58,82	0,422						
0,831	26,41	0,130	4,591	58,82	0,433						
0,980	28,00	0,150	4,740	59,35	0,432						
1,123	30,12	0,174	4,890	59,88	0,443						
1,264	31,72	0,201	5,038	59,88	0,442						
1,401	33,84	0,203	5,184	59,88	0,443						
1,534	35,44	0,231	5,324	59,88	0,442						
1,673	37,03	0,256	5,464	60,41	0,462						
1,808	38,63	0,261	5,601	60,41	0,463						
1,953	40,22	0,286	5,738	60,94	0,463						
2,097	41,28	0,294	5,877	60,94	0,463						
2,243	43,41	0,294	6,017	61,47	0,463						
2,394	45,00	0,319	6,159	61,47	0,463						
2,542	46,07	0,317	6,303	61,47	0,463						
2,693	48,19	0,330	6,452	61,47	0,478						
2,849	48,72	0,350	6,599	62,01	0,478						
2,995	50,85	0,350	6,744	62,01	0,478						
3,142	51,38	0,369	6,892	62,01	0,478						
3,286	52,44	0,369	7,032	62,54	0,478						
3,427	53,50	0,388	7,169	62,54	0,478						
3,565	54,57	0,386	7,304	62,54	0,478						

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi



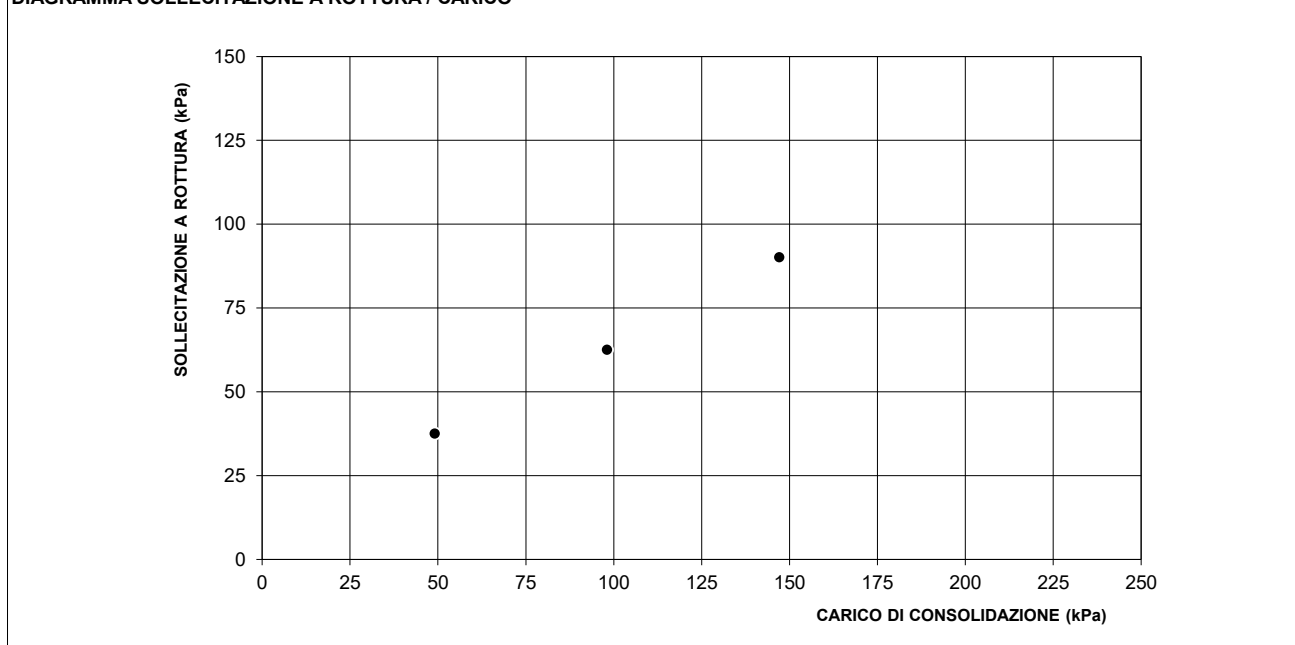
 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	Tecna S.r.l.		SOND.: S4DH	PAGINA: 12 PAGINA CERTIFICATO 3 di 3 N° CERTIFICATO 28210 TD
	per Comune di Cavriglia		CAMP.: 1	
	Località Castelnuovo dei Sabbioni Cavriglia (AR)		da m: 1,60 a m: 2,00	
	N° VERBALE 1698	N° COMMESSA 1490	ID. INTERNO 6636	
DATA RICEVIMENTO CAMP. 13/10/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 08/11/23	DATA INIZIO PROVA 23/10/23	DATA FINE PROVA 27/10/23	

DATI SPERIMENTALI RELATIVI AL TAGLIO

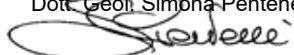
PROVINO 3						PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 147					
Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)
0,000	0,00	0,000	3,662	85,92	0,304	7,365	90,17	0,360			
0,076	16,84	0,019	3,807	85,92	0,306	7,503	90,17	0,360			
0,198	26,94	0,049	3,948	85,92	0,311	7,629	90,17	0,364			
0,328	32,78	0,078	4,091	86,45	0,314	7,756	90,17	0,373			
0,458	38,63	0,095	4,232	86,45	0,319						
0,596	45,00	0,115	4,370	86,98	0,321						
0,735	49,78	0,127	4,515	86,98	0,326						
0,876	53,50	0,150	4,661	87,51	0,329						
1,023	57,22	0,158	4,810	87,51	0,334						
1,173	61,47	0,170	4,954	88,57	0,345						
1,324	64,13	0,179	5,102	89,10	0,347						
1,470	66,79	0,198	5,254	89,10	0,349						
1,618	69,44	0,204	5,401	89,10	0,349						
1,761	72,10	0,218	5,546	89,10	0,350						
1,904	74,23	0,221	5,692	89,64	0,350						
2,045	76,88	0,232	5,833	89,64	0,350						
2,181	77,95	0,233	5,972	89,64	0,352						
2,323	79,54	0,240	6,109	89,64	0,351						
2,463	81,13	0,243	6,244	89,64	0,354						
2,606	82,20	0,262	6,384	89,64	0,354						
2,755	83,26	0,270	6,522	89,64	0,356						
2,905	83,26	0,276	6,664	89,64	0,357						
3,058	84,32	0,282	6,805	89,64	0,357						
3,211	84,85	0,285	6,946	89,64	0,358						
3,363	85,39	0,291	7,088	90,17	0,361						
3,515	85,39	0,295	7,227	90,17	0,359						

NOTE:

DIAGRAMMA SOLLECITAZIONE A ROTTURA / CARICO




LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè



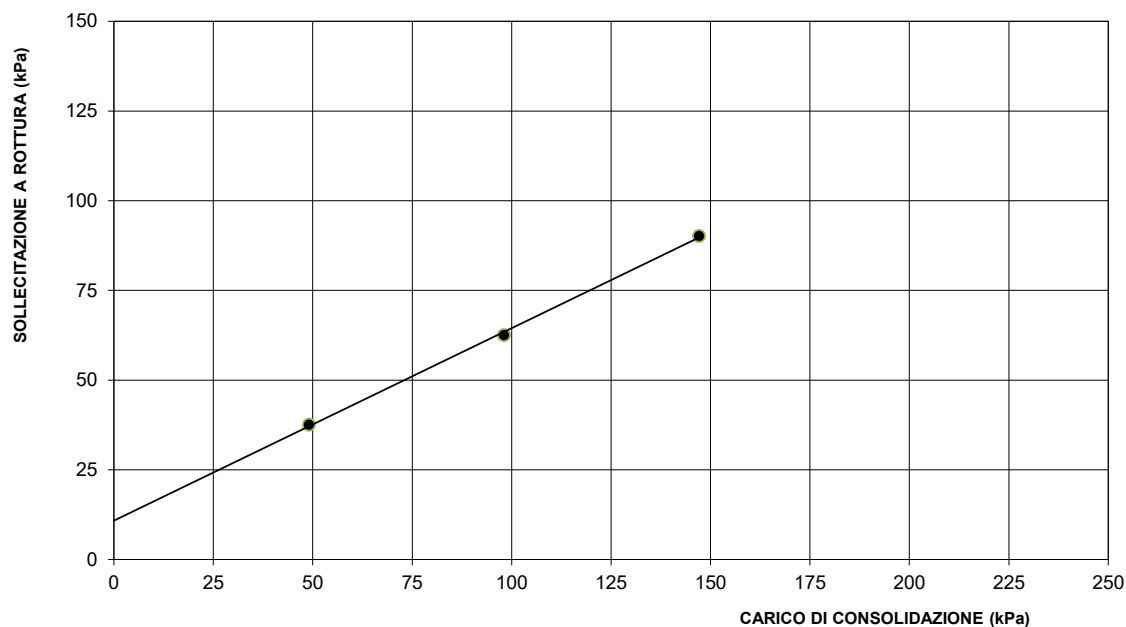
IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi



 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	Tecna S.r.l. per Comune di Caviglia		SOND.: S4DH CAMP.: 1	PAGINA: 13
	Località Castelnuovo dei Sabbioni Caviglia (AR)		da m: 1,60 a m: 2,00	
	DATA INIZIO PROVA	23/10/23	DATA FINE PROVA	27/10/23
PAGINA ALLEGATO 1 DI 1				

PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.
ASTM D 3080

DIAGRAMMA SOLLECITAZIONE A ROTTURA / CARICO



RISULTATI TAGLIO DRENATO

COESIONE EFFICACE (kPa)	11
ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE	28

NOTE

LA RETTA DI INVILUPPO CHE PASSA PER I TRE PUNTI E' UNA LINEA DI INTERPOLAZIONE SENZA ALCUNA INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI.



CNG S.r.l.
LABORATORIO
GEOTECNICO
00100 - 00133 Roma
Tel. 06/498101
E-mail: cnge@congeo.it

Tecna S.r.l.
per Comune di Cavriglia

Località Castelnuovo dei Sabbioni
Cavriglia (AR)

SOND.:	S4DH
CAMP:	1

da m:	1,60
a m:	2,00

PAGINA:	14
PAGINA CERTIFICATO	1 di 3
N° CERTIFICATO	28211 ED

RICEV. CAMP.	13/10/23	DATA EMISSIONE CERTIF.	08/11/23	DATA INIZIO PROVA	18/10/23	DATA FINE PROVA	29/10/23
--------------	----------	------------------------	----------	-------------------	----------	-----------------	----------

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA *ASTM D 2435*

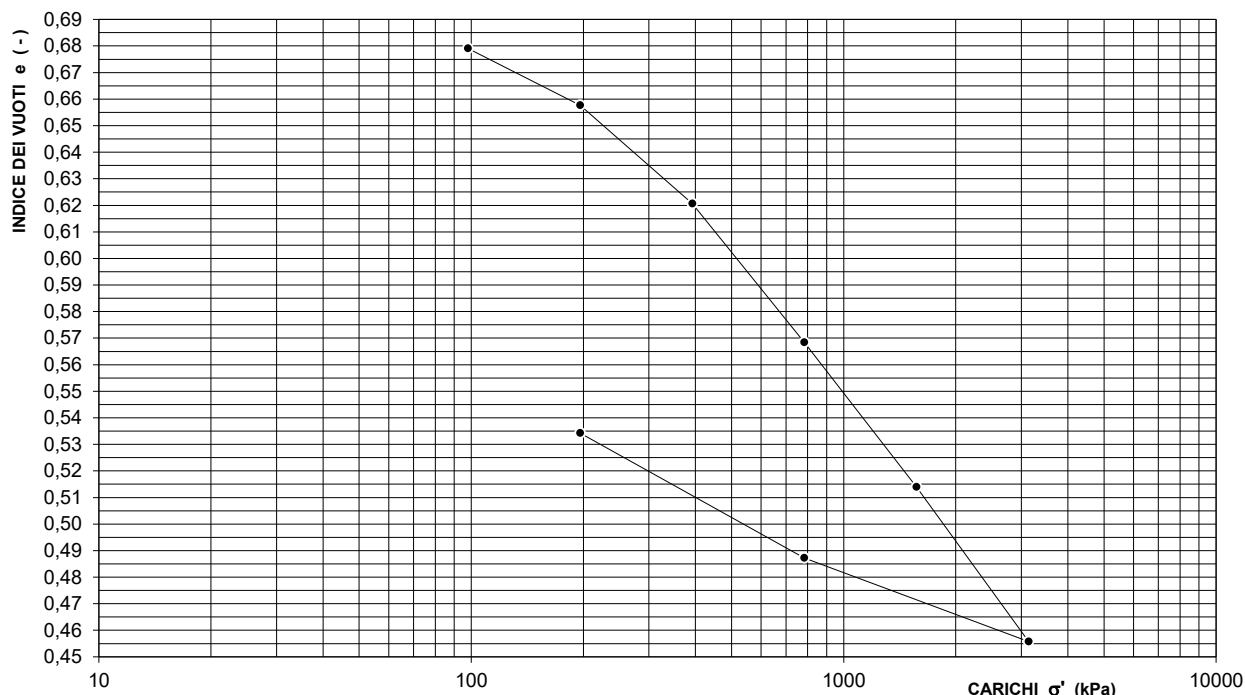
CARATTERISTICHE DEL PROVINO

DIAMETRO	D	50,00	(mm)		PESO DI VOLUME	γ_n	18,41	(kN/m ³)
ALTEZZA INIZIALE	H	20,10	(mm)		PESO SPECIFICO	γ_s	26,39	(kN/m ³)
UMIDITA' NATURALE	w_n	17,19	(%)		UMIDITA' FINALE	w_f	15,04	(%)
INDICE DI COMPRESSIBILITA'	C_c	0,19	(-)		INDICE DI RIGONFIAMENTO	C_s	0,07	(-)
Classe di qualità (BS 5930:1981):		2			LIMO ARGILLOSO SABBIOSO GHIAIOSO			

DATI SPERIMENTALI E RISULTATI

[illegible]

DIAGRAMMA CARICHI - INDICE DEI VUOTI



INDICE DI COMPRESSIBILITA' $C_c (-) = 0.193$

INDICE DI RICOMPRESSIONE $C_r (-) = 0,071$

INDICE DI RIGONFIAMENTO C_s (-) = 0,065

LO SPERIMENTATORE

Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Riccardo Rampi



CNG S.r.l.

LABORATORIO
GEOTECNICO
1 - 00133 Roma
cng@congeo.it

Via Atlante, 101 - 00133 Roma
Tel 062018088 cng@congeo.it

Tecna S.r.l.

per Comune di Caviglia

Località Castelnuovo dei Sabbioni

Cavriglia (AR)

SOND.:

S4DH

CAMP.:

1,60

a m:

2,00

PAGINA:

15

PAGINA CERTIFICATO

2 di 3

N° CERTIFICATO

28211 ED

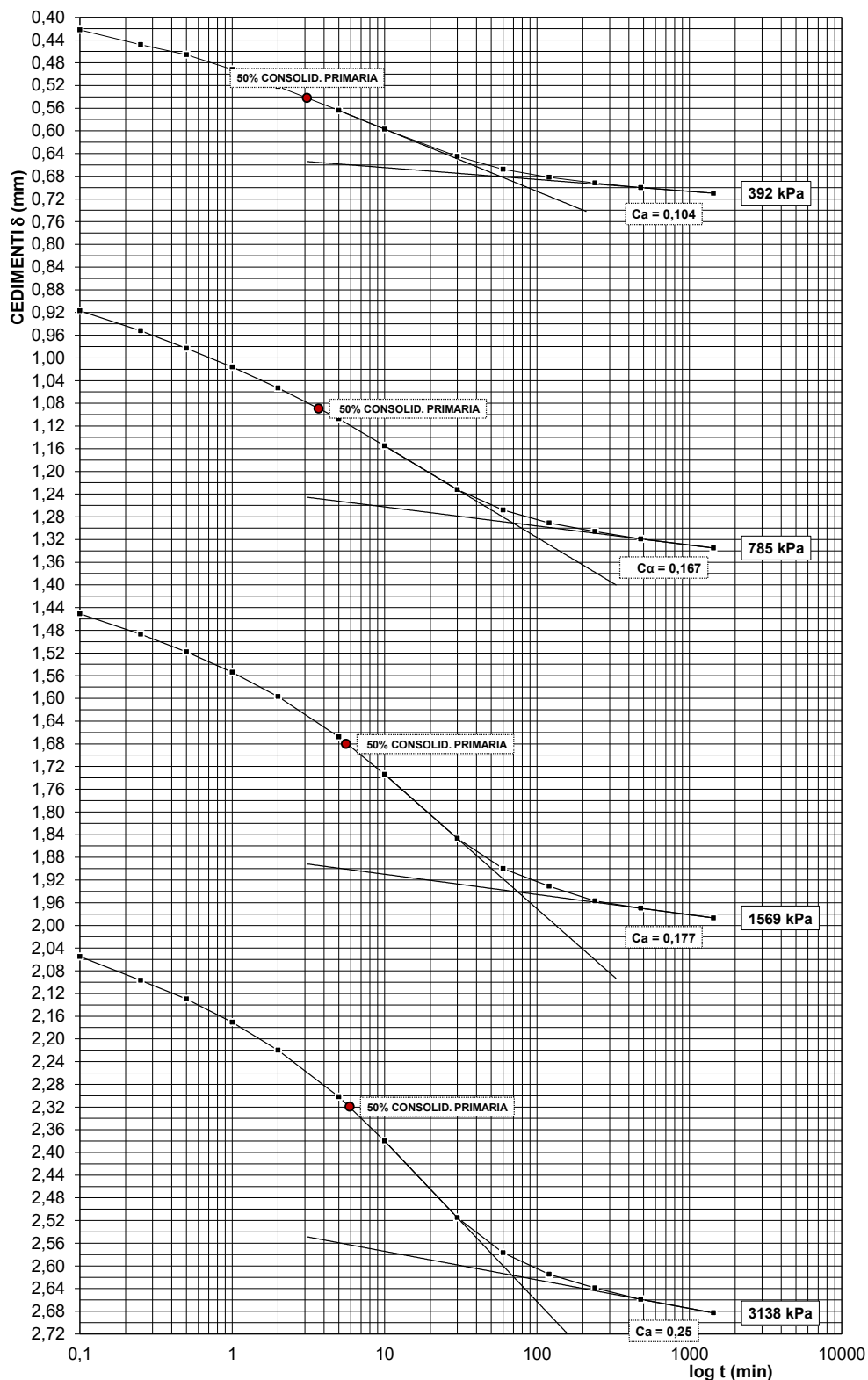
RICEV. CAMP.	13/10/23	DATA EMISSIONE CERTIF.	08/11/23	DATA INIZIO PROVA	18/10/23	DATA FINE PROVA	29/10/23
--------------	----------	------------------------	----------	-------------------	----------	-----------------	----------

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

DIAGRAMMA DEFORMAZIONI / LOG DEL TEMPO PER $\sigma' = 392 \text{ kPa}$

785 kPa

1569 kPa


$$\sigma' = 3138 \text{ kPa}$$
[illegible]

LO SPERIMENTATORE

Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Riccardo Rampi

 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	Tecna S.r.l. per Comune di Cavriglia		SOND.: S4DH	PAGINA: 16			
	Località Castelnuovo dei Sabbioni		CAMP.: 1	PAGINA CERTIFICATO			
	Cavriglia (AR)		da m: 1,60	3 di 3			
	N° VERBALE 1698		a m: 2,00	N° CERTIFICATO			
	N° COMMESSA 1490	ID. INTERNO 6636	28211 ED				
RICEV. CAMP.	13/10/23	DATA EMISSIONE CERTIF.	08/11/23	DATA INIZIO PROVA	18/10/23	DATA FINE PROVA	29/10/23

DETERMINAZIONE DELLA PRESSIONE DI PRECONSOLIDAZIONE σ'_p

METODO DI CASAGRANDE DIAGRAMMA INDICE DEI VUOTI - PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE

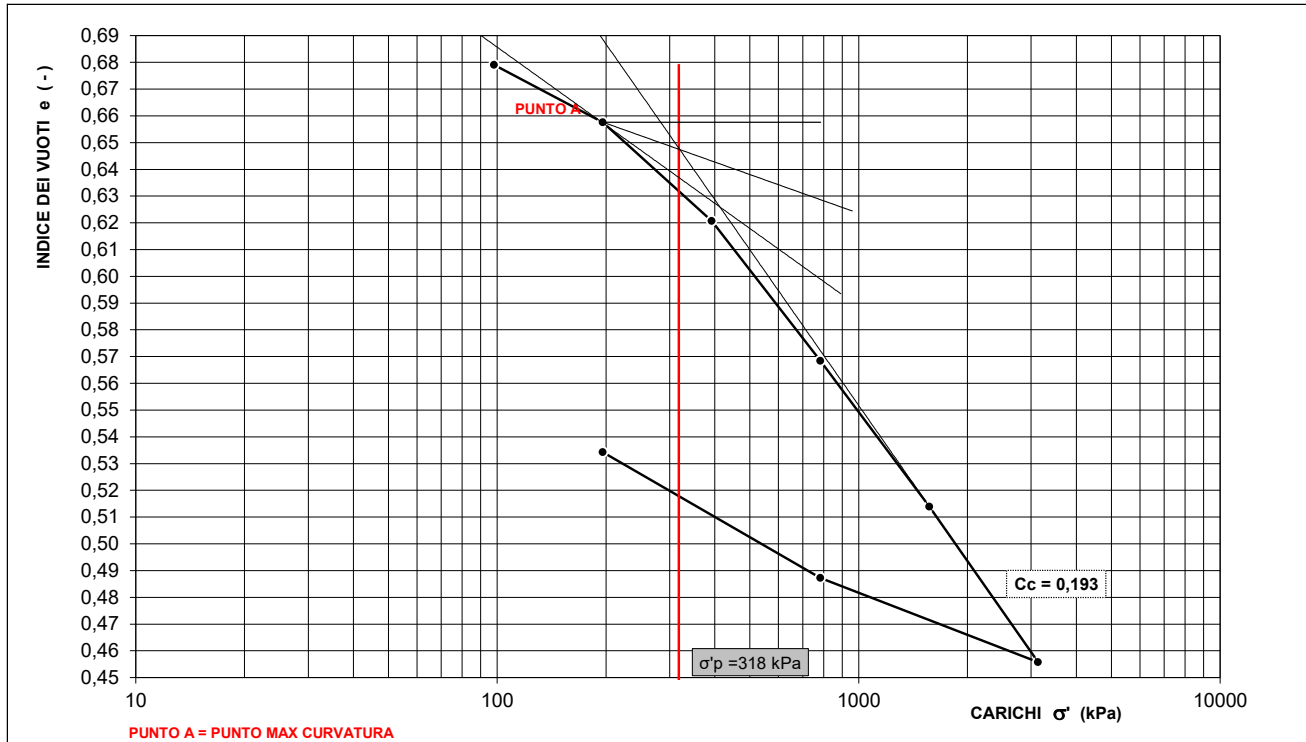
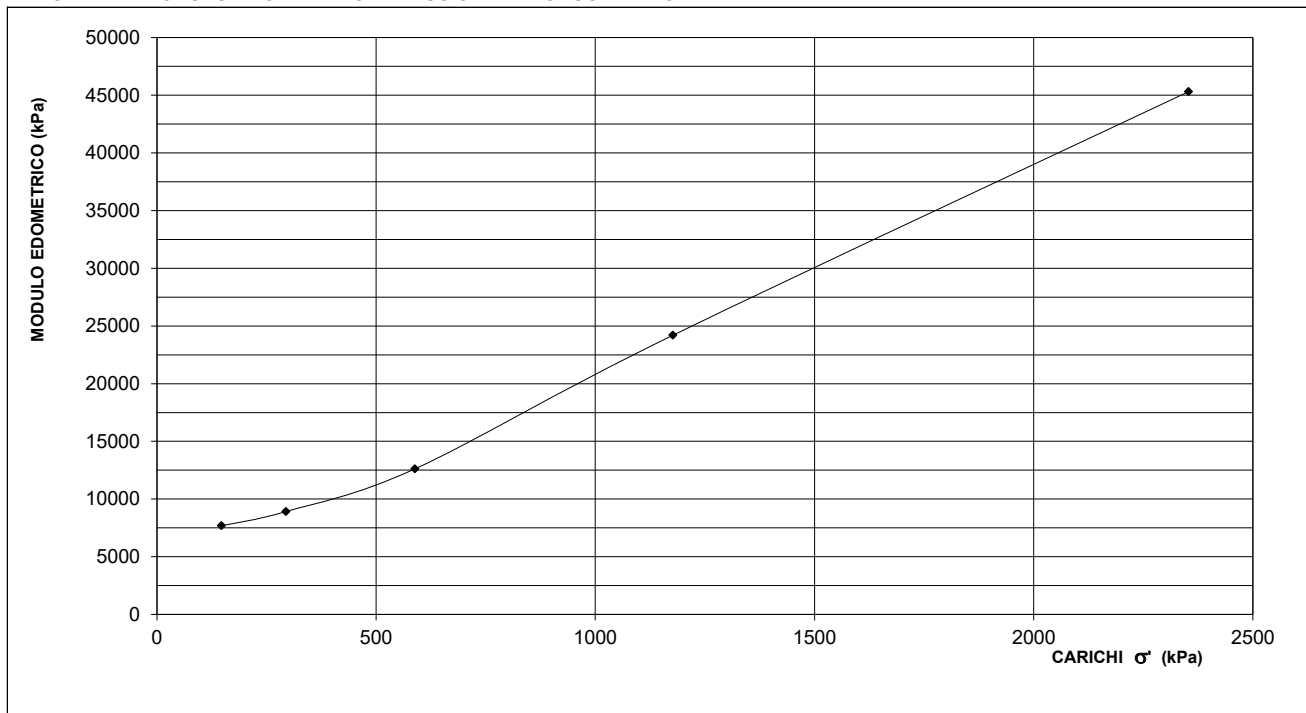


