



CONSULENZA GEOLOGICA - INDAGINI GEOGNOSTICHE
MONITORAGGIO AMBIENTALE - DIAGNOSTICA STRUTTURALE

Via Arcangeli n° 6 – 98031 Capizzi (ME) – Cell. 339/8637188 – E-mail: geo_service@inwind.it

PROVINCIA DI BENEVENTO

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL MOVIMENTO FRANOSO E
DI RIPRISTINO DEL PIANO VIARIO DELLA S.P. N° 60 NELLA
LOCALITÀ “SANT’IGNAZIO” DEL COMUNE DI SAN GIORGIO LA
MOLARA

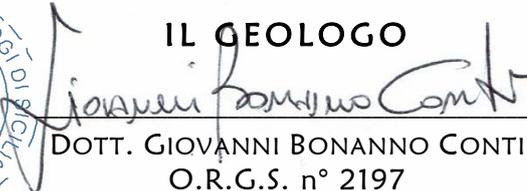
INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

COMMITTENTE
PROVINCIA DI BENEVENTO

DATA
20/01/2020



IL GEOLOGO


DOTT. GIOVANNI BONANNO CONTI
O.R.G.S. n° 2197

Su incarico conferito dalla *Provincia di Benevento – Settore Tecnico – Servizio Viabilità 2*, con *Determinazione Dirigenziale n° 2314 del 09/10/2019* è stata effettuata una campagna di indagini geognostiche a supporto dello studio geologico relativo al progetto per i «*Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso e di ripristino del piano viario della S.P. n° 60 nella località “Sant’Ignazio” del Comune di San Giorgio La Molara*».

In particolare, per definire delle caratteristiche litostratigrafiche locali, è stato realizzato un sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 18.00 m dal piano di campagna nel corso del quale sono state effettuate n. 2 prove penetrometriche SPT e prelevati n. 2 campioni indisturbati, oltre ad un terzo campione preso “*a parete*”, sottoposti ad analisi e prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisiche e dei parametri geotecnici.

Inoltre, sono state eseguite delle indagini sismiche consistenti nella realizzazione di n° 1 Prova MASW e n° 1 Prova HVSR per definire le caratteristiche geofisiche del substrato, con particolare riguardo alla categoria del suolo di fondazione secondo le NTC 2018 e, nel contempo, individuare la frequenza fondamentale di risonanza del sito.

Si riportano di seguito i report delle indagini eseguite.

Capizzi, 20/01/2020



IL GEOLOGO

Giovanni Bonanno Conti
DR. GIOVANNI BONANNO CONTI
O.R.G.S. n° 2197



MARY

GEO



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti



Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture n. 5027 del 25.05.2011 per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito - ART. 59 d.p.r. 380/2001

RAPPORTO DI PROVA N°1

Del 20/01/2020

VERBALE DI ACCETTAZIONE INTERNA N°30

Del 20/12/2019

COMMITTENTE:

DOTT. GEOL. GIOVANNI BONANNO CONTI

LOCALITA':

S.P. N° 60 - C.DA "SANT'IGNAZIO" – COMUNE DI S.GIORGIO LA MOLARA

OGGETTO:

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL MOVIMENTO FRANOSO NELLA LOCALITA' "SANT'IGNAZIO" DEL COMUNE DI SAN GIORGIO LA MOLARA E DI RIPRISTINO DEL PIANO VIARIO DELLA S.P. N°60

IL RESPONSABILE TECNICO

Dott. Geol. Pasquale D'Ambrosio

La ditta esecutrice



MARYGEO S.A.S. di Iadanza Elvira & C.
Via San Nicola Vecchio 10 - 82030 Campoli M.T. (BN) - Italy
C.F./P.IVA 01319180624
Cell: 347.1944445 - Telefax: 0824.873538
E-Mail: marygeo@virgilio.it - Web: www.marygeo.com

RAPPORTO DI PROVA n°1 del 20/01/2020	
VERBALE DI ACCETTAZIONE n°30 del 20/12/2019	
COMMITTENTE: Dott. Geol. Giovanni Bonanno Conti	
LOCALITÀ: S.P. n° 60 - C.da "Sant'Ignazio" - Comune di S.Giorgio La Molara	
OGGETTO: Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso nella località "Sant'Ignazio" del Comune di San Giorgio La Molara e di ripristino del piano viario della S.P. n°60	

INDICE

1. INDAGINE GEOGNOSTICA

- a) Sondaggi a carotaggio continuo

2. INDAGINE GEOTECNICA

- b) Prove penetrometriche dinamiche in foro (S.P.T.)
- c) Prelievo di campioni indisturbati

ALLEGATI

- Documentazione fotografica
- Certificato stratigrafico

RAPPORTO DI PROVA n°1 del 20/01/2020	
VERBALE DI ACCETTAZIONE n°30 del 20/12/2019	
COMMITTENTE: Dott. Geol. Giovanni Bonanno Conti	
LOCALITÀ: S.P. n° 60 - C.da "Sant'Ignazio" - Comune di S.Giorgio La Molara	
OGGETTO: Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso nella località "Sant'Ignazio" del Comune di San Giorgio La Molara e di ripristino del piano viario della S.P. n°60	

PREMESSA

In seguito ad incarico conferitoci dal Dott. Geol. Giovanni Bonanno Conti, sono state eseguite indagini geognostiche nel comune di San Giorgio La Molara (Bn), in località S.P. n° 60 - C.da "Sant'Ignazio".

In particolare i lavori eseguiti sono consistiti in:

1. Realizzazione di n°1 nuovo sondaggio a carotaggio continuo per un totale di 18,00 mt complessivi di perforazione;
2. Esecuzione di n° 2 prove penetrometriche dinamiche in foro di tipo SPT;
3. Prelievo di n° 2 campioni indisturbati;
4. Fornitura di n°4 cassette catalogatrici;
5. Assistenza geologica durante il corso di tutte le operazioni richieste e redazione del report finale sui sondaggi.

RAPPORTO DI PROVA n°1 del 20/01/2020	
VERBALE DI ACCETTAZIONE n°30 del 20/12/2019	
COMMITTENTE: Dott. Geol. Giovanni Bonanno Conti	
LOCALITÀ: S.P. n° 60 - C.da "Sant'Ignazio" - Comune di S.Giorgio La Molara	
OGGETTO: Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso nella località "Sant'Ignazio" del Comune di San Giorgio La Molara e di ripristino del piano viario della S.P. n°60	

1. INDAGINE GEOGNOSTICA

a) Sondaggio a carotaggio continuo

ATTREZZATURA USATA: sonda idraulica cingolata a rotazione modello MKD della CMV, con coppia 600kgm, velocità massima di rotazione 660giri/min, forza di tiro e spinta 1000Kg.

TECNICA DI PERFORAZIONE: carotaggio continuo con avanzamento con la minima quantità di acqua necessaria alle perforazioni per consentire il massimo carotaggio possibile e la più completa composizione granulometrica del materiale prelevato.

UTENSILI: carotieri semplici diametro (Φ 101mm) con corona a widia e tubi di rivestimento provvisori di diametro (Φ 127mm). Doppio carotiere T6S (Φ 101mm).

LAVORO ESEGUITO: è stato eseguito n°1 nuovo sondaggio a carotaggio continuo per un totale di 18,00 mt complessivi di perforazione, nel comune di San Giorgio La Molara (Bn), in località S.P. n° 60 - C.da "Sant'Ignazio".

RAPPORTO DI PROVA n°1 del 20/01/2020	
VERBALE DI ACCETTAZIONE n°30 del 20/12/2019	
COMMITTENTE: Dott. Geol. Giovanni Bonanno Conti	
LOCALITÀ: S.P. n° 60 - C.da "Sant'Ignazio" - Comune di S.Giorgio La Molara	
OGGETTO: Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso nella località "Sant'Ignazio" del Comune di San Giorgio La Molara e di ripristino del piano viario della S.P. n°60	

Il sondaggio geognostico eseguito è stato siglato e approfondito secondo lo schema seguente:

Sigla Sondaggio	Profondità (m dal p.c.)
S1	18.00

Le carote estratte durante la perforazione sono state conservate in apposite cassette catalogatrici in PVC e la stratigrafia osservata è riportata su n°1 certificato stratigrafico allegato alla presente.

RAPPORTO DI PROVA n°1 del 20/01/2020	
VERBALE DI ACCETTAZIONE n°30 del 20/12/2019	
COMMITTENTE: Dott. Geol. Giovanni Bonanno Conti	
LOCALITÀ: S.P. n° 60 - C.da "Sant'Ignazio" - Comune di S.Giorgio La Molara	
OGGETTO: Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso nella località "Sant'Ignazio" del Comune di San Giorgio La Molara e di ripristino del piano viario della S.P. n°60	

Comune di San Giorgio La Molara (Bn)

"C/da Sant'Ignazio"

Ubicazione indagine geognostica

<u>Sondaggio</u>	<u>Metri</u>	<u>Coordinate Geografiche</u>
S1	18.00	LAT. 41°16'31.05"N LONG. 14°55'53.61"E