DIAGRAMMA MODULO EDOMETRICO - PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE



LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

 <div>CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it</div>	Tecna S.r.l. per Comune di Cavriglia		SOND.: S5PZ CAMP.: 1	PAGINA: 17
	Località Castelnuovo dei Sabbioni Cavriglia (AR)		da m: 3,30 a m: 3,80	N° IDENTIFICATIVO INTERNO 6637
	DATA RICEVIMENTO CAMPIONE 13/10/23 DATA ARRIVO PROGRAMMA 13/10/23	DATA EMISSIONE CERTIFICATI 08/11/23		

FOGLIO RIEPILOGATIVO DELLE CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICO-MECCANICHE DEL CAMPIONE

CARATTERISTICHE CHIMICHE

FRAZIONE CARBONIO ORG. MEDIA (%)		REAZIONE DEL SUOLO (PH)		TENORE CARBONATI
SOSTANZA ORGANICA S.O.		TENORE SOLFATI		

CARATTERISTICHE FISICHE

UMIDITA' NATURALE	W_n	11,1	(%)	PESO DI VOLUME	γ	20,31	(kN/m ³)
INDICE DEI VUOTI	e	0,43	(-)	PESO DI VOLUME SECCO	γ_d	18,28	(kN/m ³)
POROSITA'	n	29,8	(%)	PESO DI VOLUME SATURO	γ_{sat}	21,21	(kN/m ³)
GRADO DI SATURAZ.	S_r	69,3	(%)	PESO SPECIFICO DEI GRANULI	γ_s	26,05	(kN/m ³)

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE (SECONDO UDDEN - WENTWORTH)

SABBIA LIMOSA ARGILLOSA GHIAIOSA			PASSANTE AL SETACCIO 200 (%) 38,4	
GHIAIA (%): 12,8 64 - 2 mm	SABBIA (%): 51,6 2 - 0,0625 mm	LIMO (%): 19,2 0,0625 - 0,0039 mm	ARGILLA (%): 16,3 < 0,0039 mm	U.S.C.S. AASHTO SC A-6

CARATTERISTICHE DI PLASTICITA' E PERMEABILITA'

CLASSIFICAZIONE SECONDO ABACO DI PLASTICITA'		CL	CONSISTENZA DEL MATERIALE SECONDO IC		Semisolida/Solida
LIMITE DI LIQUIDITA'	W_L	30,2	(%)	LIMITE DI RITIRO	W_s (%)
LIMITE DI PLASTICITA'	W_p	16,5	(%)	INDICE DI CONSISTENZA	IC 1,39 (-)
INDICE DI PLASTICITA'	IP	13,7	(%)	ATTIVITA' (IP / % < 0,002mm)	Ac 1,0 (-)
PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO		(kPa)		PERMEABILITA'	k (m/sec)
CURVA DI RIGONFIAMENTO HUDER-AMBERG				INDICE DI DEF. DI RIGONF. ISS (%)	DEFORM. INTERSEZIONE (mm)


CARATTERISTICHE MECCANICHE

VAN TEST / Cu (kPa)		POCKET PENETROMETER / σ_f (kPa)	
ESPANSIONE LATERALE LIBERA		σ_f (kPa)	ε (%)
PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.		VALORI DI PICCO	
		C' 21 (kPa)	C_r (kPa)
		φ' 32 (°)	φ_r (°)
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE		CIU	
CID		UU	
C' (kPa)		C (kPa)	C_u (kPa)
φ' (°)		φ (°)	φ_u (°)

CARATTERISTICHE EDOMETRICHE

DA σ'	A σ'	E_{ed}	m_v	c_v	k
(kPa)		(kPa)	(kPa ⁻¹)	(cm ² /sec)	(cm/sec)
49	98	10152	9,85E-05		
98	196	15695	6,37E-05		
196	392	11483	8,71E-05	1,90E-03	1,66E-08
392	785	19137	5,23E-05	1,42E-03	7,42E-09
785	1569	36046	2,77E-05	1,57E-03	4,37E-09
1569	3138	67419	1,48E-05	1,33E-03	1,97E-09

INDICE CBR (2,5) (%) =	CARATTERISTICHE OTTIMALI PROCTOR	P.VOLUME SEC. γ _d (kN/m ³)
INDICE CBR (5,0) (%) =		UMIDITA' W (%)

 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	Tecna S.r.l.		SOND.: S5PZ	PAGINA: 18 PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
	per Comune di Caviglia		CAMP.: 1	
	Località Castelnuovo dei Sabbioni Caviglia (AR)		da m: 3,30 a m: 3,80	
	N° VERBALE 1698	N° COMMESSA 1490	ID. INTERNO: 6637	
DATA RICEVIMENTO CAMPIONE	13/10/23	DATA APERTURA CAMPIONE	18/10/23	DATA EMISSIONE CERTIFICATO 08/11/23

SCHEDA CAMPIONE

CARATTERISTICHE DI CAMPIONAMENTO

TIPO DI PERFORAZIONE	ASTE E CAROTIERE	TIPO DI CAMPIONATORE (SE NOTO)	/
TIPO DI CONTENITORE	PVC	LUNGHEZZA CONTENITORE (cm)	
LUNGHEZZA REALE CAMPIONE (cm)	50	DIAMETRO CAMPIONE (mm)	/

DESCRIZIONE ED ANALISI PRELIMINARI

BASSO

ALTO

POCKET(kPa)	V.TEST(kPa)	CAMPIONE	UBICAZIONE PROVE	
/	/			
/	/		← TD	
/	/		← ED	
/	/			
/	/	Basso		

NOTE:

CLASSIFICAZIONE GRANULOMETRICA

SABBIA LIMOSA ARGILLOSA GHIAIOSA

STATO DICHIARATO DEL CAMPIONE: RIMANEGGIATO

CLASSE DI QUALITA' (BS 5930:1981): 2

DESCRIZIONE


Sabbia limoso-argilloso-ghiaiosa di colore avana, fragile, poco plastica alla manipolazione.

DETERMINAZIONI ESEGUITE

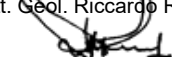
PROVE ESEGUITE	DATA INIZIO	DATA FINE	PROVE ESEGUITE	DATA INIZIO	DATA FINE
CONTENUTO D'ACQUA X	18/10/23	26/10/23	PROVA TRIASSIALE TIPO CID		
PESO DI VOLUME X	18/10/23	25/10/23	PROVA DI COSTIPAMENTO PROCTOR		
PESO SPECIFICO DEI GRANULI X	26/10/23	27/10/23	PROVA C.B.R.		
ANALISI GRANULOMETRICA X	24/10/23	28/10/23	PROVA DI PERMEABILITA' IN EDOMETRO A CARICO VARIABILE		
LIMITI DI ATTERBERG X	06/11/23	07/11/23	PROVA DI PERMEABILITA' IN CELLA TRIASSIALE		
PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D. X	23/10/23	27/10/23	PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO		
PROVA DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO			DETERMINAZIONE PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO		
PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA X	18/10/23	30/10/23	PROVA DI RIGONFIAMENTO METODO HUDER-AMBERG		
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA			DETERMINAZIONE DEFORMAZIONE DI RIGONFIAMENTO		
PROVA TRIASSIALE TIPO UU			DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI CARBONATI		
PROVA TRIASSIALE TIPO CIU			DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI SOSTANZE ORGANICHE		
PROVA DI COLONNA RISONANTE (RC)			PROVA DI TAGLIO TORSIONALE CICLICO (TTC)		

NOTE

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi



 <div>CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it</div>	Tecna S.r.l.			SOND.: S5PZ		PAGINA: 19	
	per Comune di Cavriglia			CAMP.: 1		PAGINA CERTIFICATO	
	Località Castelnuovo dei Sabbioni			da m: 3,30		1 di 1	
	Cavriglia (AR)			a m: 3,80		N° CERTIFICATO	
	N° VERBALE 1698		N° COMMESSA 1490		ID. INTERNO 6637		28212 WN
DATA RICEVIMENTO CAMP.	13/10/23	DATA EMISSIONE CERTIF.	08/11/23	DATA INIZIO PROVA	18/10/23	DATA FINE PROVA	26/10/23

CONTENUTO D'ACQUA W
ASTM D 2216

Classe di qualità (BS 5930:1981):	2	SABBIA LIMOSA ARGILLOSA GHIAIOSA
--	---	----------------------------------

PROVA DI RIFERIMENTO	W ₁	W ₂	ED	Trx CID	Trx CID	Trx CID	TD	TD	TD	Perm Trx
PESO CAPS. (g)	29,63	29,17	29,50				29,45	29,05	28,93	
P.UMIDO+CAPS. (g)	44,66	50,26	46,39				87,02	71,13	68,57	
P.SECCO+CAPS. (g)	43,03	47,72	44,64				81,77	67,36	65,13	
W %	12,2	13,7	11,6				10,0	9,8	9,5	

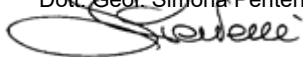
PROVA DI RIFERIMENTO	ELL	ELL	ELL	UU	UU	UU	PR. RIG.	HUDER-A.	RC	TTC
PESO CAPS. (g)										
P.UMIDO+CAPS. (g)										
P.SECCO+CAPS. (g)										
W %										

MEDIA VALORI W	9,8	MEDIA VALORI W	/	MEDIA VALORI W	/	W % MEDIO TOTALE
TRATTO PROVA TD	(%)	TRATTO PROVA Trx CID		TRATTO PROVA ELL		11,1 (%)

NOTE


I contenuti d'acqua naturale W₁ e W₂ si riferiscono all'apertura del campione.

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi



 <div>CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it</div>	Tecna S.r.l.			SOND.: S5PZ		PAGINA: 20	
	per Comune di Cavriglia			CAMP.: 1		PAGINA CERTIFICATO	
	Località Castelnuovo dei Sabbioni			da m: 3,30		1 di 1	
	Cavriglia (AR)			a m: 3,80		N° CERTIFICATO	
	N° VERBALE 1698		N° COMMESSA 1490		ID. INTERNO 6637		28213 PV
DATA RICEVIMENTO CAMP. 13/10/23		DATA EMISSIONE CERTIF. 08/11/23		DATA INIZIO PROVA 18/10/23		DATA FINE PROVA 25/10/23	

PESO DI VOLUME
ASTM D 2937

Classe di qualità (BS 5930:1981):	2	SABBIA LIMOSA ARGILLOSA GHIAIOSA
--	---	----------------------------------

PROVA DI RIFERIMENTO	Y ₁	Y ₂	ED	Trx CID	Trx CID	Trx CID	TD	TD	TD	Perm Trx
VOL. FUST. (cm ³)			39,62				72,00	72,00	72,00	
P. FUST. (g)			60,75				61,35	61,35	61,35	
PESO TOTALE (g)			141,38				210,22	213,40	210,42	
Y (kN/m ³)			19,96				20,28	20,71	20,30	

PROVA DI RIFERIMENTO	UU	UU	UU	ELL	ELL	ELL	PR. RIG.	HUDER-A.	RC	TTC
VOL. FUST. (cm ³)										
P. FUST. (g)										
PESO TOTALE (g)										
Y (kN/m ³)										

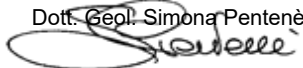
MEDIA VALORI Y	20,43	MEDIA VALORI Y	/	MEDIA VALORI Y	/	Y MEDIO TOTALE
TRATTO PROVA TD	(kN/m ³)	TRATTO PROVA Trx CID		TRATTO PROVA ELL		20,31 (kN/m³)

NOTE

Per le caratteristiche del materiale i provini del taglio diretto sono stati parzialmente ricostituiti.

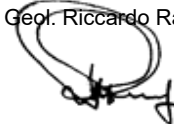
LO SPERIMENTATORE

Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Riccardo Rampi



 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	Tecna S.r.l. per Comune di Cavriglia			SOND.: S5PZ	PAGINA: 21		
	Località Castelnuovo dei Sabbioni			CAMP.: 1	PAGINA CERTIFICATO		
	Cavriglia (AR)			da m: 3,30	1 di 1		
	N° VERBALE 1698	N° COMMESSA 1490	ID. INTERNO 6637	a m: 3,80	N° CERTIFICATO 28214 PGR		
DATA RICEVIMENTO CAMP.	13/10/23	DATA EMISSIONE CERTIF.	08/11/23	DATA INIZIO PROVA	26/10/23	DATA FINE PROVA	27/10/23

PESO SPECIFICO DEI GRANULI γ_s
ASTM D 854

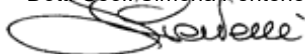
Classe di qualità (BS 5930:1981):	2	SABBIA LIMOSA ARGILLOSA GHIAIOSA
--	---	----------------------------------

NUMERO PICNOMETRO	8	33		γ_s MEDIA DI 2 MISURAZIONI 26,07 (kN/m ³)
TEMPERATURA (°C)	23,0	23,0		
PESO PICNOMETRO + ACQUA (g)	205,01	200,00		
PESO PICNOMETRO + ACQUA + TERRA (g)	214,37	209,40		γ_s RIFERITO A 20°C 26,05 (kN/m ³)
PESO TERRA SECCA (g)	15,02	15,05		
PESO SPECIFICO γ_s (kN/m ³)	26,01	26,13		Gs (γ_s/γ_w) 2,662
PESO SPECIFICO γ_s (kN/m ³) a 20°C	26,00	26,11		
Gs (γ_s/γ_w)	2,656	2,668		

NOTE

LO SPERIMENTATORE


Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Riccardo Rampi



 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	Tecna S.r.l. per Comune di Cavriglia Località Castelnuovo dei Sabbioni Cavriglia (AR)		SOND.: S5PZ CAMP.: 1 da m: 3,30 a m: 3,80	PAGINA: 22 PAGINA CERTIFICATO 1 di 1 N° CERTIFICATO 28215 GR
	N° VERBALE	1698	N° COMMESSA	1490
	ID. INTERNO	6637		
RICEV. CAMP.	13/10/23	DATA EMISSIONE CERTIF.	08/11/23	DATA INIZIO PROVA
			24/10/23	DATA FINE PROVA
				28/10/23

ANALISI GRANULOMETRICA

ASTM D 422

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE (SECONDO UDDEN - WENTWORTH)

CIOTTOLI %	0,0	GHIAIA %	12,8	SABBIA %	51,6	LIMO %	19,2	ARGILLA %	16,3	IND.GRUPPO	2	
D ₁₀ (mm)	/	D ₃₀ (mm)	0,044	D ₅₀ (mm)	0,172	D ₆₀ (mm)	0,266	COEFF.DI UNIFORMITA'		/		
D ₇₅ (mm)	0,560	D ₈₄ (mm)	1,125	D ₉₀ (mm)	5,008	D _{MAX} (mm)	19,000	COEFF.DI CURVATURA		/		
PASSANTE AL SETACCIO 200 (%)					38,4	PERCENT. ARGILLA < 0,002 mm					13,9	
CLASSIFICAZIONE SECONDO CLASSI DI UDDEN-WENTWORTH:						SABBIA LIMOSA ARGILLOSA GHIAIOSA						
CLASSE DI QUALITA' (BS 5930:1981)			2	RIM.		CLASSIFICAZIONE SECONDO CLASSI A.G.I.: Ghiaia = 12,8% Sabbia = 51,6% Limo = 21,7% Argilla = 13,9%						
CLASSIFICAZIONE AASHTO			A-6									
CLASSIFICAZIONE U.S.C.S.			SC									

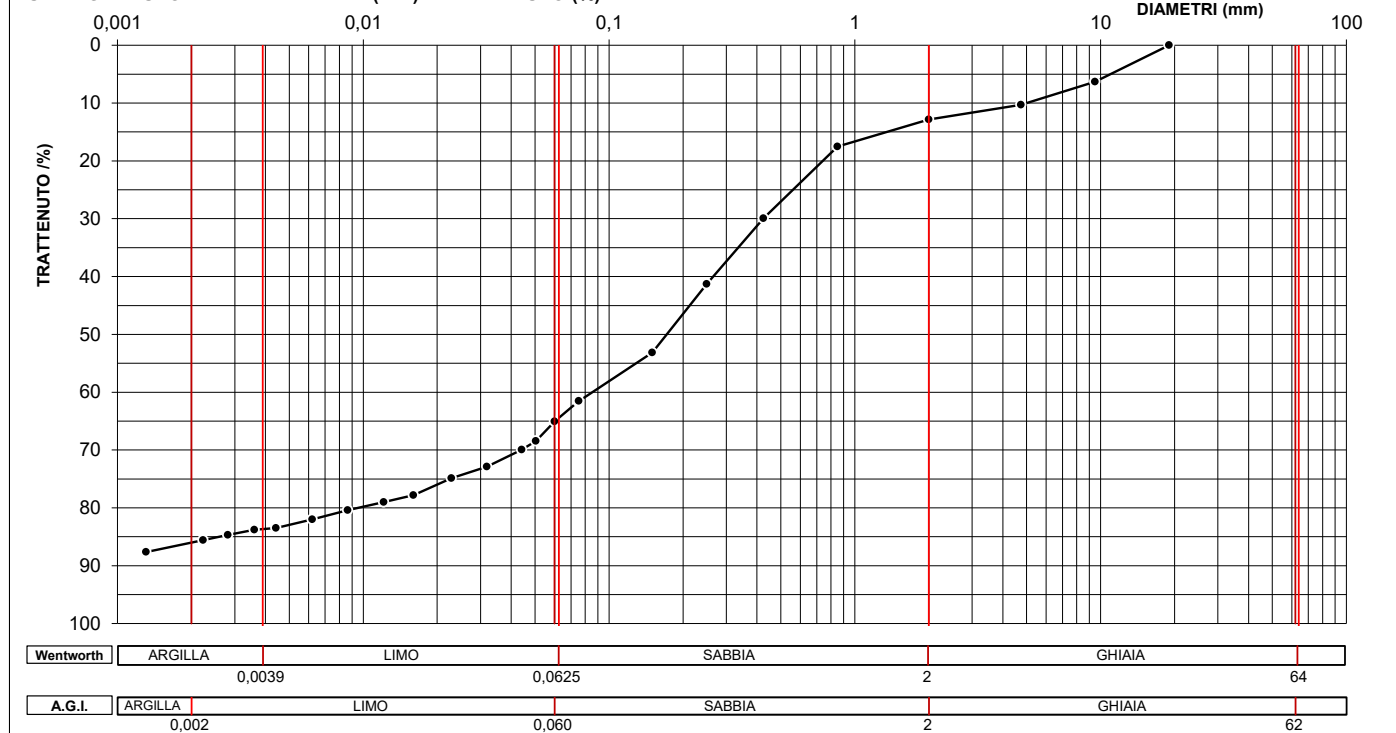
VAGLIATURA

Setacci	Diametri (mm)	Trattenuto (%)
12"	304,8000	0,00
6"	152,4000	0,00
3"	76,2000	0,00
2"	50,8000	0,00
1,5"	38,1000	0,00
1"	25,0000	0,00
3/4"	19,0000	0,00
3/8"	9,5000	6,29
4	4,7500	10,31
10	2,0000	12,83
20	0,8500	17,54
40	0,4250	29,93
60	0,2500	41,29
100	0,1500	53,15
200	0,0750	61,61

SEDIMENTAZIONE

Diametri (mm)	Trattenuto (%)
0,0753	61,51
0,0600	65,04
0,0503	68,42
0,0441	69,96
0,0319	72,88
0,0229	74,87
0,0160	77,79
0,0121	79,02
0,0087	80,40
0,0062	82,01
0,0044	83,50
0,0036	83,78
0,0028	84,70
0,0022	85,60
0,0013	87,64

CURVA GRANULOMETRICA DIAMETRI (mm) - TRATTENUTO (%)



LO SPERIMENTATORE

Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Riccardo Rampi

 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	Tecna S.r.l. per Comune di Cavriglia		SOND.: S5PZ CAMP.: 1	PAGINA: 23 PAGINA ALLEGATO 1 di 2
	Località Castelnuovo dei Sabbioni Cavriglia (AR)		da m: 3,30 a m: 3,80	
	DATA INIZIO PROVA	24/10/23	DATA FINE PROVA	28/10/23