Foto n.°1: Panoramica sondaggio geognostico

RAPPORTO DI PROVA n°1 del 20/01/2020	
VERBALE DI ACCETTAZIONE n°30 del 20/12/2019	
COMMITTENTE: Dott. Geol. Giovanni Bonanno Conti	
LOCALITÀ: S.P. n° 60 - C.da "Sant'Ignazio" - Comune di S.Giorgio La Molara	
OGGETTO: Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso nella località "Sant'Ignazio" del Comune di San Giorgio La Molara e di ripristino del piano viario della S.P. n°60	

2. INDAGINE GEOTECNICA

b) Prove Penetrometriche Dinamiche In Foro (S.P.T.)

Nel corso del sondaggio sono state eseguite complessivamente n°2 prove penetrometriche dinamiche in foro del tipo S.P.T.

Attrezzatura standard avente le seguenti caratteristiche:

- Tubo campionatore con diametro est. 51mm e spessore 8,00mm;
- Lunghezza complessiva di scarpa e raccordo delle aste di 813 mm;
- Massa battente 63.5 Kg;
- Altezza di caduta 76.2 cm.

Vengono di seguito riportati, nella tabella riepilogativa dei dati, i risultati della prova:

<u>Sondaggio</u>	<u>Prova</u>	<u>Profondità</u>	<u>N ° colpi</u>
S1	S.P.T. 1	m 1,50	N (7-6-8)
	S.P.T. 2	m 8,00	N (9-11-13)

c) Prelievo di campioni indisturbati

Nel corso del sondaggio a carotaggio continuo, sono stati prelevati in totale n°2 campioni di terreno indisturbato, come di seguito indicato:

<u>Sondaggio</u>	<u>Campione</u>	<u>Profondità (mt)</u>
S1	C1	1,00 – 1,50
	C2	6,00 – 6,50

RAPPORTO DI PROVA n°1 del 20/01/2020	
VERBALE DI ACCETTAZIONE n°30 del 20/12/2019	
COMMITTENTE: Dott. Geol. Giovanni Bonanno Conti	
LOCALITÀ: S.P. n° 60 - C.da "Sant'Ignazio" - Comune di S.Giorgio La Molara	
OGGETTO: Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso nella località "Sant'Ignazio" del Comune di San Giorgio La Molara e di ripristino del piano viario della S.P. n°60	

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Sondaggio S1 - Data esecuzione: 07/01/2020



Foto n.°2: Postazione sondaggio S1

RAPPORTO DI PROVA n°1 del 20/01/2020
VERBALE DI ACCETTAZIONE n°30 del 20/12/2019
COMMITTENTE: Dott. Geol. Giovanni Bonanno Conti
LOCALITÀ: S.P. n° 60 - C.da "Sant'Ignazio" - Comune di S.Giorgio La Molara
OGGETTO: Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso nella località "Sant'Ignazio" del Comune di San Giorgio La Molara e di ripristino del piano viario della S.P. n°60



Foto n.°3: S1 cassetta n°1 (da m 0.00 a m 5.00)

RAPPORTO DI PROVA n°1 del 20/01/2020
VERBALE DI ACCETTAZIONE n°30 del 20/12/2019
COMMITTENTE: Dott. Geol. Giovanni Bonanno Conti
LOCALITÀ: S.P. n° 60 - C.da "Sant'Ignazio" - Comune di S.Giorgio La Molara
OGGETTO: Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso nella località "Sant'Ignazio" del Comune di San Giorgio La Molara e di ripristino del piano viario della S.P. n°60



Foto n.°4: S1 cassetta n°2 (da m 5.00 a m 10.00)

RAPPORTO DI PROVA n°1 del 20/01/2020
VERBALE DI ACCETTAZIONE n°30 del 20/12/2019
COMMITTENTE: Dott. Geol. Giovanni Bonanno Conti
LOCALITÀ: S.P. n° 60 - C.da "Sant'Ignazio" - Comune di S.Giorgio La Molara
OGGETTO: Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso nella località "Sant'Ignazio" del Comune di San Giorgio La Molara e di ripristino del piano viario della S.P. n°60



Foto n.°5: S1 cassetta n°3 (da m 10.00 a m 15.00)

RAPPORTO DI PROVA n°1 del 20/01/2020
VERBALE DI ACCETTAZIONE n°30 del 20/12/2019
COMMITTENTE: Dott. Geol. Giovanni Bonanno Conti
LOCALITÀ: S.P. n° 60 - C.da "Sant'Ignazio" - Comune di S.Giorgio La Molara
OGGETTO: Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso nella località "Sant'Ignazio" del Comune di San Giorgio La Molara e di ripristino del piano viario della S.P. n°60