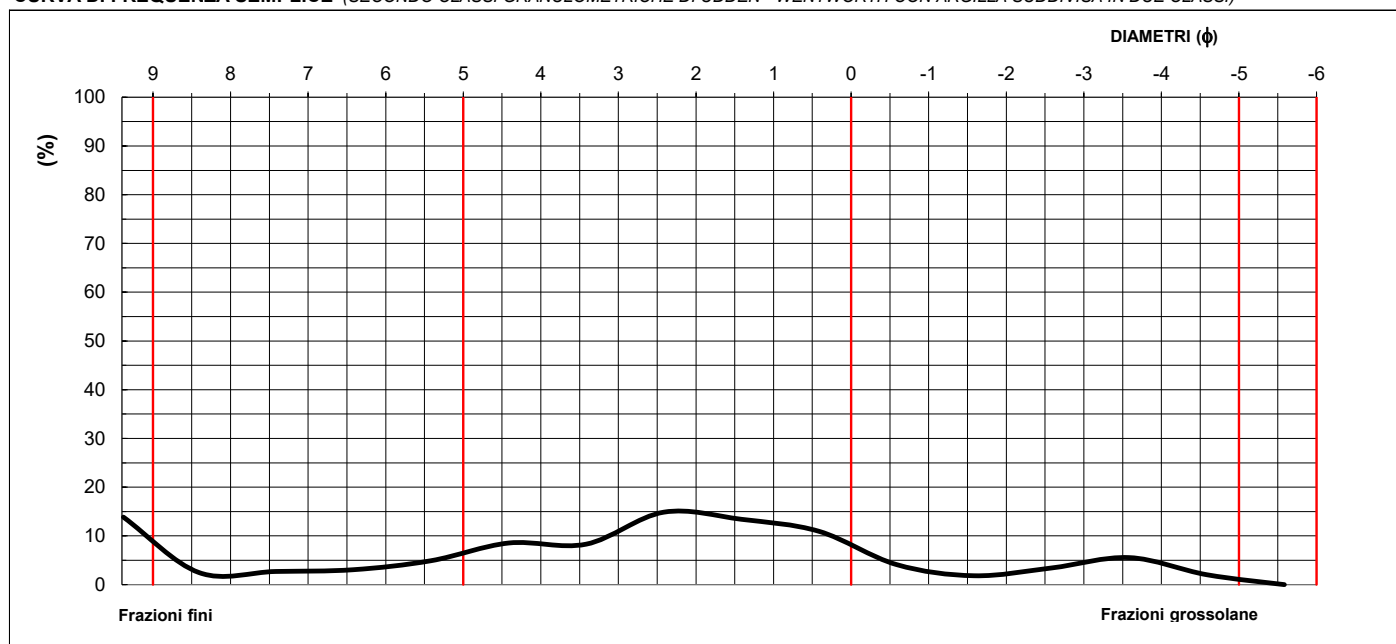
ANALISI GRANULOMETRICA

ASTM D 422

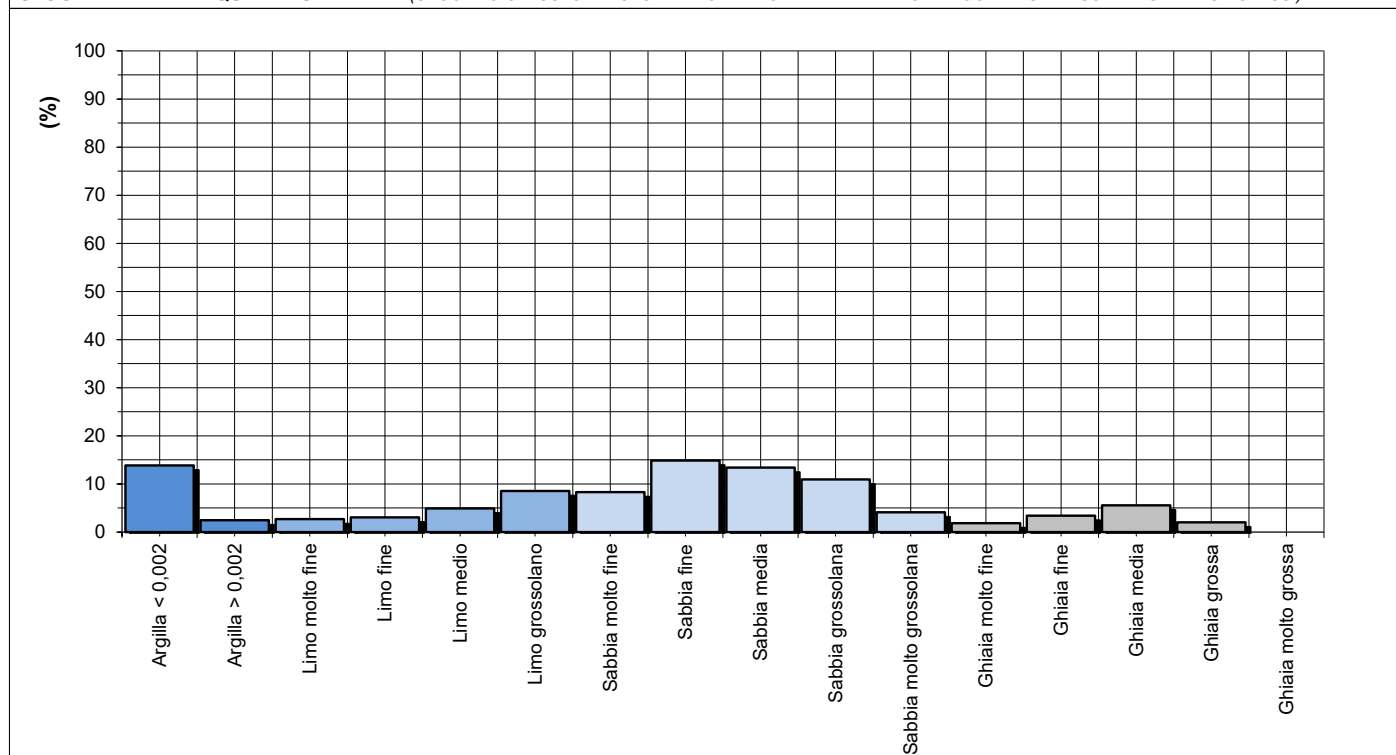
PARAMETRI STATISTICI (SECONDO FOLK & WARD)

INDICE DI APPIATTIMENTO	K_G	1,4	curva leptocurtica	Mean Size	3,5
SIMMETRIA	Sk_i	-0,3	curva asimmetrica negativa	Median (φ)	2,5
CLASSAZIONE	σ_i	-4,5	sedimento molto ben classato	Classi modali (φ)	
IL VALORE DEL D5 NON E' STATO INTERCETTATO DALLA CURVA GRANULOMETRICA PER CUI E' STATO RICAVATO INTERPOLANDO GLI ULTIMI DUE VALORI CON LA RELATIVA INTERCETTA AL 5%				2,4	9,4

CURVA DI FREQUENZA SEMPLICE (SECONDO CLASSI GRANULOMETRICHE DI UDDEN - WENTWORTH CON ARGILLA SUDDIVISA IN DUE CLASSI)



ISTOGRAMMA DI FREQUENZA SEMPLICE (SECONDO CLASSI GRANULOMETRICHE DI UDDEN - WENTWORTH CON ARGILLA SUDDIVISA IN DUE CLASSI)





CNG S.r.l.
LABORATORIO
GEOTECNICO
Via Atlante, 101 - 00133 Roma
Tel 062018088 cng@congeo.it

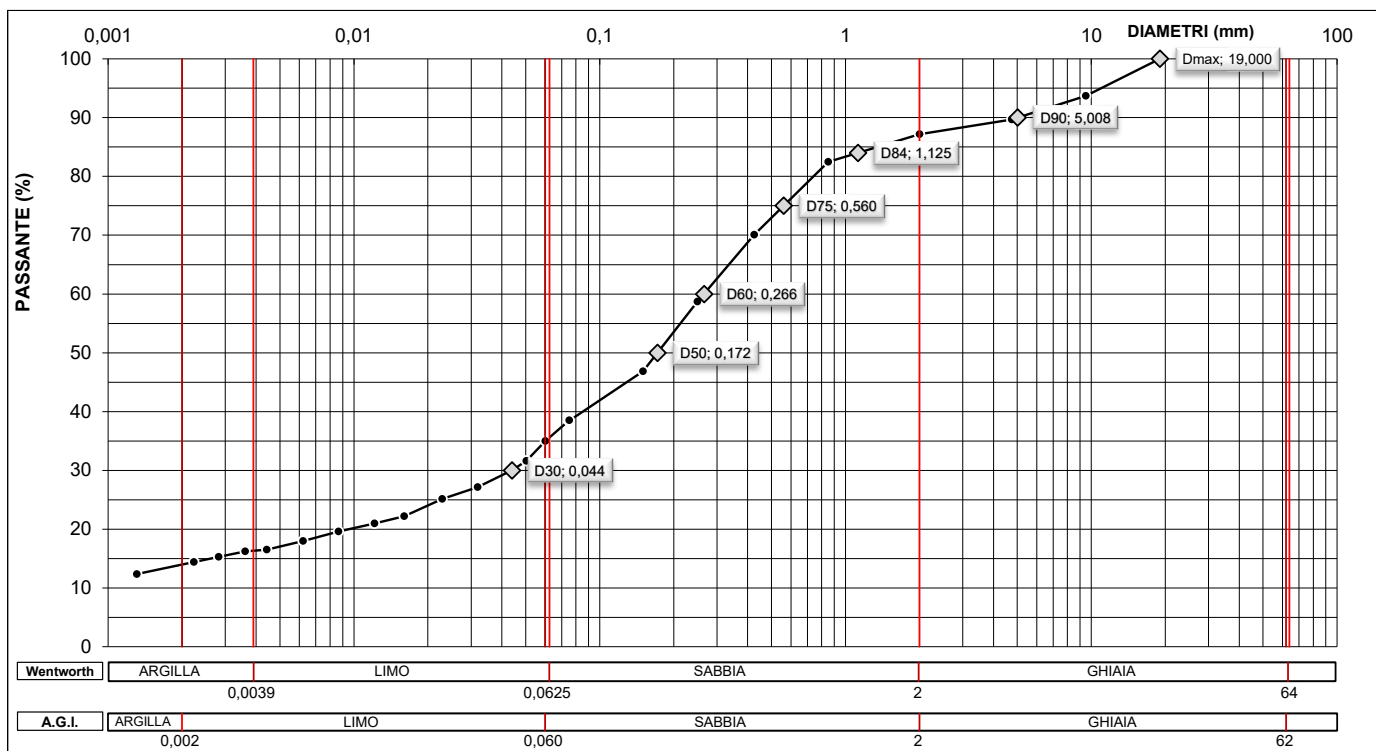
Tecna S.r.l.
per Comune di Cavriglia
Località Castelnuovo dei Sabbioni
Cavriglia (AR)

SOND.: S5PZ
CAMP.: 1
da m: 3,30
a m: 3,80

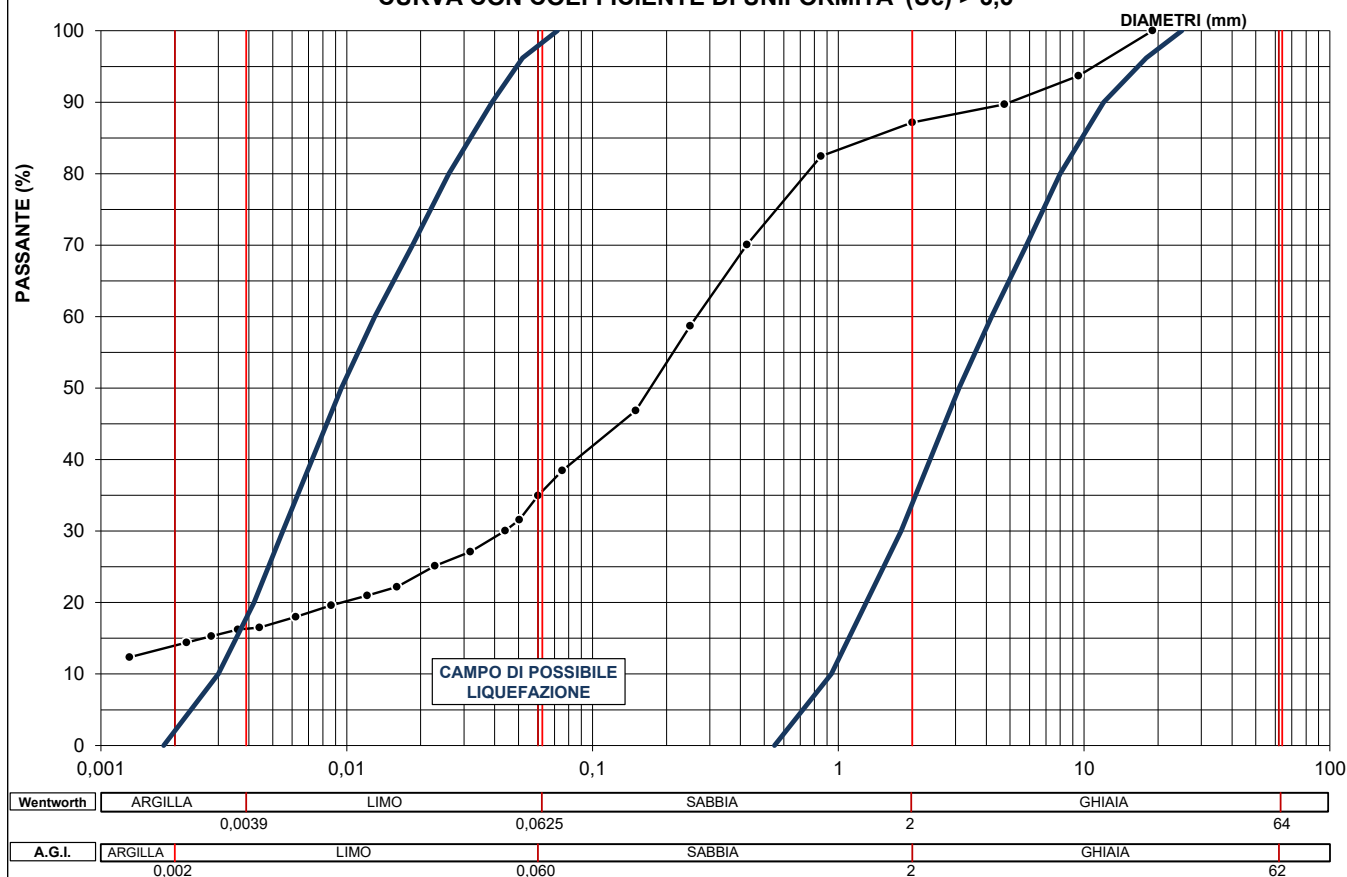
PAGINA: 24

PAGINA ALLEGATO
2 di 2


ANALISI GRANULOMETRICA ASTM D 422
D PERCENTILI (DIAGRAMMA DIAMETRI (mm) - PASSANTE (%))



VERIFICA GRANULOMETRICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE
CURVA CON COEFFICIENTE DI UNIFORMITA' (U_c) > 3,5



IL VALORE DI $>3,5$ E' STATO STIMATO INTERPOLANDO LA CURVA GRANULOMETRICA CHE NON CONSENTIVA DI INTERCETTARE IL D10

 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	Tecna S.r.l. per Comune di Cavriglia Località Castelnuovo dei Sabbioni Cavriglia (AR)		SOND.: S5PZ CAMP.: 1 da m: 3,30 a m: 3,80	PAGINA: 25 PAGINA CERTIFICATO 1 di 1 N° CERTIFICATO 28216 LM
	N° VERBALE 1698	N° COMMESSA 1490	ID. INTERNO 6637	
	RICEV. CAMP. 13/10/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 08/11/23	DATA INIZIO PROVA 06/11/23	DATA FINE PROVA 07/11/23

CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA

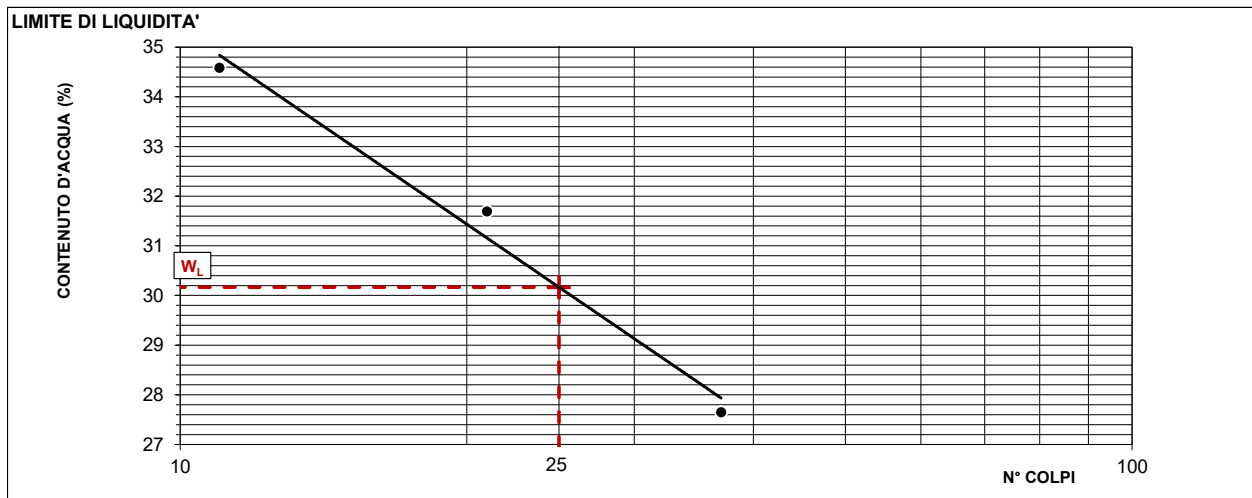
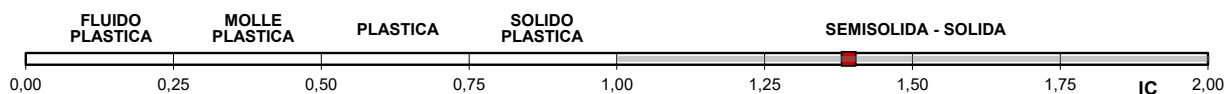
ASTM D 4318

Classe di qualità (BS 5930:1981):	2	SABBIA LIMOSA ARGILLOSA GHIAIOSA
--	---	----------------------------------

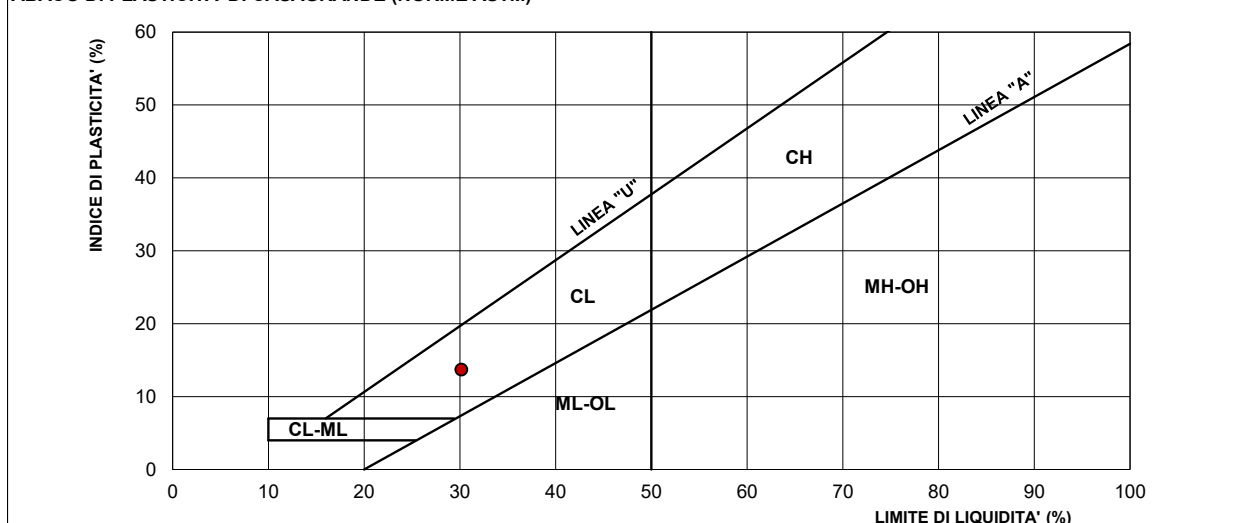
DATI SPERIMENTALI E RISULTATI

DETERMINAZIONE	1 W _L	2 W _L	3 W _L	4 W _L	1 W _P	2 W _P
UMIDITA'	34,59	31,70	27,65		16,37	16,57
N° COLPI	11	21	37		Media	16,47

LIMITE DI LIQUIDITA' (W _L)	30,2	(%)	CONTENUTO NAT. D'ACQUA (W _n)	11,1	(%)
LIMITE DI PLASTICITA' (W _P)	16,5	(%)	INDICE DI CONSISTENZA (IC)	1,39	(-)
LIMITE DI RITIRO (W _S)		(%)	ATTIVITA' (IP / % < 0,002mm)	1,0	(-)
INDICE DI PLASTICITA' (IP)	13,7	(%)	CONSISTENZA SECONDO IC	Semisolida/Solida	
CLASSIFICAZIONE AASHTO	A-6		CLASSIF. ABACO DI PLASTICITA'	CL	



ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE (NORME ASTM)

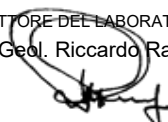



NOTE

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi



 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	Tecna S.r.l.		SOND.: S5PZ	PAGINA: 26 PAGINA CERTIFICATO 1 di 3 N° CERTIFICATO 28217 TD
	per Comune di Cavriglia		CAMP.: 1	
	Località Castelnuovo dei Sabbioni Cavriglia (AR)		da m: 3,30 a m: 3,80	
N° VERBALE 1698	N° COMMESSA 1490		ID. INTERNO 6637	
DATA RICEVIMENTO CAMP. 13/10/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 08/11/23	DATA INIZIO PROVA 23/10/23		DATA FINE PROVA 27/10/23

PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D. ASTM D 3080

CONDIZIONI INIZIALI E DATI RELATIVI ALLA CONSOLIDAZIONE						FINE CONSOLIDAZIONE E TAGLIO					
PROVINO N°	LATO L (mm)	ALTEZZA H (mm)	INIZIO CONS. VOL. (cm³)	UMIDITA' NAT. W (%)	PESO DI VOL. γ (kN/m³)	CONSOLIDAZIONE 24 h		FINE CONSOL. VOL. (cm³)	UMIDITA' FIN. Wf (%)	VALORI DI SFORZO MAX.	
						σ' (kPa)	CEDIM. (mm)			τ (kPa)	δ _t (mm)
1	60,00	20,00	72,00	10,0	20,28	98	0,768	70,0	9,0	83,01	6,127
2	60,00	20,00	72,00	9,8	20,71	196	1,002	69,0	8,3	141,15	5,764
3	60,00	20,00	72,00	9,5	20,30	294	1,120	68,8	7,8	205,54	2,932

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE			VELOCITA' DEL TAGLIO (mm/min) = 0,006		
Classe di qualità (BS 5930:1981):	2	RIMANEGGIATO	SABBIA LIMOSA ARGILLOSA GHIAIOSA		

DIAGRAMMA SFORZO / SPOSTAMENTI

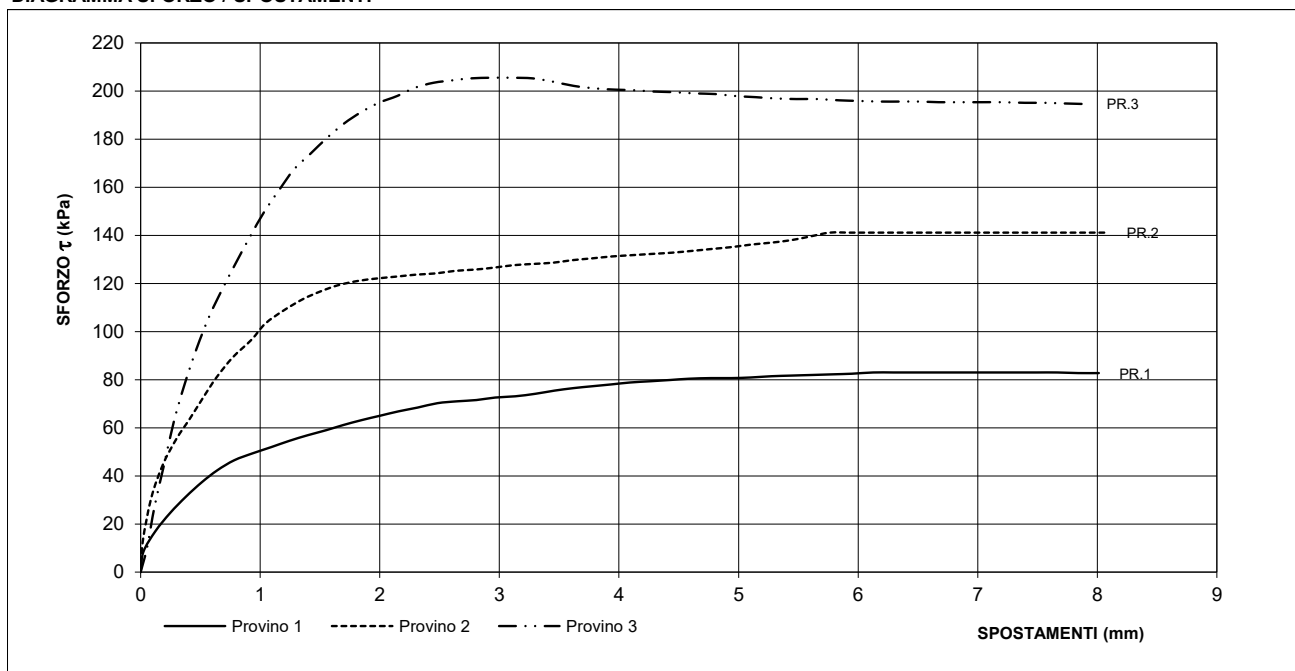
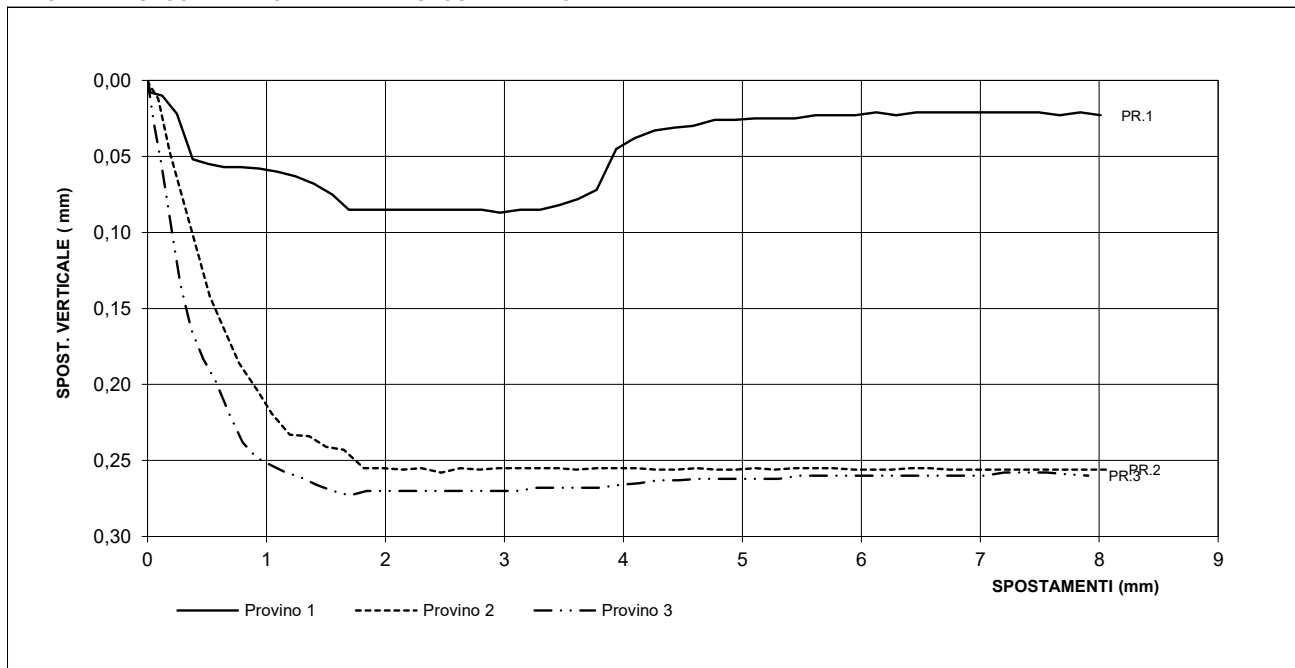
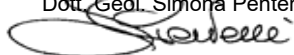


DIAGRAMMA SPOSTAMENTO VERTICALE / SPOSTAMENTI ORIZZ.




LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi



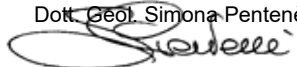
 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	Tecna S.r.l.		SOND.: S5PZ	PAGINA: 27 PAGINA CERTIFICATO 2 di 3 N° CERTIFICATO 28217 TD
	per Comune di Cavriglia		CAMP.: 1	
	Località Castelnuovo dei Sabbioni Cavriglia (AR)		da m: 3,30 a m: 3,80	
N° VERBALE 1698	N° COMMESSA 1490		ID. INTERNO 6637	
DATA RICEVIMENTO CAMP. 13/10/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 08/11/23	DATA INIZIO PROVA 23/10/23		DATA FINE PROVA 27/10/23

DATI SPERIMENTALI RELATIVI AL TAGLIO

PROVINO 1						PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 98					
Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)
0,000	0,00	0,000	3,775	77,27	0,072						
0,023	8,44	0,008	3,940	78,05	0,045						
0,124	17,05	0,010	4,092	78,84	0,038						
0,247	24,61	0,022	4,263	79,36	0,033						
0,379	31,38	0,052	4,429	79,88	0,031						
0,512	37,38	0,055	4,585	80,40	0,030						
0,641	42,33	0,057	4,768	80,66	0,026						
0,783	46,51	0,057	4,939	80,66	0,026						
0,936	49,37	0,058	5,103	80,92	0,025						
1,093	51,98	0,060	5,275	81,44	0,025						
1,244	54,59	0,063	5,442	81,70	0,025						
1,399	56,93	0,068	5,615	81,96	0,023						
1,553	59,02	0,075	5,786	82,22	0,023						
1,692	61,11	0,085	5,947	82,49	0,023						
1,848	63,19	0,085	6,127	83,01	0,021						
2,002	65,02	0,085	6,294	83,01	0,023						
2,157	66,84	0,085	6,464	83,01	0,021						
2,316	68,41	0,085	6,638	83,01	0,021						
2,482	70,23	0,085	6,807	83,01	0,021						
2,647	71,01	0,085	6,979	83,01	0,021						
2,808	71,54	0,085	7,148	83,01	0,021						
2,965	72,58	0,087	7,321	83,01	0,021						
3,133	73,10	0,085	7,493	83,01	0,021						
3,301	74,14	0,085	7,666	83,01	0,023						
3,460	75,45	0,082	7,841	82,75	0,021						
3,619	76,49	0,078	8,013	82,75	0,023						


PROVINO 2						PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 196					
Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)
0,000	0,00	0,000	3,606	129,68	0,256	7,908	141,15	0,256			
0,018	12,87	0,003	3,777	130,46	0,255	8,075	141,15	0,256			
0,089	30,86	0,012	3,940	131,24	0,255						
0,186	44,68	0,047	4,104	131,76	0,255						
0,299	55,37	0,079	4,272	132,28	0,256						
0,414	63,97	0,111	4,443	132,80	0,256						
0,523	72,58	0,142	4,620	133,59	0,255						
0,634	80,92	0,162	4,780	134,37	0,256						
0,770	89,26	0,186	4,946	135,15	0,256						
0,926	96,56	0,204	5,109	136,19	0,255						
1,043	103,34	0,219	5,273	136,98	0,256						
1,197	108,82	0,233	5,441	138,02	0,255						
1,358	113,51	0,234	5,602	139,58	0,255						
1,501	116,64	0,241	5,764	141,15	0,255						
1,649	119,25	0,243	5,937	141,15	0,256						
1,818	121,07	0,255	6,095	141,15	0,256						
1,982	122,11	0,255	6,256	141,15	0,256						
2,147	122,90	0,256	6,417	141,15	0,255						
2,303	123,68	0,255	6,578	141,15	0,255						
2,470	124,20	0,258	6,742	141,15	0,256						
2,628	125,24	0,255	6,906	141,15	0,256						
2,791	125,76	0,256	7,071	141,15	0,256						
2,948	126,55	0,255	7,235	141,15	0,256						
3,114	127,59	0,255	7,408	141,15	0,256						
3,275	128,11	0,255	7,566	141,15	0,256						
3,448	128,63	0,255	7,738	141,15	0,256						

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi



 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	Tecna S.r.l.		SOND.: S5PZ	PAGINA: 28 PAGINA CERTIFICATO 3 di 3 N° CERTIFICATO 28217 TD
	per Comune di Caviglia		CAMP.: 1	
	Località Castelnuovo dei Sabbioni Caviglia (AR)		da m: 3,30 a m: 3,80	
	N° VERBALE 1698	N° COMMESSA 1490	ID. INTERNO 6637	
DATA RICEVIMENTO CAMP. 13/10/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 08/11/23	DATA INIZIO PROVA 23/10/23	DATA FINE PROVA 27/10/23	

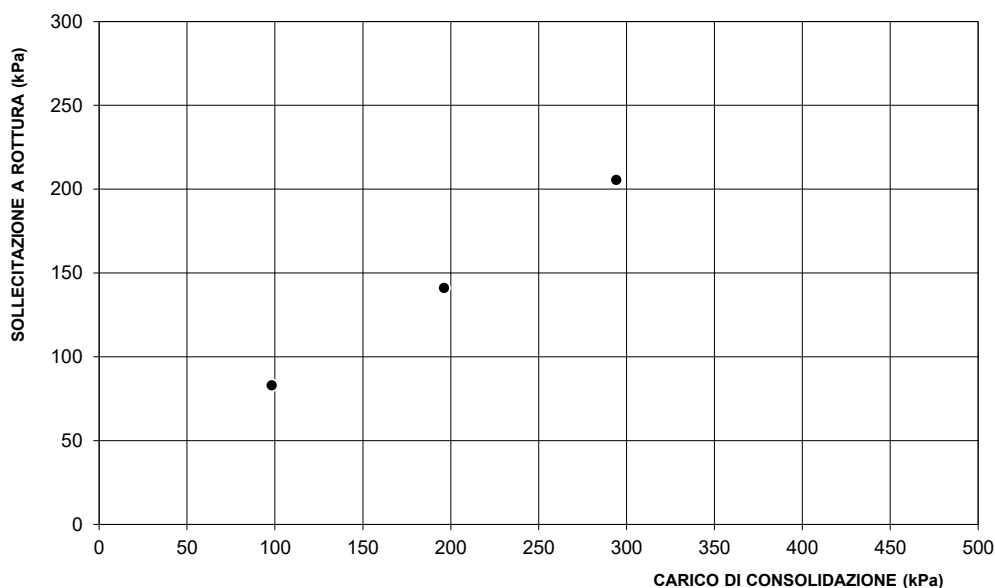
DATI SPERIMENTALI RELATIVI AL TAGLIO

PROVINO 3						PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 294					
Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo τ (kPa)	Spost. ver. (mm)
0,000	0,00	0,000	3,277	205,28	0,268	7,725	194,85	0,259			
0,054	10,27	0,028	3,441	203,98	0,268	7,908	194,59	0,260			
0,116	27,21	0,055	3,621	202,15	0,268						
0,195	44,42	0,095	3,799	201,11	0,268						
0,277	62,41	0,134	3,968	200,59	0,266						
0,369	78,31	0,164	4,137	200,33	0,265						
0,468	92,91	0,183	4,288	199,81	0,263						
0,575	106,47	0,198	4,458	199,55	0,263						
0,686	117,94	0,219	4,632	199,03	0,262						
0,800	128,89	0,238	4,805	198,77	0,262						
0,916	139,58	0,248	4,961	197,98	0,262						
1,033	149,75	0,253	5,144	197,46	0,262						
1,162	159,14	0,258	5,306	196,94	0,262						
1,283	167,48	0,261	5,484	196,68	0,260						
1,421	174,00	0,266	5,655	196,68	0,260						
1,558	180,52	0,270	5,840	196,16	0,260						
1,701	186,51	0,273	6,007	195,90	0,260						
1,843	191,20	0,270	6,190	195,64	0,260						
1,992	195,12	0,270	6,356	195,64	0,260						
2,147	197,98	0,270	6,519	195,64	0,260						
2,293	201,37	0,270	6,675	195,38	0,260						
2,450	203,46	0,270	6,851	195,38	0,260						
2,615	204,50	0,270	7,037	195,38	0,260						
2,762	205,28	0,270	7,202	195,38	0,258						
2,932	205,54	0,270	7,394	195,12	0,258						
3,104	205,54	0,270	7,559	195,12	0,258						

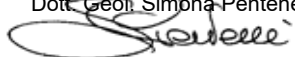
NOTE:

Per le caratteristiche del materiale i provini del taglio diretto sono stati parzialmente ricostituiti.

DIAGRAMMA SOLLECITAZIONE A ROTTURA / CARICO




LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè



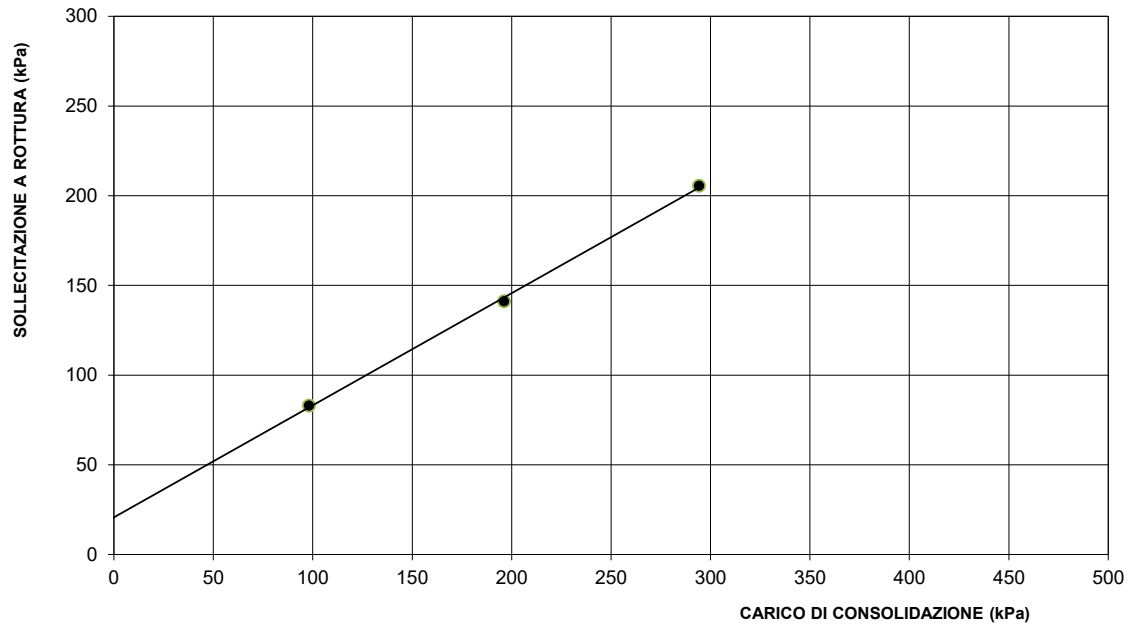
IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi



 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	Tecna S.r.l. per Comune di Caviglia		SOND.: S5PZ CAMP.: 1	PAGINA: 29
	Località Castelnuovo dei Sabbioni Caviglia (AR)		da m: 3,30 a m: 3,80	PAGINA ALLEGATO 1 DI 1
	DATA INIZIO PROVA	23/10/23	DATA FINE PROVA	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.
ASTM D 3080

DIAGRAMMA SOLLECITAZIONE A ROTTURA / CARICO



RISULTATI TAGLIO DRENATO

COESIONE EFFICACE (kPa)	21
ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE	32

NOTE

LA RETTA DI INVILUPPO CHE PASSA PER I TRE PUNTI E' UNA LINEA DI INTERPOLAZIONE SENZA ALCUNA INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI.



CNG S.r.l.
LABORATORIO
GEOTECNICO
00100 - 00133 Roma
Tel. 06/498101 - Fax 06/498102
E-mail: cng@congeo.it

Tecna S.r.l.
per Comune di Cavriglia
Località Castelnuovo dei Sabbioni
Cavriglia (AR)

SOND.:	S5PZ
CAMP.:	1
da m:	3,30
a m:	3,80
ID. INTERNO	6637

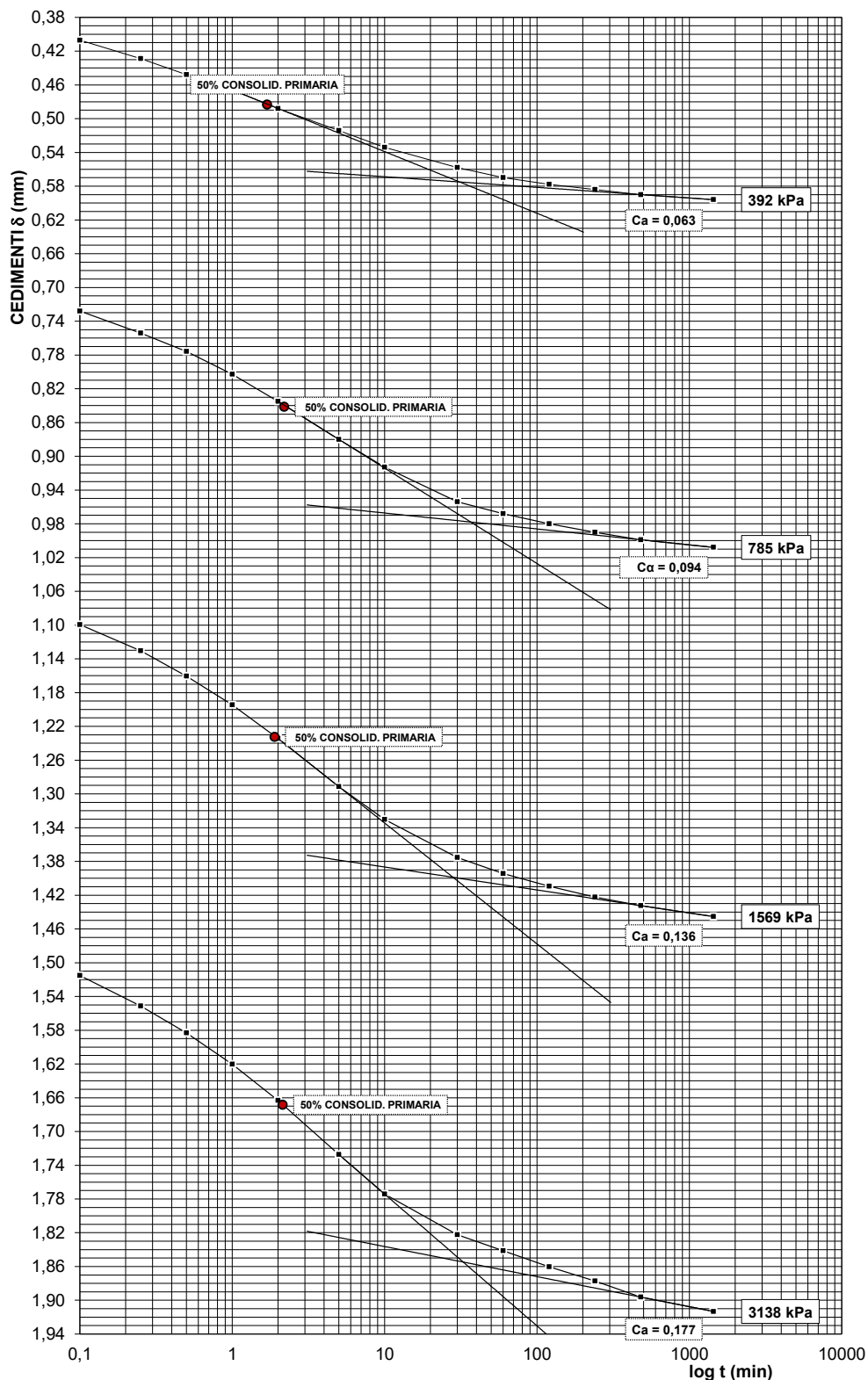
PAGINA:	31
PAGINA CERTIFICATO	
2 di 3	
N° CERTIFICATO	
28218 ED	

RICEV. CAMP.	13/10/23	DATA EMISSIONE CERTIF.	08/11/23	DATA INIZIO PROVA	18/10/23	DATA FINE PROVA	30/10/23
--------------	----------	------------------------	----------	-------------------	----------	-----------------	----------

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA


DIAGRAMMA DEFORMAZIONI / LOG DEL TEMPO PER

$\sigma' =$	392 kPa	785 kPa	1569 kPa
$\sigma' =$	3138 kPa		

[illegible]

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	Tecna S.r.l. per Comune di Caviglia Località Castelnuovo dei Sabbioni Caviglia (AR)	SOND.: S5PZ CAMP.: 1 da m: 3,30 a m: 3,80	PAGINA: 32 PAGINA CERTIFICATO 3 di 3 N° CERTIFICATO 28218 ED
	N° VERBALE 1698	N° COMMESSA 1490	
	RICEV. CAMP. 13/10/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 08/11/23	DATA INIZIO PROVA 18/10/23
		DATA FINE PROVA 30/10/23	