Foto n.°6: S1 cassetta n°4 (da m 15.00 a m 18.00)

Committente: Dott. Geol. Giovanni Bonanno Conti
 Coordinate X = 41°16'31.05"N Y = 14°55'53.61"E
 Data inizio: 07/01/2020

Località: C.da "Sant'ignazio"
 Comune di San Giorgio La Molara (Bn)
 Data ultimazione: 07/01/2020

Perforazione: S1
 Quota inizio = p.c.
 Tipo di attrezzatura: Sonda CMW-MK600D

Operatore: Zampelli Costanzo
 C1,C2,C3 ... camp. indisturbati
 LEGENDA:
 C1R,C2R,C3R ... camp. rimanegegiati

Responsabile della prova: Dr. Geol. D'Ambrosio Pasquale
 s = Shelby
 m = Mazier
 p = percussione
 d = Danson
 o = Osterberg
 DM: corona diamantata
 W: corona Widia
 DW: corona Widia diamantata

Oggetto: Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso nella località "Sant'ignazio" del Comune di San Giorgio La Molara e di ripristino del piano viario della S.P. n° 60

Decreto Ministeriale n. 5034
 D.P.R. n. 380/2001 Art. 59

Certificato n.
 pag. 1 di 1

PROFONDITA'		RILEVOLI/LEVELLO PIEZOMETRICO	
FORO	RIVEST.	DATA	LEVELLO FALDA
18,00 mt			
revisione	data emiss.	redatto	approvato
00	20/01/2020	Dr. Geol. D'Ambrosio Pasquale	Dr. Geol. D'Ambrosio Pasquale

Attrezzo di perforazione	Tipo di corona	Rivestimento	Campioni	Profondita'	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Manovra dilcarotaggio	Carotaggio	R.Q.D.	Pocket Penetrometer	Prof. SPT	N° colpi SPT	Livello falda	Condizionamento con tubo piezometrico
CAROTIERE SEMPLICE Ø 101 mm	W	Ø 127 mm	1,00 C1 1,50	-0,30	1	Calcestruzzo	Sabbia limosa di colore giallastro alterata mediamente addensata con rari elementi litoidi di natura arenacea e calcarenitica nella parte bassa. Struttura non riconoscibile. Non reagente ad HCl	1,00 - 1,50 -	20 40 60 80	20 40 60 80		-1,50 - 7/6/8			
	W		6,00 C2 6,50	-7,50	8		Argilla limosa a luoghi sabbiosa di colore avana con venature giallo-ocra, verdastre e grigiastre ed elementi carboniosi, nerastri mediamente consistenti con ciottoli eterometrici, poligenici (di natura arenacea, calcarea e marmosa) a spigoli vivi e sub-arrotondati. Struttura caotica. Non reagente ad HCl	6,00 - 6,50 -	20 40 60 80	20 40 60 80		-8,00 - 9/11/13			
	W			-18,00	18		Alternanze non ritmiche di strati arenacei litoidi di colore grigio, strati sabbiosi scarsamente addensati a granulometria grossolana e strati argillosi e marmosi	18,00 -	20 40 60 80	20 40 60 80					
					19										
					20										

MARY GEO

Soil Project s.a.s

Viale Europa snc, loc. Cubante, 82018 Calvi (BN)
Tel: 0824 1816668; info: www.soilprojectsas.it;
email: info@soilprojectsas.it; P.I. 01515280624

Codice Qualità : 0001/20/L del 10/01/2020

Numero Accettazione : 001/20 del 10/01/2020

Committente:

Dr. Geologo Giovanni Bonanno Conti

Opera:

**Lavori di Messa in sicurezza del movimento franoso
nella località "Sant'Ignazio" del comune di San Giorgio
La Molara e ripristino del piano viario della S.P. n°60**

Data Emissione Certificati: 24/01/2020



Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n 342 del 10/07/2019

Soil Project s.a.s

Viale Europa snc, loc. Cubante, 82018 Calvi (BN)
Tel: 0824 1816668; info: www.soilprojectsas.it;
email: info@soilprojectsas.it; P.I. 01515280624

Codice Qualità : 0001/20/L del 10/01/2020

Numero Accettazione : 001/20 del 10/01/2020

Il laboratorio geotecnico prove su terre Soil Project, per conto del Dr. Geol. Giovanni Bonanno Conti, ha effettuato sui campioni S1 C1 e S1 C1P le seguenti prove:

- Apertura campione
- Caratteristiche fisico – volumetriche
- Prova di taglio diretto (su tre provini)



SOIL PROJECT s.a.s.