DETERMINAZIONE DELLA PRESSIONE DI PRECONSOLIDAZIONE σ'_p

METODO DI CASAGRANDE DIAGRAMMA INDICE DEI VUOTI - PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE

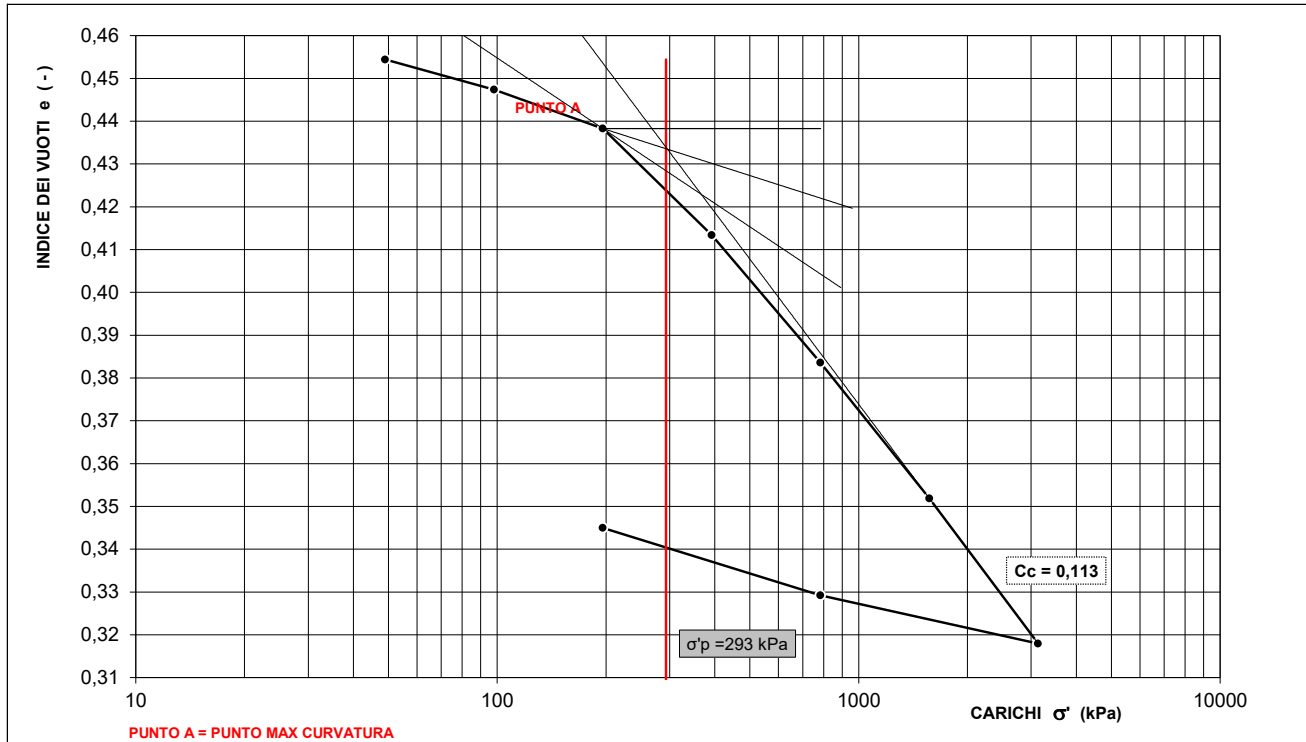
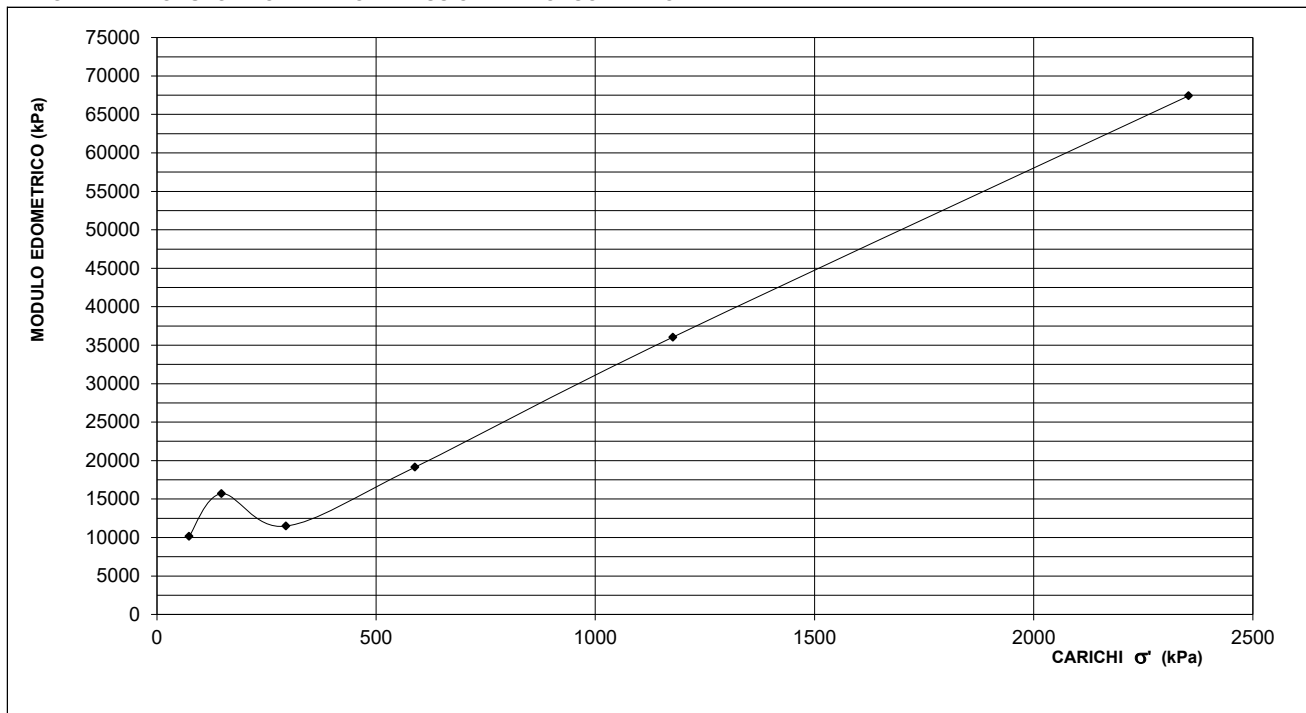


DIAGRAMMA MODULO EDOMETRICO - PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE



LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

PROVINCIA DI AREZZO
COMUNE DI CAVRIGLIA



**Indagini Geofisiche attive Down-Hole (DH) e passive HVSR svolte presso
Castelnuovo dei Sabbioni nel Comune di Caviglia (AR)**

Data esecuzione indagini: 25 Ottobre 2023
Data stesura relazione tecnica: 05 Novembre 2023

EngeoProgetti Srl
via Pontevecchio 18 Barga
55051 - Lucca
Pec : engeoprogettisrl@pec.it
Mobile Phone: 3496608449 / 3476146353



Dott. Geol. Francesco Puccetti
Dott. Geol. Cristian Pieroni

INDICE RELAZIONE

1 – PREMESSA	2
1.1 UBICAZIONE AREA DI STUDIO	2
1.2 INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE	2
1.3 STRUTTURA DELLA RELAZIONE	2
2 – INDAGINE SISMICA PASSIVA HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio)	3
2.1 ACQUISIZIONE DEI DATI DI RUMORE A STAZIONE SINGOLA	3
2.2 ANALISI DEI DATI	5
2.3 IL PROGETTO SESAME	5
2.3.1 CRITERI DI AFFIDABILITA' DEL PICCO	5
2.3.2 CRITERI DI CHIAREZZA DEL PICCO	7
2.3.3 INFORMAZIONI AGGIUNTIVE AI CRITERI SESAME	8
2.4 VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLE MISURE HVSR	10
2.5 CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	12
3 – INDAGINE SISMICA DOWN – HOLE	14
3.1 METODO DIRETTO – UTILIZZANDO UN SOLO RICEVITORE	14
3.2 METODO INTERVALLO	15
4 – BIBLIOGRAFIA	16

ALLEGATI

- ALLEGATO GRAFICO: ACQUISIZIONI MICROTREMORI – RAPPORTO SPETTRALE H/V – SPETTRO DELLE SINGOLE COMPONENTI – CRITERI DI AFFIDABILITÀ SESAME – CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII
- ALLEGATO GRAFICO: ELABORAZIONE INDAGINI SISMICHE ATTIVE DOWN-HOLE (DH)
- ALLEGATO GRAFICO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI

1 – PREMESSA

Il presente documento riguarda la descrizione, l'elaborazione e i risultati delle indagini geofisiche, di tipo sismico attivo e passivo, condotte presso Castelnuovo dei Sabbioni (AR).

1.1 – UBICAZIONE AREA DI STUDIO

Le indagini geofisiche integrate, sono state eseguite all'interno del territorio del paese di Castelnuovo dei Sabbioni, Comune di Cavriglia (AR), in aree non urbane.

Per la visualizzazione dell'ubicazione di ciascuna indagine geofisica svolta si rimanda alla cartografia tematica realizzata.

1.2 – INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE

La caratterizzazione dal punto vista sismico del terreno è stata condotta mediante la realizzazione delle seguenti tipologie di prove geofisiche sia attive che passive:

n. 6 indagine sismica passiva HVSR per determinare la frequenza di risonanza di sito.

n. 2 indagini sismiche attive Down-Hole (DH) per determinare il profilo sismostratigrafico delle onde P e SH.

1.3 – STRUTTURA DELLA RELAZIONE

La presente relazione descriverà i metodi di indagine utilizzati, illustrerà la metodologia di acquisizione, la strumentazione utilizzata, le tecniche e modalità di inversione/interpretazione, e verranno mostrati, in allegato, i risultati ottenuti con la campagna di prospezione geofisica sismica integrata, a supporto della caratterizzazione sismica del sottosuolo relativamente alle diverse aree di indagine.

Verranno quindi in un primo momento illustrate e descritte le varie tecniche di acquisizione dei dati geofisiche, successivamente verranno riportate le modalità di elaborazione dei dati ed infine mostrati i risultati ottenuti.

2 – INDAGINE SISMICA PASSIVA HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio)

Il metodo reso popolare da Nakamura nel 1989 è una valutazione di tipo sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie terrestre misurati puntualmente mediante l'utilizzo di un apposito sismometro a tre componenti (due orizzontali ortogonali tra di loro ed una verticale).

Proprio dal fatto che tale metodo si basa su di un rapporto viene anche denominato indagine HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio) o più semplicemente prova “di Nakamura”.

Rumore al di sotto degli 0.5 Hz è generato prevalentemente da onde marine e perturbazioni atmosferiche mentre al di sopra degli 0.5 Hz il contributo prevalente è dato da vento, traffico veicolare e attività industriali.

Il risultato di tale misura viene mostrato in un grafico in cui il rapporto H/V (in ordinata) è messo in relazione con la frequenza (in ascissa).

Le frequenze alle quali la curva H/V mostra dei picchi sono le frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura.

La risonanza è un fenomeno che si viene a creare quando si hanno forti contrasti di impedenza sismica tra uno strato e il sottostante.

In caso quindi di misura effettuata al di sopra di una roccia la curva H/V non presenterà picchi significativi ma avrà un andamento piano con ampiezza pari ad 1. Maggiore quindi è il contrasto sismico e maggiore sarà la precisione della misura H/V.

Geologicamente quindi una copertura soffice al di sopra di un basamento rigido rappresenta la condizione ottimale per questa metodologia di misurazione.

In questa configurazione molto semplice è possibile quindi mettere in relazione la frequenza di risonanza (f) con la velocità media delle onde S (Vs) e lo spessore della copertura soffice (h) mediante la seguente relazione:

$$f = V_s / 4h$$

Data quindi la frequenza di risonanza calcolata tramite il metodo H/V e la velocità media delle Vs delle coperture è quindi possibile ricavare la profondità dello strato a forte impedenza sismica e quindi fare successivamente una valutazione sulla possibile amplificazione sismica del sito in esame.

E' importante però che questo metodo (data la sua natura stocastica) sia utilizzato assieme ad una conoscenza generale dell'area di studio dal punto di vista geologico ed a prove di sismica quali MASW e/o rifrazione in modo da avere una conoscenza a priori della natura del sito e della velocità delle coperture.

In assenza di qualsiasi vincolo infatti esistono infiniti modelli (cioè combinazioni Vs-H) che soddisfano la stessa curva H/V.

2.1 – ACQUISIZIONE DEI DATI DI RUMORE A STAZIONE SINGOLA

Le misure di rumore a stazione singola si effettuano mediante l'utilizzo di sismometri a tre componenti (chiamati anche tromografi) con una sensibilità tra 0.1 e 20 Hz (corrispondenti ai modi di vibrare della maggior parte delle strutture).

Per quanto riguarda l'acquisizione in campagna bisogna prestare molta cura ed attenzione al posizionamento dello strumento.

L'accoppiamento dello strumento con il terreno deve essere fatto il più solidale possibile evitando interfacce intermedie (ad esempio cemento, fondo stradale ecc.) le quali causano grossi problemi dovuti all'inversione di velocità la cui conseguenza in molti casi è il non corretto risultato della curva H/V.

Importante è la messa in bolla dello strumento, se questo non fosse verificato le misure sarebbero completamente errate. Evitare la misura in giornate particolarmente avverse dal punto di vista meteorologico.

E' sempre consigliabile posizionare lo strumento all'interno di una piccola buca nel terreno in modo da mantenerlo oltre che perfettamente solidale anche al riparo da possibili agenti di disturbo.

Dal momento che le frequenze di interesse ingegneristico non superano i 25 Hz la frequenza di campionamento non deve essere inferiore ai 50 Hz.

Particolarmente importante è la durata della registrazione. Come accennato in precedenza, la misura di rumore è un fenomeno detto stocastico quindi per avere una validità dal punto di vista statistico è necessaria una consistente quantità di dati i quali si ottengono registrando il rumore per una durata commisurata alla frequenza di risonanza di interesse.

In generale quindi per avere un dato concreto riguardante un bedrock sismico profondo (basse frequenze di risonanza) sarà necessario un tempo di registrazione più lungo rispetto ad un bedrock sismico superficiale (alte frequenze di risonanza).

L'orientamento dello strumento in via convenzionale deve essere rivolto verso il Nord geografico.

In presenza di elementi topografici o morfologici lo strumento dovrebbe essere allineato secondo gli assi di questi in modo da cogliere eventuali effetti di direttività. Quest'ultima può essere causata o da una non omogenea distribuzione delle sorgenti attorno allo strumento di misura o da cause derivanti dalla natura del sottosuolo sia per motivi topografici (misure a bordo di una scarpata ad esempio) sia per motivi stratigrafici (valli sepolte, stratificazioni inclinate ecc.). Le misure quindi in cui è presente questa problematica vanno interpretate con cautela.

2.2 – ANALISI DEI DATI

Una volta registrate le serie temporali di ciascuna componente il calcolo della curva H/V avviene passando al dominio delle frequenze e facendo il rapporto tra la componente H e la componente V. La componente H è la media delle due componenti orizzontali.

Per quanto riguarda le fasi dettagliate del processing si fa riferimento alle linee guide fornite dal progetto SESAME (2004).

La fase di interpretazione successiva deve essere fatta con alcuni accorgimenti fondamentali:

- 1- La curva H/V deve essere statisticamente significativa, ovvero deve avere una deviazione standard sia in ampiezza che in frequenza ridotta. Se questo non fosse verificato, premesso che la prova è stata acquisita tenendo presente tutti gli accorgimenti descritti nel precedente paragrafo, è necessario “pulire” la curva H/V. SESAME (2004) propone la rimozione nella serie temporale di quelle finestre in cui la deviazione standard del segnale STA (media a breve termine) è maggiore della media a lungo termine (LTA). Si tratta quindi dell’eliminazione di quelle finestre in cui è evidente la presenza di segnali di disturbo (detti transienti).
- 2- La curva H/V deve essere SEMPRE osservata insieme agli spettri di ciascuna componente in modo da poter effettivamente individuare quei picchi di natura stratigrafica. In condizioni normali infatti le tre componenti hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si ha un picco del rapporto H/V in quanto diminuisce la componente verticale determinando una forma a “occhio” o “ogiva” indice di una risonanza stratigrafica. I picchi di forma differente non sono attribuibili a cause stratigrafiche.

2.3 – IL PROGETTO SESAME

Il progetto SESAME ha stabilito delle direttive per garantire la riproducibilità delle misure H/V, indispensabile per ottenere dei dati rappresentativi e poco influenzati dal contesto di misura ed ambientale.

Le direttive fornite dal progetto SESAME descrivono diversi criteri da seguire mediante i quali è possibile valutare l’attendibilità della curva H/V.

2.3.1 – CRITERI DI AFFIDABILITÀ DEL PICCO

Le seguenti condizioni di affidabilità sono state stabilite grazie al progetto SESAME (Site Effects Assessment Using Ambient Excitations), a seguito dei numerosi studi condotti (SESAME 2004).

La prima condizione necessaria per ritenere una curva H/V affidabile, è la sua riproducibilità nello stesso sito con altre sorgenti e tipologie di rumore ambientale, e mediante una differente selezione di finestre.

In sintesi i primi tre criteri tutti da soddisfare sono i seguenti:

1. $f_0 > 10 / l_w$, ovvero che alla frequenza di interesse devono trovarsi almeno 10 cicli significativi nella finestra selezionata.; l_w è la lunghezza della finestra.
2. $n_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0 > 200$, ossia che il numero di cicli significativi sia maggiore di 200; n_w è il numero di finestre selezionate per condurre l'analisi.
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. In particolare la deviazione standard deve essere minore di 2 (se $f_0 > 0.5$) nell'intervallo $0.5f_0 < f < 2f_0$ e minore di 3 (se $f_0 < 0.5$) sempre nel solito intervallo.

Per quanto detto nei punti I e II quindi un picco ad 1 Hz per la sua corretta affidabilità devono esserci almeno 20 finestre di 10 s ognuna, o per un picco a 0,5 Hz, 10 finestre a 40s.

Nella tabella sottostante vengono indicati parametri di affidabilità a seconda del picco di interesse.

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

Poiché i transienti eventualmente presenti nella registrazione vanno eliminati in fase di processing, è opportuno allungare il tempo di registrazione.

La tabella sopra indicata, fornita dal progetto SESAME deve comunque essere utilizzata in maniera molto indicativa.

Nella realtà infatti bisogna tenere presente che per la registrazione corretta di un picco a basse frequenze (bedrock sismico profondo quindi) a seconda delle caratteristiche geologiche del sito sono necessari tempi di registrazione superiori (anche nell'ordine delle ore).

E' quindi buona norma prima di effettuare misure di rumore conoscere la geologia della zona da investigare e fare riferimento a tutte le prove pregresse effettuate nel sito.

2.3.2 – CRITERI DI CHIAREZZA DEL PICCO

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 $A_0 / A_{H/V}(f^-) > 2$; dove A_0 rappresenta l'ampiezza media del picco e $A_{H/V}(f^-)$ l'ampiezza della frequenza f^- .
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 σ_f , deve essere inferiore ad una soglia massima $\varepsilon(f_0)$;
3. La deviazione standard del picco in ampiezza $\sigma_A(f_0)$, deve essere inferiore ad una soglia massima $\theta(f_0)$; Il valore $\sigma_A(f_0)$ rappresenta il numero con cui moltiplicare e dividere la curva media H/V per ottenere le curve relative alla deviazione standard.

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
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.20 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

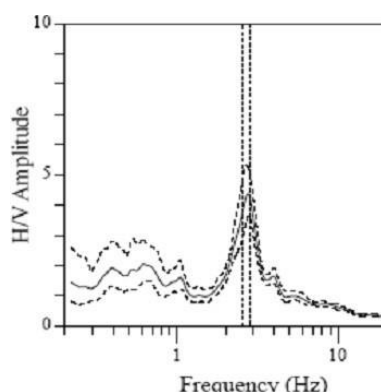
Quindi se la curva H/V per un dato sito soddisfa almeno 5 di queste 6 condizioni, il valore di f_0 è da considerarsi rappresentativo della frequenza fondamentale; se l'ampiezza di picco A_0 è

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 t_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. 10 - Esempio di picco netto da SESAME (2004)

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.

2.3.3 – INFORMAZIONI AGGIUNTIVE AI CRITERI SESAME

A questo punto verificati i punti sopra elencati occorre allegare a tali risultati altre informazioni non descritte nel progetto SESAME per dare maggiore stabilità all’indagine.

Di seguito l’elenco completo:

1. Stazionarietà temporale dei rapporti spettrali.

In pratica una volta effettuata la registrazione, il dato viene diviso dall’operatore in finestre temporali, per ciascuna di esse il software calcola la curva H/V e come output restituisce un diagramma FT in cui al variare del tempo viene mostrato l’andamento del segnale.

Il segnale è stazionario se la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura.

2. Direttività del segnale (azimuth).

Il software calcola una volta selezionate le finestre la direttività del segnale ovvero la sua provenienza rispetto all'orientazione degli assi dei sensori dello strumento (di norma la componente orizzontale NS deve essere rivolta verso Nord).

La direttività corretta si ha quando il picco H/V (nel caso sia presente uno solo altrimenti tutti i picchi) è presente da 0 a 180° (da 180° a 360° è superfluo poiché la distribuzione del segnale è speculare) ovvero le sorgenti intorno allo strumento sono uniformi in tutte le direzioni.

Viceversa in caso di segnali direttivi in un range ridotto di frequenze le cause possono essere varie tra cui sorgenti non uniformi (es. rumori industriali).

In questo caso il risultato della registrazione non è attendibile. le variazioni azimuthali di ampiezza non devono superare il 30% del massimo.

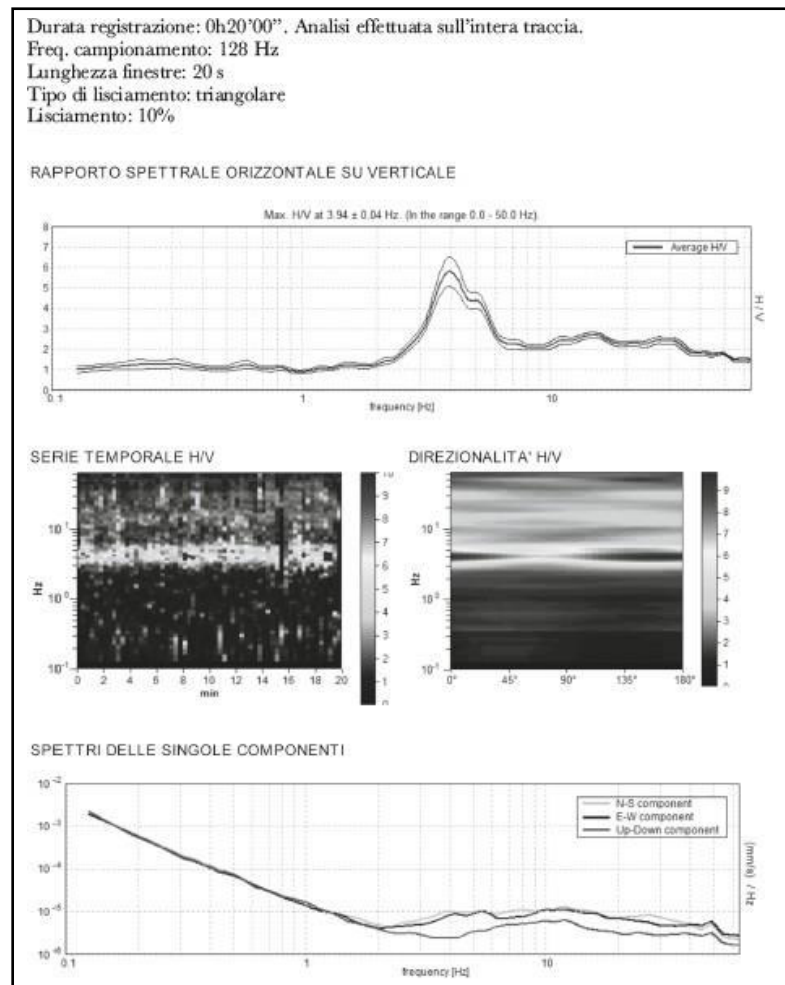
Questo deriva dal fatto che, nonostante la natura stocastica del fenomeno, in presenza di un campo d'onda diffuso, ovvero caratterizzato da sorgenti posizionate in maniera statisticamente omogenea attorno al sito di misura che si attivano in maniera non coordinata, l'andamento medio del segnale risulterà statisticamente indipendente dalla loro natura e posizione e sarà condizionato soprattutto dalla struttura del sottosuolo.

3. Si deve inoltre allegare l'andamento complessivo del rapporto H/V e gli spettri di ciascuna componente.

Ciò è utile per verificare che in corrispondenza del picco ci sia un effettivo abbassamento della componente verticale rispetto alle componenti orizzontali (plausibilità fisica).

Inoltre mediante il confronto dei vari spettri è possibile verificare se lo strumento è bene in bolla e l'eventuale presenza di inversioni di velocità caratterizzate contrariamente da quanto detto in precedenza da un abbassamento delle componenti orizzontali rispetto alla componente verticale.

4. Bisogna verificare l'assenza di rumore elettromagnetico caratterizzato da una forte direttività e da picchi molto stretti nella curva H/V.



Picco H/V a 3.9 ± 0.04 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz).			
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	$3.94 > 0.50$	OK	
$n_{\alpha}(f_0) > 200$	$4725.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 190	OK	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^* in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	3.031 Hz	OK	
Esiste f^* in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	5.938 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.79 > 2$	OK	
$f_{\text{deco}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00462 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < g(f_0)$	$0.01818 < 0.19688$	OK	
$\sigma_A(f_0) < 0.5f_0$	$0.3534 < 1.58$	OK	

Fig. 11 - Esempio di acquisizione corretta e presentazione dei risultati (D.Albarello,S.Castellaro, 2011)

2.4 – VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE MISURE HVSR

E' proposta, quale metodo di valutazione della qualità tecnica delle misure HVSR acquisite, la classificazione proposta da Albarello et alii, 2010 e Albarello & Castellaro,2011.

L'obiettivo della classificazione è fornire una indicazione immediata circa la qualità delle singole misure H/V, con lo scopo di aiutare gli operatori nella fase interpretativa e nel confronto con altri dati osservati.

La classificazione di Albarello et alii, 2010 e Albarello & Castellaro, 2011 si divide in 3 classi principali: Classe A, Classe B e Classe C.

Classe A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.

1. la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (stazionarietà)
2. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (isotropia)
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (assenza di disturbi)
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (plausibilità fisica)
5. i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3 criteri) sono verificati (robustezza statistica)
6. la misura è durata almeno 15/20 minuti (durata)

ECCEZIONE per la Classe A: misure effettuate su roccia integra affiorante o in zone alluvionali fini con basamento sismico molto profondo (tipicamente > 1 km) possono non mostrare alcun picco statisticamente significativo della curva H/V nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico, a causa dell'assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati. In questi casi, in cui la curva H/V apparirà piatta e con ampiezza circa pari a 1, il criterio 5 risulterà non verificato anche se la misura è di fatto attendibile.

Classe B: curva H/V sospetta (da "interpretare"): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze

1. almeno una delle condizioni della classe A non è soddisfatta, a condizione che non si rientri nell'ECCEZIONE per la Classe A.

Classe C: curva H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata

1. misura di tipo B nella quale la curva H/V mostra una ampiezza crescente al diminuire della frequenza (deriva), indice di un movimento dello strumento durante la misura
2. misura di tipo B nella quale si evidenzia la presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di potenziale interesse.

Per le sole Classi A e B si possono pertanto definire due sottoclassi delle classi precedenti, ossia: Tipo 1. Presenta almeno un picco "chiaro" secondo i criteri di SESAME: possibile

risonanza Tipo 2. Non presenta picchi “chiari” nell’intervallo di frequenze di interesse: assenza di risonanza

2.5 – CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le misure di rumore HVSR sono state tutte registrate mediante l’utilizzo del tromografo *THEREMINO*, costituito da geofoni con frequenza di 4.5 Hz

La sua particolare forma e utilizzo è il risultato di alcune considerazioni sperimentali e non per motivi estetici o di designer:

- 1- Forma circolare per avere la minima resistenza al vento;
- 2- Cupola emisferica ribassata per avere la minima resistenza al vento;
- 3- Baricentro molto ribassato per avere la massima stabilità;
- 4- Peso aumentato da una zavorra in piombo;
- 5- Diametro sufficientemente largo per avere una maggiore stabilità;
- 6- Materiale in policarbonato per isolare acusticamente i geofoni dai rumori antropici ed ambientali;
- 7- I cavi non devono essere posizionati verticalmente rispetto allo strumento perché causano vibrazioni dovute al vento, il cavo ha l'effetto " bandiera " generando frequenze orizzontali che non hanno nulla a che fare con i microtremiti;
- 8- Aumento della larghezza della base di appoggio, in questo modo i tre puntali che poggiano sul terreno aumentano la stabilità dello strumento e garantiscono una riduzione della rumorosità strumentale indotta da vento e rumori antropici;
- 9- Distanza identica tra i vari puntali, in questo modo si ha una eguale distribuzione a 360° delle vibrazioni indotte dal terreno;
- 10- Con il piombo di zavorra si è aumentata la pressione sul terreno evitando così saltellamenti verticali e garantendo una maggiore aderenza e continuità tra terreno e strumento;
- 11- La zavorra in piombo posizionata nella parte medio bassa della piastra e l'alleggerimento della cupola hanno spostato il baricentro strumentale a pochi cm dal piano di appoggio sul terreno, ciò va a favore della stabilità;
- 12- La forma rotondeggiante della piastra e la forma emisferica della cupola permette di avere un alto grado di permeabilità al vento, possibile affondare la piastra di 4- 5 cm nel terreno estirpando la cortina erbosa superficiale, in questo modo dal piano si campagna spunta solo la cupola riducendo ulteriormente l'effetto vento;

-
- 13- Isolamento acustico del geofono grazie allo spessore della cupola, in questo modo di riduce l'effetto "microfono" dei geofoni che trasformano i rumori acustici in fastidiosi disturbi e rumori random;
 - 14- Spessori centimetrici delle pareti dell'ufo per evitare vibrazioni dannose dovute a spessori millimetrici dei contenitori spesso in plastica della scatola utilizzata;
 - 15- Minima superficie laterale per ridurre l'impatto con il vento;
 - 16- La forma tondeggiante e emisferica della piastra e della cupola permette di avere la medesima disposta al vento in tutti i 360 gradi;
 - 17- Contenitore basso e largo, e pesante al contrario di molti strumenti stretti alti e leggeri con pareti di lamierino sottile (vere casse acustiche), il contrario di come dovrebbero essere;
 - 18- Molta cura nel posizionamento all'interno dello strumento dell'elettronica e dei geofoni, riduzione al massimo di componenti inutili che hanno lo scopo di sporcare il segnale e una cura per schermare il segnale da inquinamento elettromagnetico.

3 - INDAGINE SISMICA DOWN-HOLE

In sismica non esistono soltanto le metodologie di indagine della rifrazione e della riflessione, esistono altre che prendono il nome di “sismica in foro”.

Una di esse, che è stata affrontata in questo lavoro, è la sismica Down-Hole. In questa tecnica viene fatto un foro nel terreno (di solito si utilizza il foro fatto per un carotaggio) opportunamente rivestito in cui viene fatto calare un sensore a tre componenti, in grado quindi di registrare sia le onde P che le S (SH e SV), a intervalli di 1-2 metri fissandolo alle pareti del foro tramite un sistema ad aria compressa o idraulico.

La sorgente viene posta in superficie ad una distanza d dal foro.

L'impulso alla sorgente produce lungo la direzione di propagazione verticale prevalentemente onde longitudinali P se la battuta è effettuata verticalmente (ad esempio una colpo di mazza su di una piastra) mentre produce impulsi prevalentemente orizzontali e quindi onde di taglio polarizzate orizzontalmente (onde SH) se vengono effettuate battute parallele al terreno di superficie (ad esempio lateralmente ad una trave di legno opportunamente fissata al terreno).

L'acquisizione dei dati può avvenire in due modi differenti:

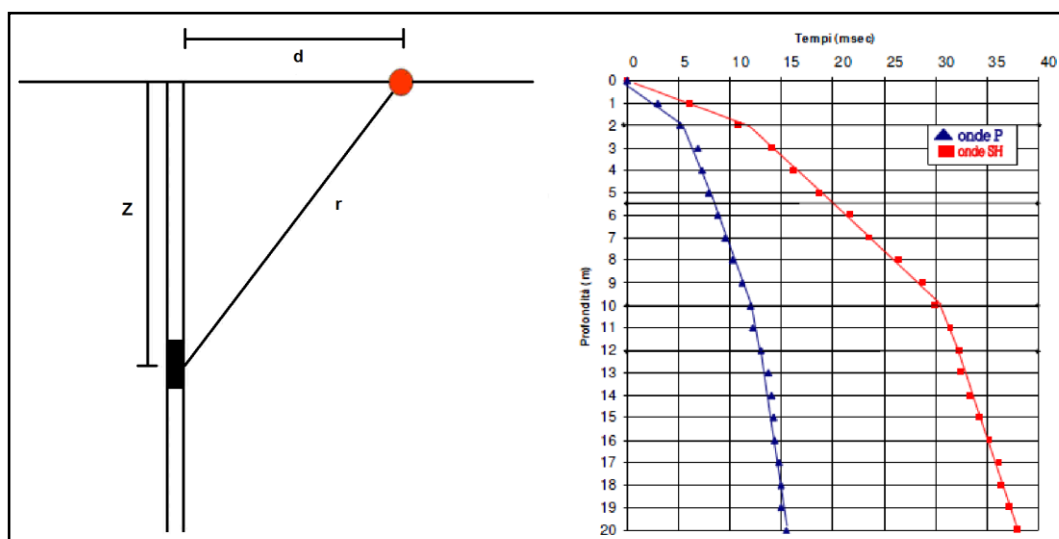
3.1 METODO DIRETTO – UTILIZZANDO UN SOLO RICEVITORE

Per poter interpretare il down - hole con il metodo diretto, inizialmente, è necessario correggere i tempi di tragitto t misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde.

Quindi se d è la distanza della sorgente dall'asse del foro, r la distanza fra la sorgente e il sensore tridimensionale, z la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti (t_{corr}) mediante la seguente formula di conversione:

$$t_{corr} = (Z / r) t$$

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 dal coefficiente angolare (come nella sismica a rifrazione) dei segmenti di retta lungo i quali si interpolano i dati sperimentali.



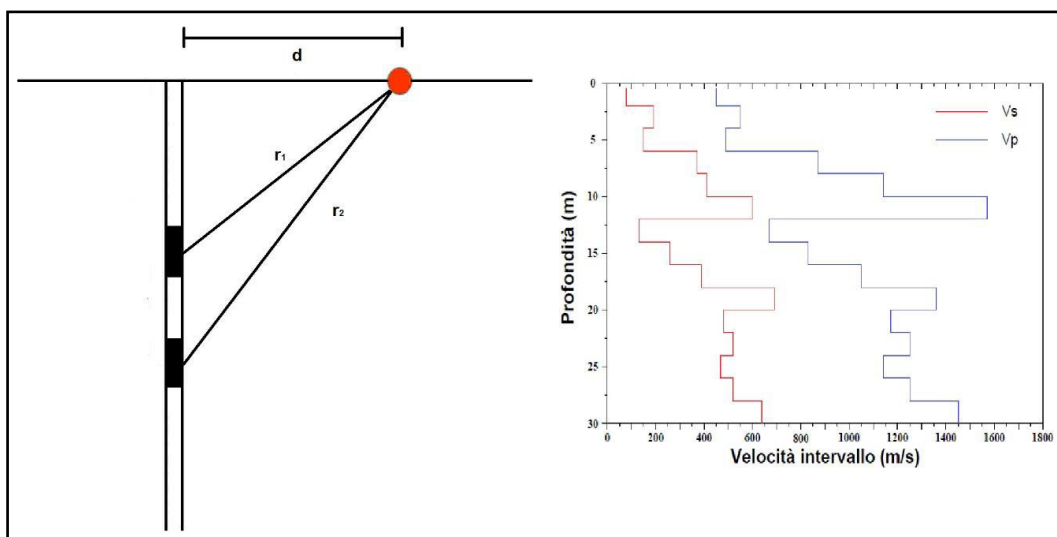
Schema di acquisizione con un ricevitore e a destra il relativo risultato

3.2 METODO INTERVALLO

Questo metodo risulta migliore del primo in quanto i tempi di tragitto dell'onda sismica si misurano fra due ricevitori consecutivi posti a differente profondità consentendo una migliore definizione del profilo di velocità.

Ottenute le misure è possibile calcolare i tempi corretti con la formula vista in precedenza e la “velocità di intervallo” delle onde P e S con la formula seguente:

$$V_{p,s} = (Z_2 - Z_1) / (t_{2corr} - t_{1corr})$$



Schema di acquisizione con doppio ricevitore e a destra il relativo risultato.

Il metodo intervallo presenta però dei limiti infatti non tiene conto della velocità degli strati sovrastanti e non è applicabile nel caso in cui $t_{2corr} < t_{1corr}$.

4 – BIBLIOGRAFIA

C. Park, R. Miller, J. Xia. Multichannel Analysis of Surface Waves, *Geophysics*, 64(3), 800-808, 1999.

C. Park, R. Miller, J. Xia and J. Ivanov. Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) – active and passive methods, *The Leading Edge* (January 2007).

M. Cercato. Addressing non-uniqueness in linearized multichannel surface wave inversion, *Geophysical Prospecting*, 00, 1-21, 2008.

S. Foti, F. Santucci de Magistris, F. Silvestri, C. Eva. Valutazione degli standard di esecuzione e dell'efficacia delle indagini di sismica attiva e passiva, 2008.

D. Albarello, S. Castellaro. Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola *Ingegneria Sismica Anno XXVIII – n. 2 – 2011*.

M. Bour*, D. Fouissac, P. Dominique & C. Martin. On the use of microtremor recordings in seismic microzonation (1998).

SESAME European research project. Guidelines for implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations, measurements, processing and interpretation (2004).

ALLEGATI

- **ALLEGATO GRAFICO: ACQUISIZIONI MICROTREMORI – RAPPORTO SPETTRALE H/V – SPETTRO DELLE SINGOLE COMPONENTI – CRITERI DI AFFIDABILITÀ SESAME – CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII**

- **ALLEGATO GRAFICO: ELABORAZIONE INDAGINI SISMICHE ATTIVE DOWN-HOLE (DH)**

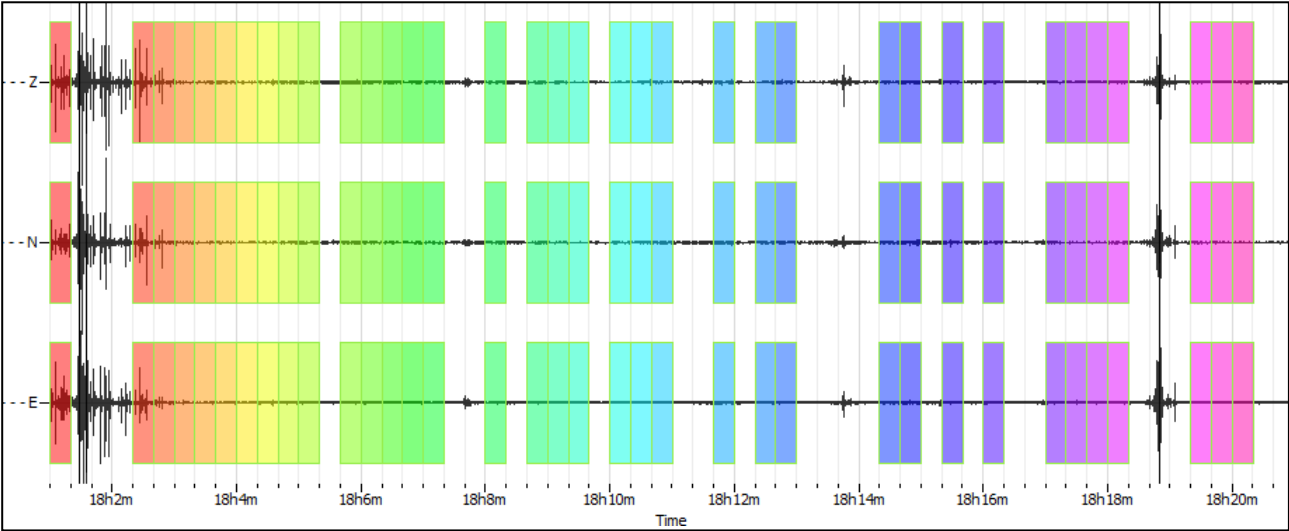
- **ALLEGATO GRAFICO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI**

- **ALLEGATO GRAFICO: ACQUISIZIONI MICROTREMORI – RAPPORTO SPETTRALE H/V – SPETTRO DELLE SINGOLE COMPONENTI – CRITERI DI AFFIDABILITÀ SESAME – CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII**

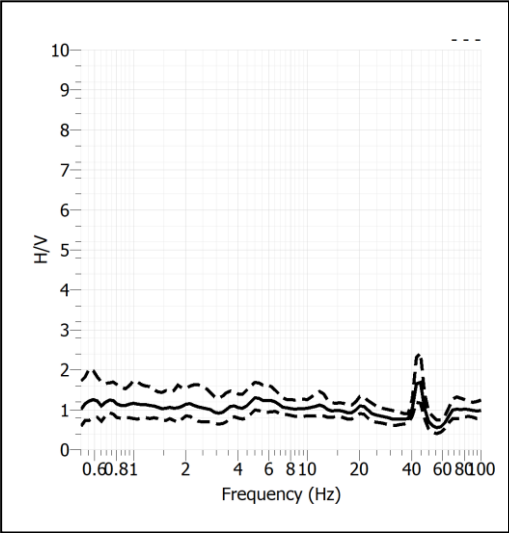
Stazione	01_PZ	
Strumento	Theremino	
Data acquisizione	Ottobre 2023	
Durata registrazione	20 minuti	
Freq. Campionamento	500 Hz	
Lunghezza finestre	20 s	
Numero di finestre analizzate	36 (61% del tracciato)	
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi	
Lisciamento	40	
Orientamento strumentazione	0° N	
Terreno di misura	Suolo naturale	
Meteo	Sereno	

Frequenza del picco H/V	NP
Ampiezza Media della frequenza	-

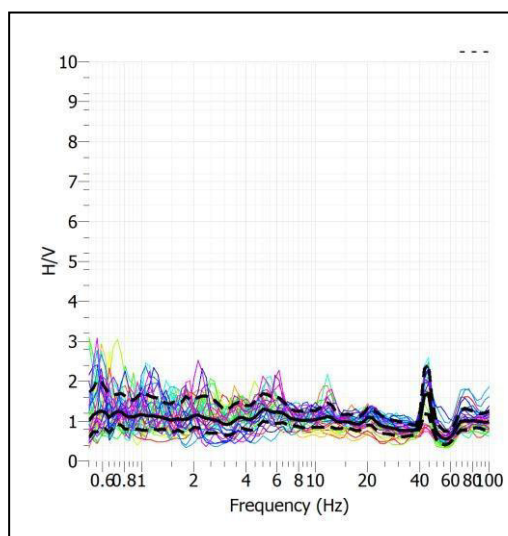
ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



RAPPORTO SPETTRALE H/V



SERIE TEMPORALE H/V



CRITERI SESAME

ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	SI
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	NO
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	NO
PLAUSIBILITA' FISICA	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	NO
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	NO

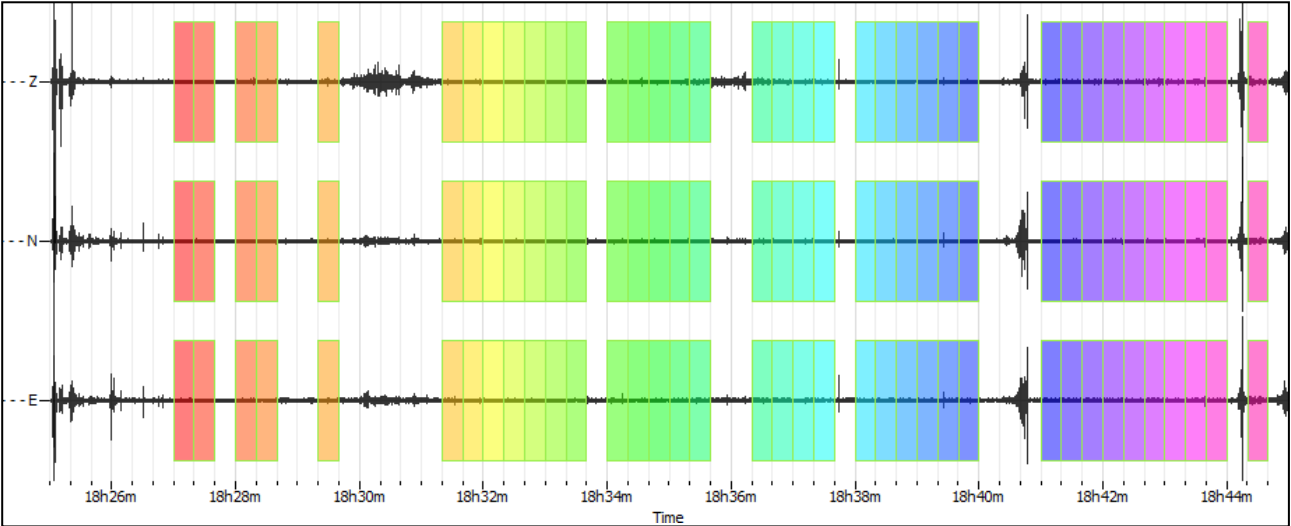
CLASSE	A2
---------------	-----------

Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)

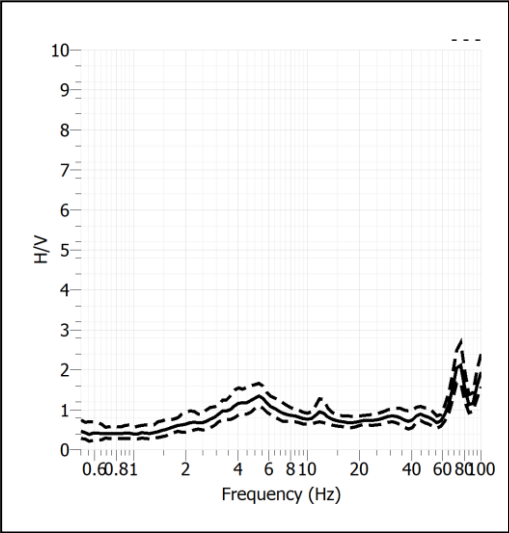
Stazione	02_PZ	
Strumento	Theremino	
Data acquisizione	Ottobre 2023	
Durata registrazione	20 minuti	
Freq. Campionamento	500 Hz	
Lunghezza finestre	20 s	
Numero di finestre analizzate	37 (64% del tracciato)	
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi	
Lisciamento	40	
Orientamento strumentazione	0° N	
Terreno di misura	Suolo naturale	
Meteo	Sereno	

Frequenza del picco H/V	NP
Ampiezza Media della frequenza	-

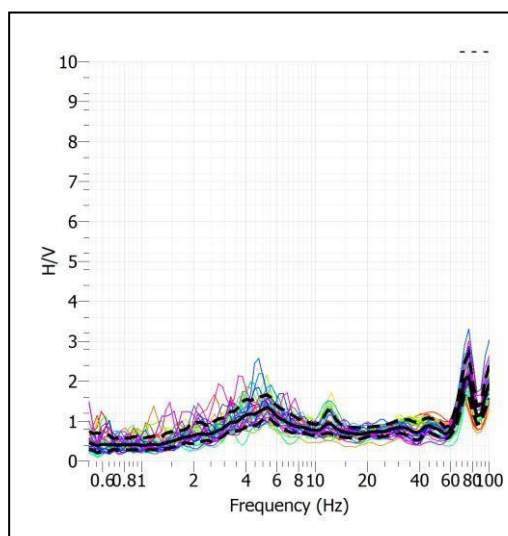
ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



RAPPORTO SPETTRALE H/V



SERIE TEMPORALE H/V



CRITERI SESAME

ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	SI
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	NO
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	NO
PLAUSIBILITA' FISICA	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	NO
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	NO

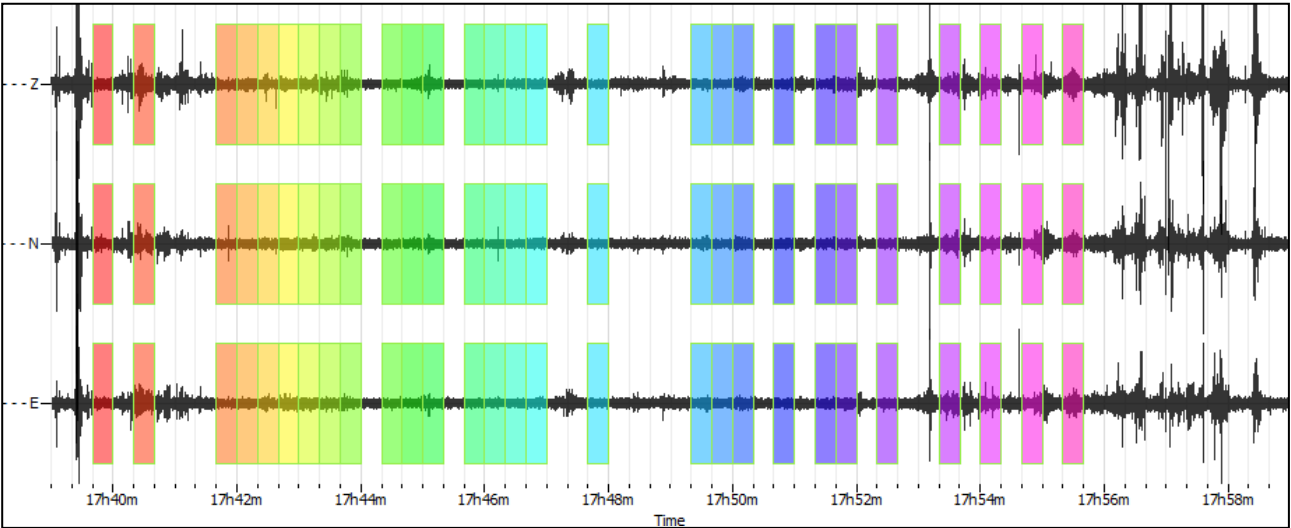
CLASSE	A2
---------------	-----------

Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)

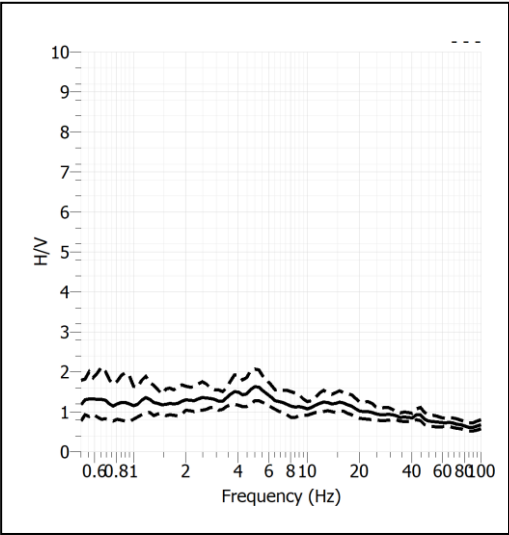
Stazione	03_DH	
Strumento	Theremino	
Data acquisizione	Ottobre 2023	
Durata registrazione	20 minuti	
Freq. Campionamento	500 Hz	
Lunghezza finestre	20 s	
Numero di finestre analizzate	28 (48% del tracciato)	
Tipo di lisciamiento	Konno & Ohmachi	
Lisciamiento	40	
Orientamento strumentazione	0° N	
Terreno di misura	Suolo naturale	
Meteo	Sereno	

Frequenza del picco H/V	NP
Ampiezza Media della frequenza	-

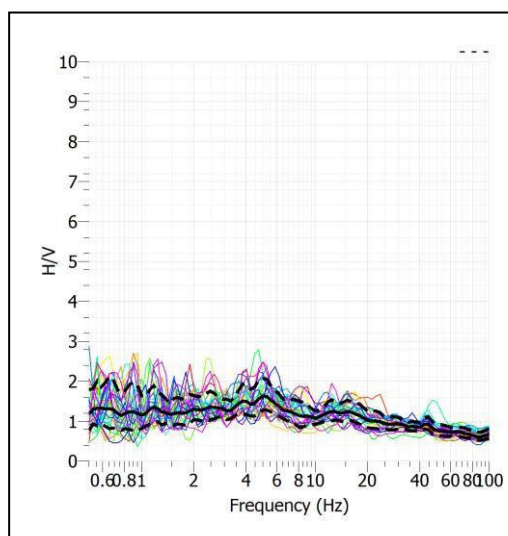
ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



RAPPORTO SPETTRALE H/V



SERIE TEMPORALE H/V



CRITERI SESAME

ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	SI
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	NO
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	NO
PLAUSIBILITA' FISICA	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	NO
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	NO

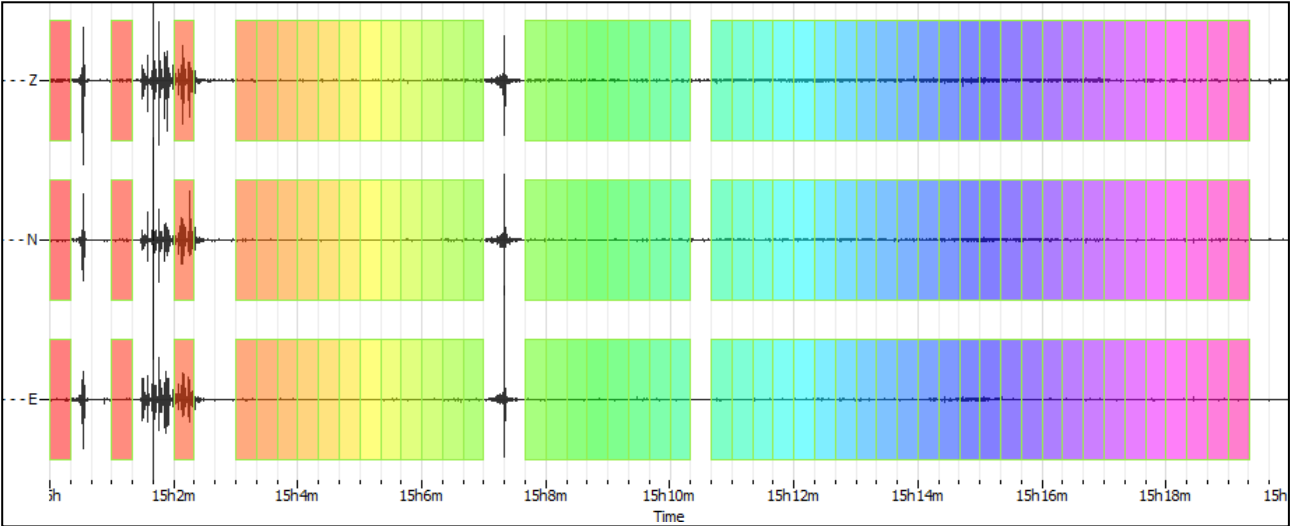
CLASSE	A2
---------------	-----------

Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)

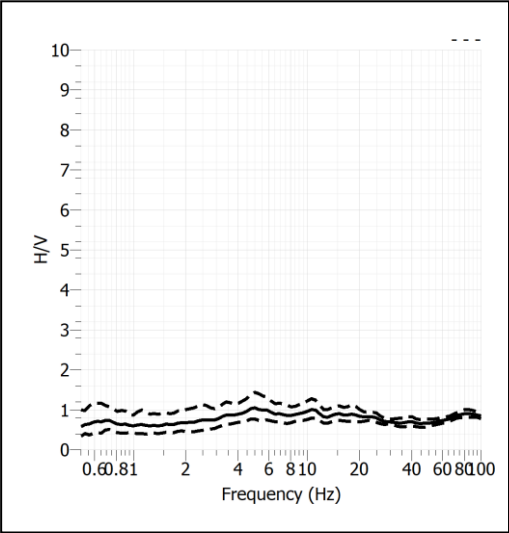
Stazione	04_DH	
Strumento	Theremino	
Data acquisizione	Ottobre 2023	
Durata registrazione	20 minuti	
Freq. Campionamento	500 Hz	
Lunghezza finestre	20 s	
Numero di finestre analizzate	49 (83% del tracciato)	
Tipo di lisciamiento	Konno & Ohmachi	
Lisciamiento	40	
Orientamento strumentazione	0° N	
Terreno di misura	Suolo naturale	
Meteo	Sereno	

Frequenza del picco H/V	NP
Ampiezza Media della frequenza	-

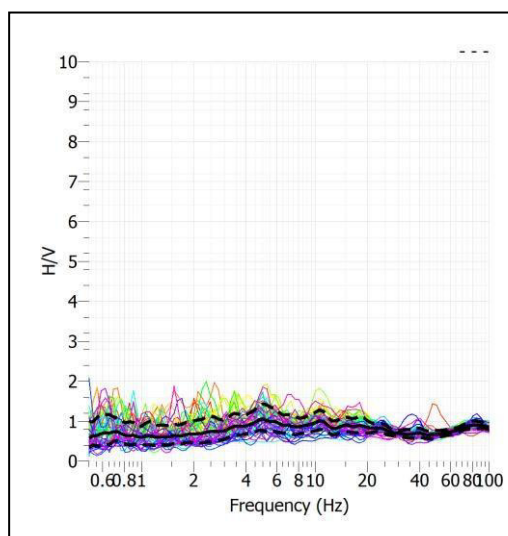
ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



RAPPORTO SPETTRALE H/V



SERIE TEMPORALE H/V



CRITERI SESAME

ULTERIORI CRITERI (D.Albarelli, S.Castellaro, 2011)		
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	SI
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	NO
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	NO
PLAUSIBILITA' FISICA	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	NO
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	NO

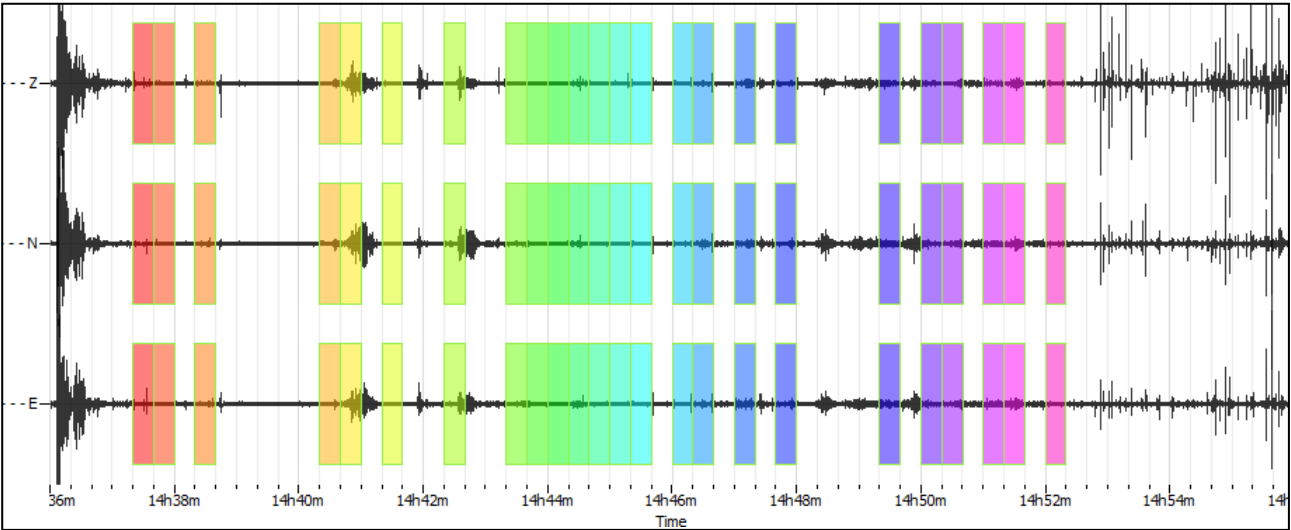
CLASSE	A2
---------------	-----------

Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)

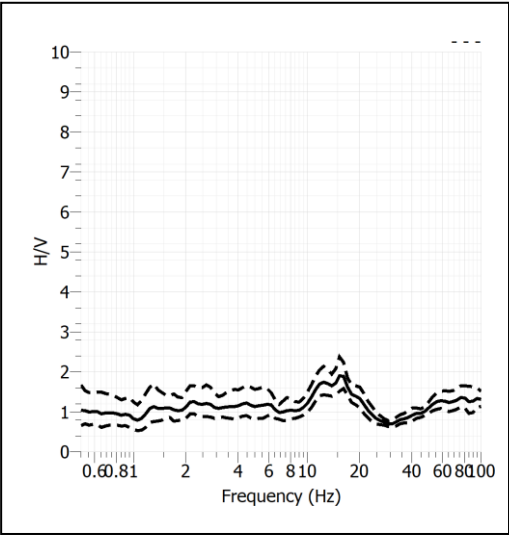
Stazione	05_F	
Strumento	Theremino	
Data acquisizione	Ottobre 2023	
Durata registrazione	20 minuti	
Freq. Campionamento	500 Hz	
Lunghezza finestre	20 s	
Numero di finestre analizzate	24 (41% del tracciato)	
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi	
Lisciamento	40	
Orientamento strumentazione	0° N	
Terreno di misura	Suolo naturale	
Meteo	Sereno	

Frequenza del picco H/V	NP
Ampiezza Media della frequenza	-

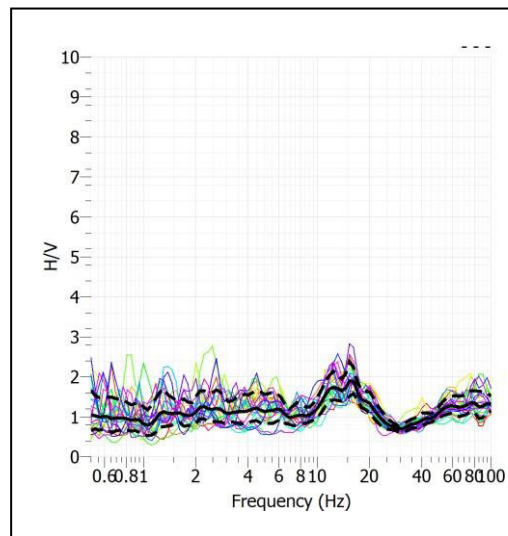
ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



RAPPORTO SPETTRALE H/V



SERIE TEMPORALE H/V

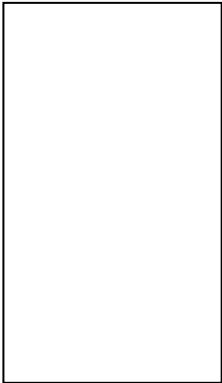


CRITERI SESAME

ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	SI
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	NO
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	NO
PLAUSIBILITA' FISICA	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	NO
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	NO

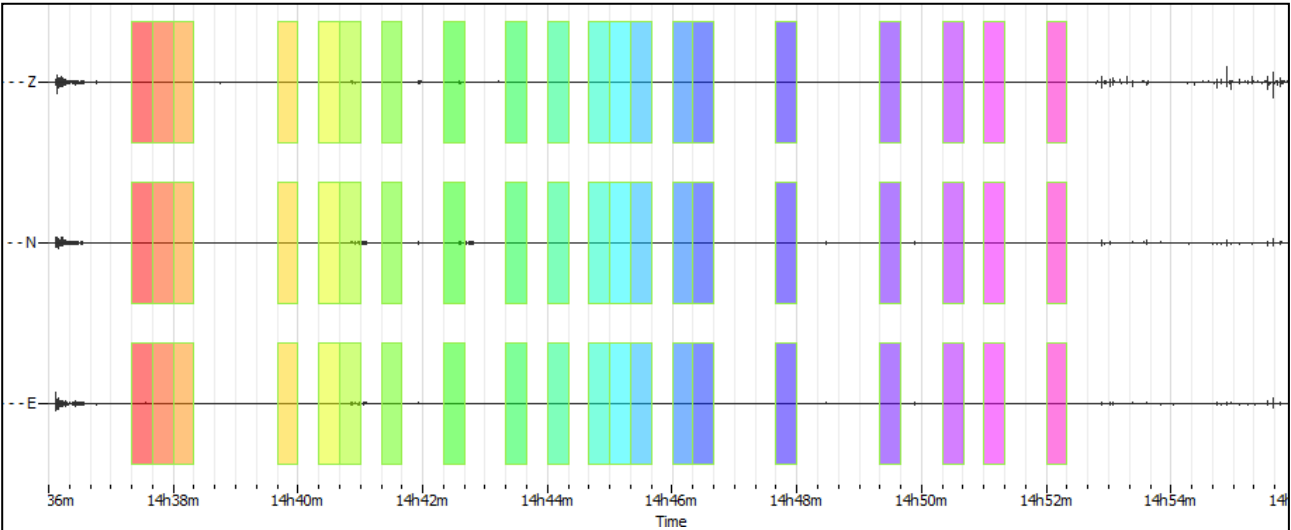
CLASSE	A2
---------------	-----------

Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)

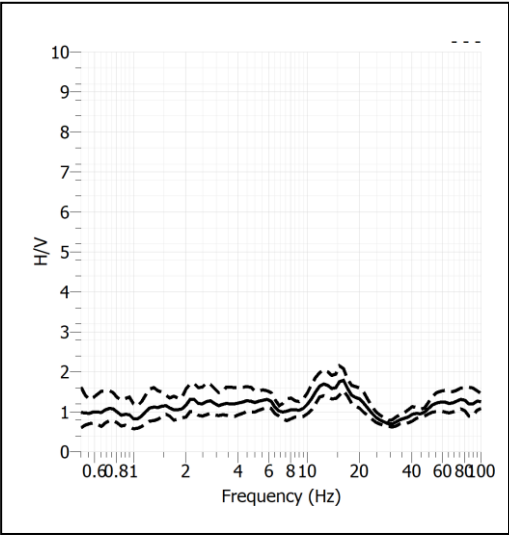
Stazione	06_F	
Strumento	Theremino	
Data acquisizione	Ottobre 2023	
Durata registrazione	20 minuti	
Freq. Campionamento	500 Hz	
Lunghezza finestre	20 s	
Numero di finestre analizzate	20 (33% del tracciato)	
Tipo di lisciamiento	Konno & Ohmachi	
Lisciamiento	40	
Orientamento strumentazione	0° N	
Terreno di misura	Suolo naturale	
Meteo	Sereno	

Frequenza del picco H/V	NP
Ampiezza Media della frequenza	-

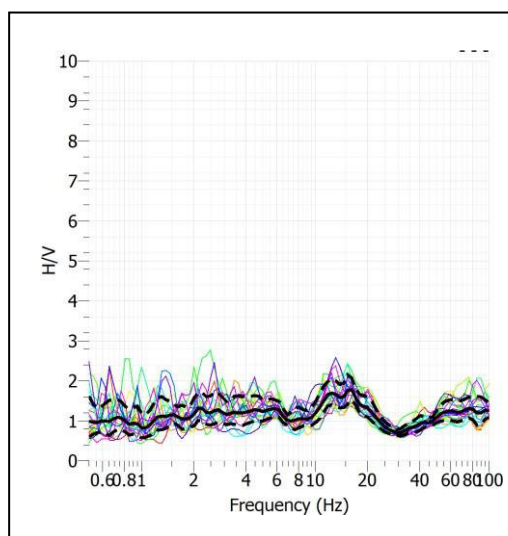
ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



RAPPORTO SPETTRALE H/V



SERIE TEMPORALE H/V



CRITERI SESAME

ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	SI
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	NO
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	NO
PLAUSIBILITA' FISICA	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	NO
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	NO

CLASSE	A2
---------------	-----------

Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)

- **ALLEGATO GRAFICO: ELABORAZIONE INDAGINI SISMICHE ATTIVE DOWN-HOLE (DH)**

- **ALLEGATO GRAFICO: ELABORAZIONE INDAGINE SISMICA ATTIVA DOWN-HOLE (DH_3)**

MISURE DOWN HOLE

Interpretazione delle misure

Dati iniziali

Offset scoppio [m]	Numero di ricezioni	Posizione primo geofono [m]	Interdistanza [m]
3	32	1	1

Dati misure down hole

Registrazioni Nr.	Z [m]	Tp [msec]	Ts [msec]
1	1.00	3.30	7.60
2	2.00	4.50	9.40
3	3.00	4.90	10.90
4	4.00	5.30	12.10
5	5.00	5.90	13.10
6	6.00	6.30	13.60
7	7.00	6.70	14.60
8	8.00	6.90	15.30
9	9.00	7.20	16.10
10	10.00	7.70	17.20
11	11.00	8.10	18.10
12	12.00	8.70	18.70
13	13.00	8.90	19.90
14	14.00	9.20	20.50
15	15.00	9.70	21.70
16	16.00	10.10	22.40
17	17.00	10.20	23.10
18	18.00	10.70	23.90
19	19.00	11.00	25.00
20	20.00	11.20	25.60
21	21.00	11.50	27.10
22	22.00	11.90	28.00
23	23.00	12.20	28.80
24	24.00	12.40	29.70
25	25.00	12.50	30.30
26	26.00	12.80	31.40
27	27.00	13.10	32.30
28	28.00	13.30	33.00
29	29.00	13.70	33.80
30	30.00	13.70	34.50
31	31.00	14.20	35.60

32	32.00	14.50	36.60
----	-------	-------	-------

Risultati

SR [m]	Tpcorr [msec]	Tscorr [msec]
3.1623	1.0436	2.4033
3.6056	2.4962	5.2142
4.2426	3.4648	7.7075
5.0000	4.2400	9.6800
5.8310	5.0592	11.2332
6.7082	5.6349	12.1642
7.6158	6.1583	13.4195
8.5440	6.4607	14.3258
9.4868	6.8305	15.2738
10.4403	7.3753	16.4746
11.4018	7.8146	17.4622
12.3693	8.4402	18.1417
13.3417	8.6721	19.3904
14.3178	8.9958	20.0450
15.2971	9.5116	21.2786
16.2788	9.9270	22.0163
17.2627	10.0448	22.7485
18.2483	10.5544	23.5748
19.2354	10.8654	24.6941
20.2238	11.0761	25.3168
21.2132	11.3844	26.8276
22.2036	11.7909	27.7432
23.1948	12.0975	28.5581
24.1868	12.3042	29.4707
25.1794	12.4110	30.0842
26.1725	12.7156	31.1930
27.1662	13.0199	32.1024
28.1603	13.2243	32.8122
29.1548	13.6273	33.6206
30.1496	13.6320	34.3288
31.1448	14.1340	35.4345
32.1403	14.4367	36.4402

Metodo diretto

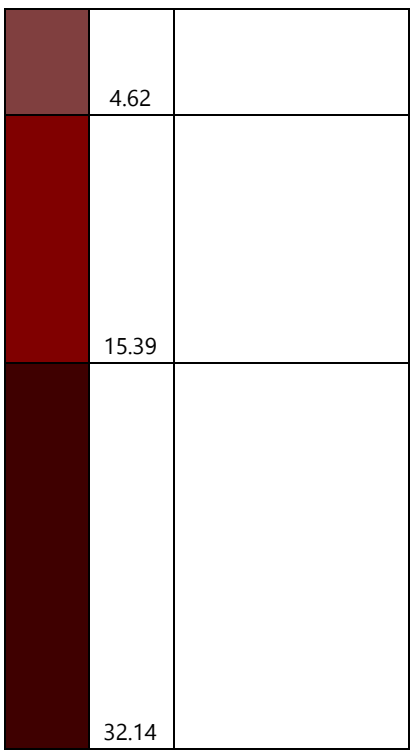
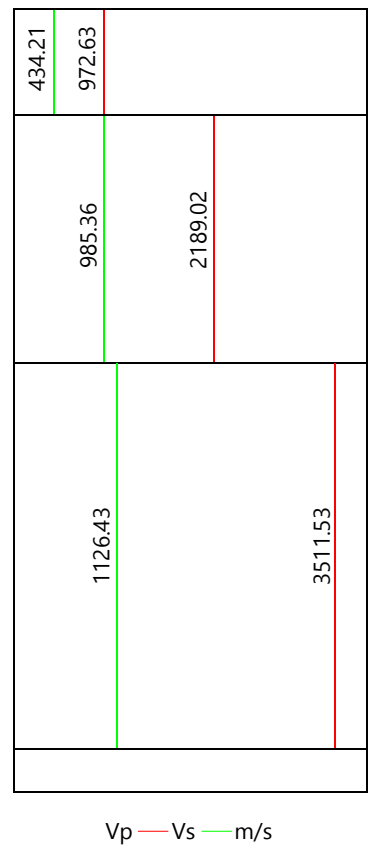
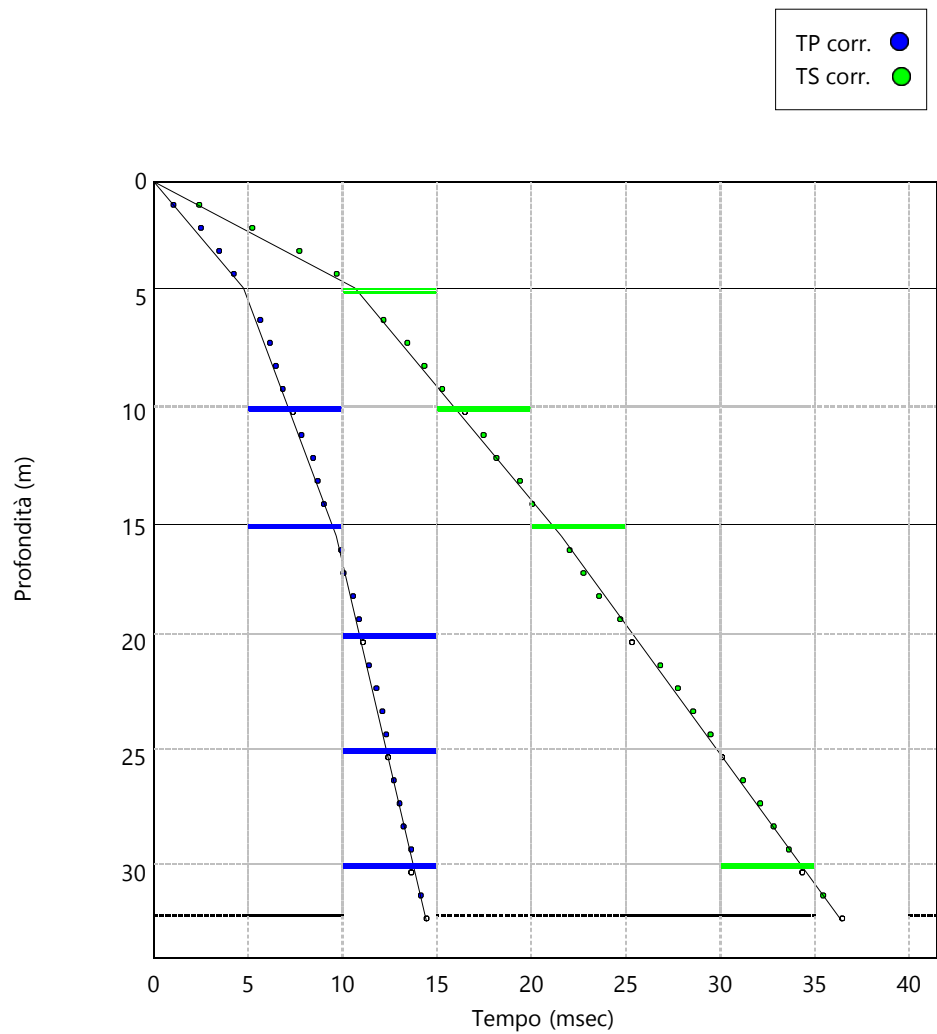
Profondità di riferimento: 5 m
VS,eq: 453.49 m/s

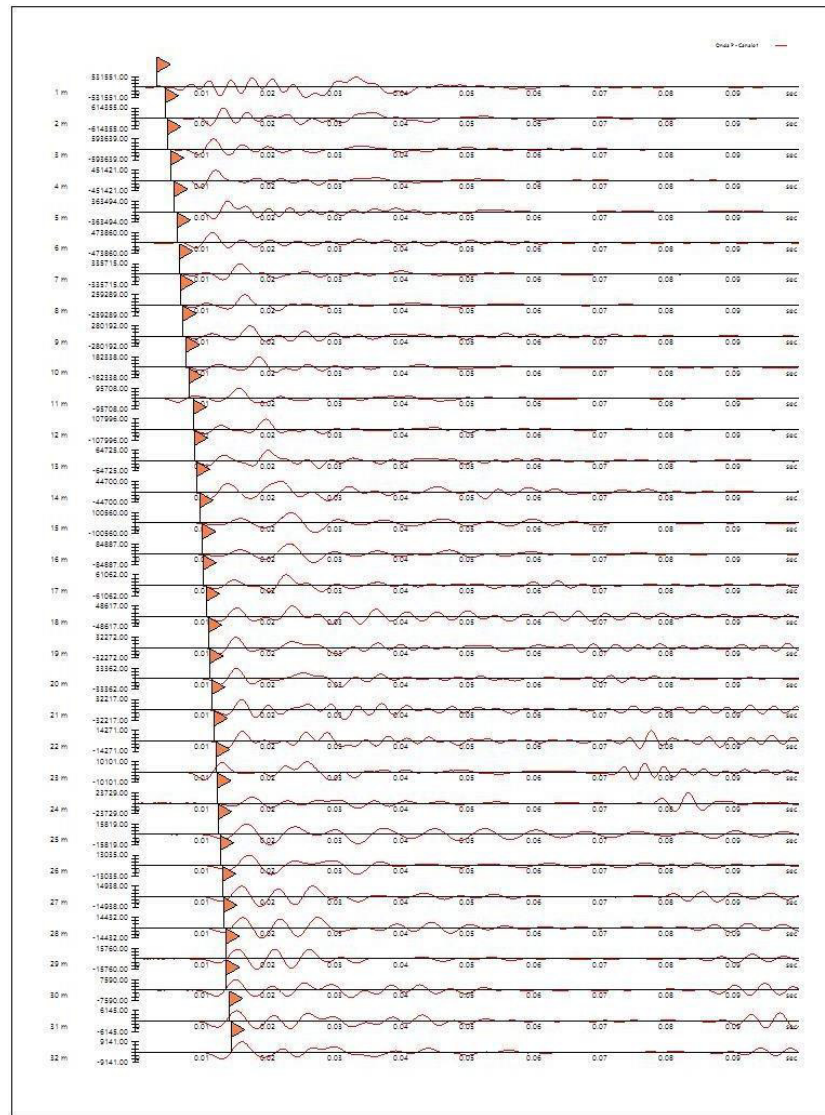
Sismostrati con metodo diretto

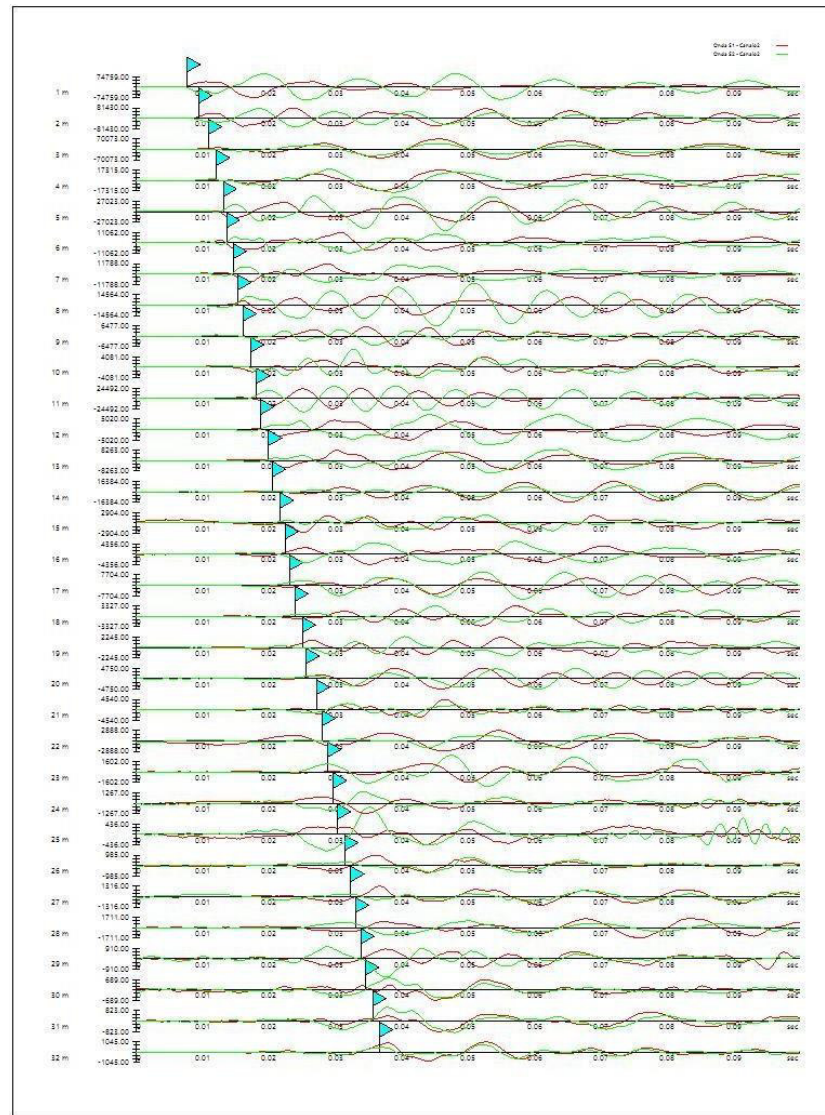
Strato Nr.	DB	Descrizione (-)	Profondità (m)	Colore/ Retino	Tp corr. sism. (msec)	Ts corr. sism. (msec)
1			4.62		4.75	10.64
2			15.39		9.67	21.57
3			32.14		14.44	36.44

Valori medi

	Vp medio (m/s)	Vs medio (m/s)	g medio (kN/mc)	ni medio	G medio (MPa)	Ed medio (MPa)	E medio (MPa)	Ev medio (MPa)
	972.63	434.21	21.32	0.38	409.86	2056.51	1127.56	1510.03
	2189.02	985.36	23.49	0.37	2325.27	11475.84	6384.94	8375.47
	3511.53	1126.43	23.94	0.44	3097.71	30104.08	8937.8	25973.8







- **ALLEGATO GRAFICO: ELABORAZIONE INDAGINE SISMICA ATTIVA DOWN-HOLE (DH_4)**

MISURE DOWN HOLE

Interpretazione delle misure

Dati iniziali

Offset scoppio [m]	Numero di ricezioni	Posizione primo geofono [m]	Interdistanza [m]
4.5	32	1	1

Dati misure down hole

Registrazioni Nr.	Z [m]	Tp [msec]	Ts [msec]
1	1.00	13.40	18.30
2	2.00	14.40	21.40
3	3.00	15.00	24.50
4	4.00	15.60	26.50
5	5.00	16.90	29.60
6	6.00	18.50	33.40
7	7.00	19.20	35.10
8	8.00	19.70	36.80
9	9.00	20.90	37.90
10	10.00	21.30	39.90
11	11.00	21.70	41.60
12	12.00	22.10	42.30
13	13.00	23.00	44.10
14	14.00	23.40	45.50
15	15.00	23.80	47.00
16	16.00	24.20	48.60
17	17.00	24.20	49.80
18	18.00	25.00	50.50
19	19.00	25.40	51.70
20	20.00	25.80	52.90
21	21.00	26.20	54.10
22	22.00	26.20	55.30
23	23.00	26.70	56.00
24	24.00	26.70	57.20
25	25.00	27.10	58.40
26	26.00	27.50	59.20
27	27.00	27.90	60.00
28	28.00	28.30	61.10
29	29.00	28.70	61.50
30	30.00	28.70	63.10
31	31.00	28.70	63.90

32	32.00	29.10	65.00
----	-------	-------	-------

Risultati

SR [m]	Tpcorr [msec]	Tscorr [msec]
4.6098	2.9069	3.9698
4.9244	5.8484	8.6914
5.4083	8.3205	13.5902
6.0208	10.3641	17.6056
6.7268	12.5617	22.0015
7.5000	14.8000	26.7200
8.3217	16.1506	29.5254
9.1788	17.1700	32.0740
10.0623	18.6935	33.8988
10.9659	19.4239	36.3857
11.8849	20.0844	38.5028
12.8160	20.6929	39.6067
13.7568	21.7347	41.6739
14.7054	22.2775	43.3173
15.6605	22.7963	45.0178
16.6208	23.2962	46.7848
17.5855	23.3943	48.1419
18.5540	24.2536	48.9922
19.5256	24.7162	50.3083
20.5000	25.1707	51.6098
21.4767	25.6184	52.8991
22.4555	25.6685	54.1782
23.4361	26.2032	54.9580
24.4182	26.2427	56.2203
25.4018	26.6714	57.4763
26.3866	27.0971	58.3328
27.3724	27.5204	59.1836
28.3593	27.9415	60.3259
29.3471	28.3606	60.7727
30.3356	28.3825	62.4019
31.3249	28.4023	63.2372
32.3149	28.8165	64.3667

Metodo diretto

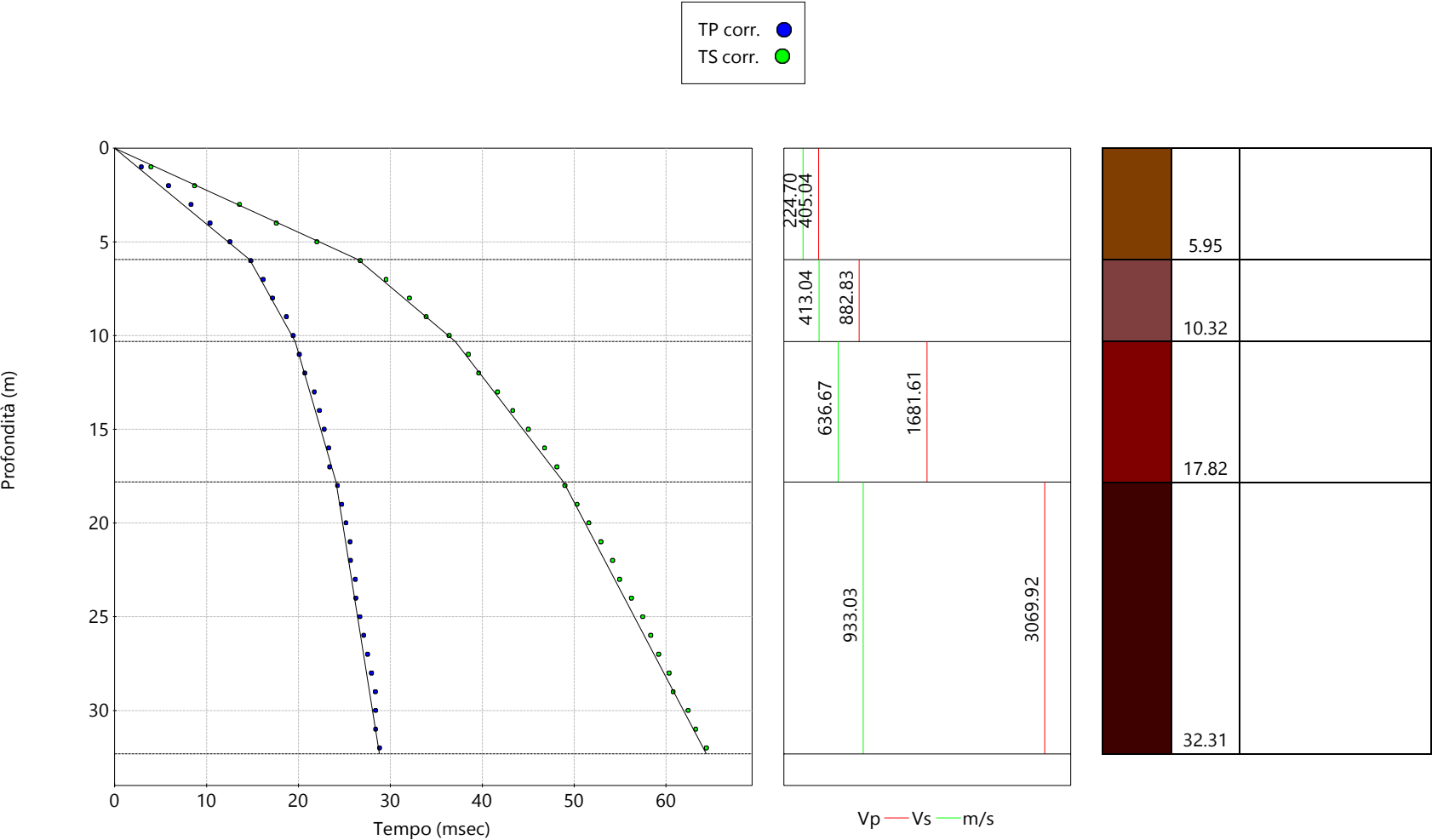
Profondità di riferimento: 18 m
VS,eq: 367.1 m/s

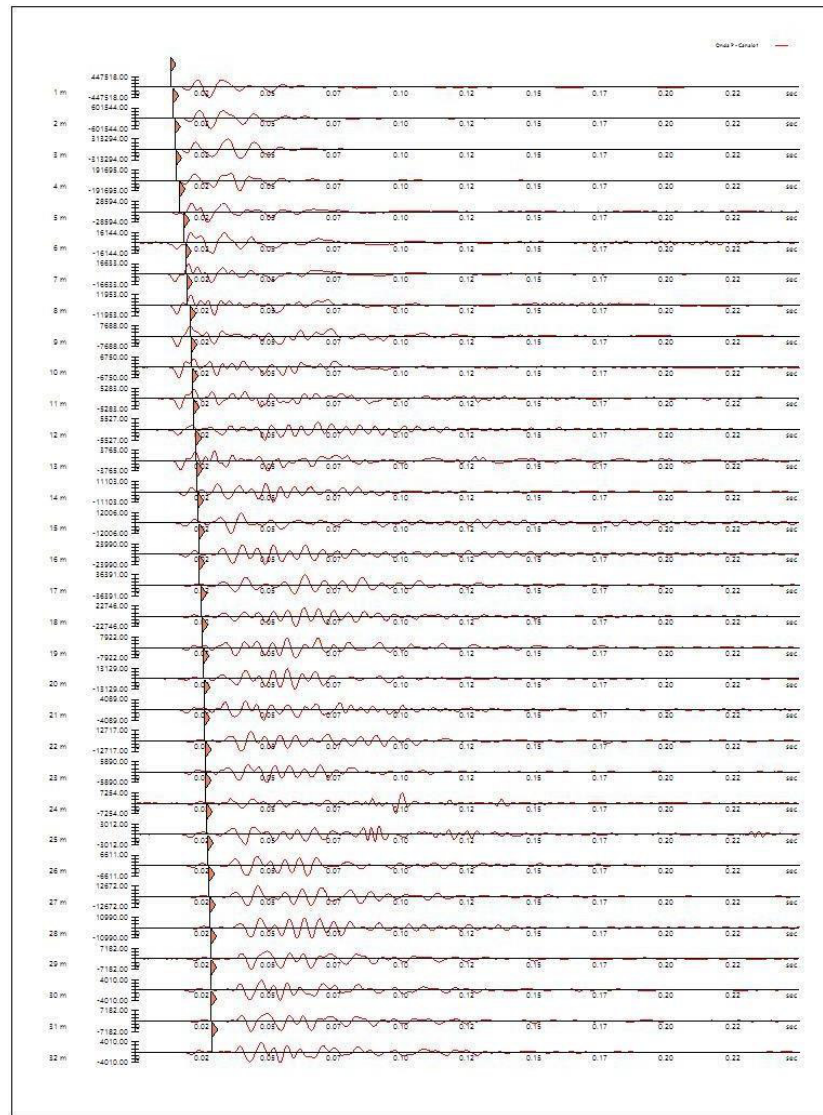
Sismostrati con metodo diretto

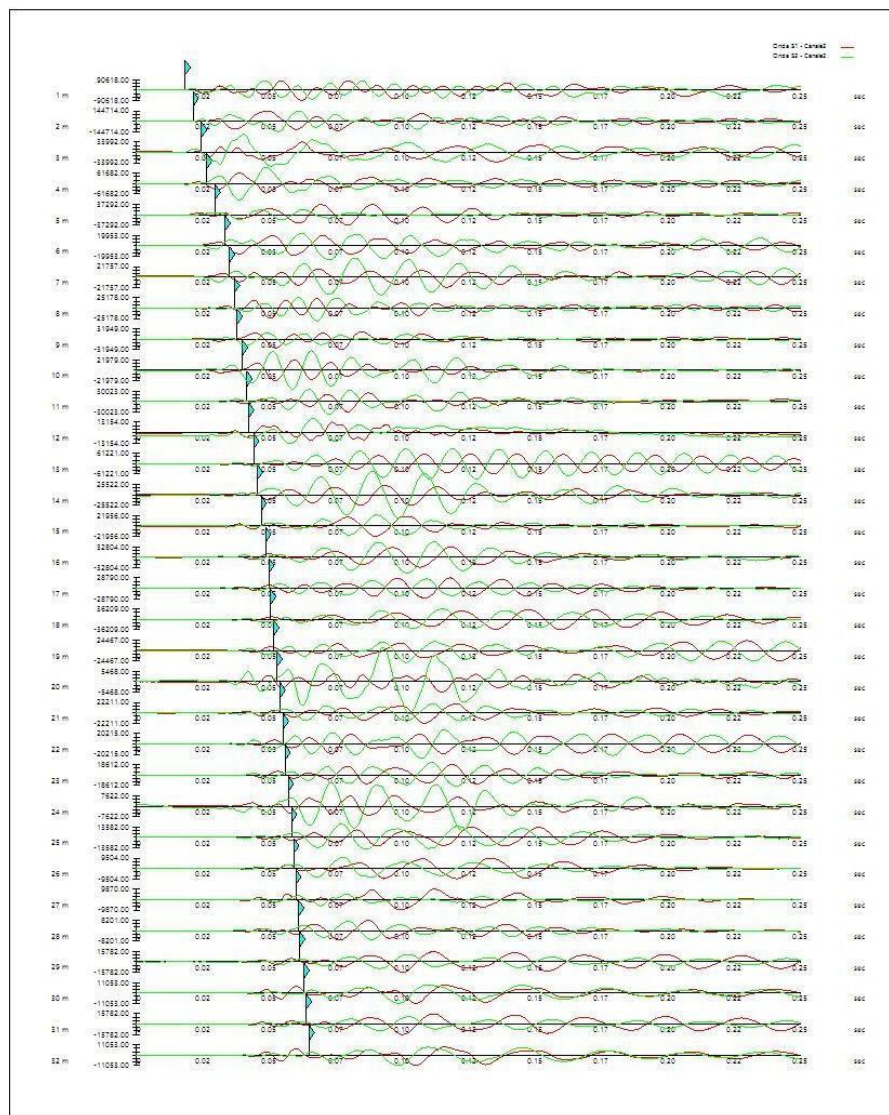
Strato Nr.	DB	Descrizione (-)	Profondità (m)	Colore/ Retino	Tp corr. sism. (msec)	Ts corr. sism. (msec)
1			5.95		14.69	26.48
2			10.32		19.64	37.06
3			17.82		24.1	48.84
4			32.31		28.82	64.37

Valori medi

	Vp medio (m/s)	Vs medio (m/s)	g medio (kN/mc)	ni medio	G medio (MPa)	Ed medio (MPa)	E medio (MPa)	Ev medio (MPa)
	405.04	224.7	18.7	0.28	96.29	312.87	246.06	184.49
	882.83	413.04	21.2	0.36	368.84	1684.97	1003.14	1193.19
	1681.61	636.67	22.13	0.42	914.82	6382	2591.39	5162.23
	3069.92	933.03	23.3	0.45	2068.36	22391.56	5994.56	19633.76







Documentazione fotografica



Foto – Indagine sismica attiva Down-Hole (DH)

- **ALLEGATO GRAFICO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI**

TAV.01 - Ubicazione indagini

Scala 1:2.000

Legenda

TECNA

Srl

MORETTI

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni n. 4542 del 13/04/2012

Sede Legale: Via Bartolomeo di Ser Gorello, 11/a - 52100 - AREZZO

Cell: 3351020000 - Skype : tecna.porta

Cod. fiscale e P. IVA: 01358250510

Numero Verde
800 102000

Uffici e Deposito: Via Achille Grandi, 51 - 52100 - AREZZO

tel. 0575-323501, fax 0575-1979797 - Skype : tecna.ufficio

e-mail: tecna@geognostica.tecna@micropali.com

PEC: tecna@geognostica.it - SDI: KGVVJ2H

ANISIG

Associazione Nazionale
Imprese Specializzate
in Indagini Geognostiche

CQOP SOA

Consorzio Qualificatori
OS 21 - IT OS 20-B - I
Attestazione : 65213 / 10 / 00



Misura di microtremore ambientale
a stazione singola HVSR



Prova sismica in foro Down-Hole

EnGeo



Progetti Srl

Esecutori indagini geofisiche:

Dott. Geol. Cristian Pieroni

Dott. Geol. Francesco Puccetti