Viale Europa snc - Loc. Cubante, 82018 CALVI (BN)
Tel: 0824 1816668; cell: 340 6867752 - 333 1153056; info: www.soilprojectsas.it;
email: info@soilprojectsas.it P.I.: 01515280624

pag. 1/1

Rev. 1 del 07/01/2013

CARATTERISTICHE FISICO VOLUMETRICHE (ASTM D2216-D2974-D854-D4372-C128; UNI 8520; BS 1327)

MOD L7.05/2c

Data accettazione: 10/01/2020 Cod. Qualità: 0001/20/L del 10/01/20
Data apertura: 16/01/2020 N° ACC.: 001/20 del 01/01/2020

N° Certificato
9559

Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n 342 Del 10/07/2019

Richiedente	Geol. Giovanni Bonanno Conti	N. Sondaggio	S1
Opera/cant.	Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso nella località "Sant'Ignazio" del Comune di San Giorgio la Molara e di ripristino del piano viario della S.P.n°60.	Prof. Sondaggio (m)	18,00
Località	Sant'Ignazio - S.Giorgio la Molara (BN)	N. Campione	C1
Impresa		Prof. Campione (m)	1,00-1,50
Tecnico		Note	

PESO DI VOLUME γ (BS 1377 T15/e)

Metodo campione	Provino			
	1	2	3	
Peso contenitore (g)	72,42	54,96	71,50	
Peso contenitore+campione umido (g)	214,42	196,24	213,54	
Peso campione umido (g)	142,0	141,3	142,0	
Volume contenitore (cm ³)	72,00	72,00	72,00	
Peso di volume γ (kN/m ³)	19,341	19,243	19,346	
	MEDIA 19,31			
C.Q. $\Delta\gamma < 2\%$	$\Delta\gamma$ (%)	0.16	0.35	0.19

CONTENUTO IN SOLFATI (UNI EN 1744-1:1999)

Determinazioni	1	2	3
Peso campione (g)			
Peso precipitazione (g)			
Peso acqua utilizzata (g)			
Contenuto in solfati (%)			
	MEDIA		

PESO SPECIFICO DEI GRANI γ_s (ASTM D854)

Picnometro	Campione			
	1	2	3	
Peso campione secco(g)	26,14	26,22	26,85	
Temperatura di prova (°C)	20,00	20,00	20,00	
Peso specifico acqua γ_w (kN/m ³)	9,80665	9,80665	9,80665	
Peso pic. + acqua + camp. secco (g)	150,56	163,18	180,16	
Peso picnometro + acqua (g)	134,3	146,9	163,5	
Peso specifico dei grani γ_s (kN/m ³)	25,95	25,97	25,94	
	MEDIA 25,95			
C.Q. $\Delta\gamma < 1\%$	$\Delta\gamma$ (%)	0.03	0.07	0.05

DETERMINAZIONE PESO DI VOLUME γ (ASTM D1188)

Metodo volumometro	Provino		
	1	2	3
Volumometro			
Peso volumometro + acqua (g)			
Peso campione umido (g)			
Peso volumometro + camp. umido (g)			
Differenza volume volumometro (cm ³)			
Peso di volume γ (kN/m ³)			
	MEDIA		

PARAMETRI DI STATO DERIVATI

Peso vol. secco γ_d (kN/m ³)	16,8
Indice dei vuoti e	0,54
Porosità n (%)	35,1
Grado di saturazione (Sr) %	71,6
$\gamma_{sat} = \gamma_d + \gamma_w n$	
Peso volume saturo γ_{sat} (kN/m ³)	20,3
$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$	
Peso volume immerso γ (kN/m ³)	10,5

DETERMINAZIONE CONTENUTO D'ACQUA W (ASTM D2216)

Contenitore n°	Provino			
	1	2	3	
Peso contenitore (g)	A 2,18	B 2,12	C 2,14	
Peso cont. + peso camp. umido (g)	69,30	80,02	176,40	
Peso cont. + peso camp. secco (g)	60,80	70,00	154,15	
Peso campione secco (g)	58,62	67,88	152,01	
Contenuto d'acqua w (%)	14,50	14,76	14,64	
	MEDIA 14,63			
C.Q. $\Delta\gamma < 1,5\%$	$\Delta\gamma$ (%)	0.91	0.88	0.03

CONTENUTO SOSTANZE ORGANICHE (UNI EN 8520/14)

Determinazioni n.	Provini	
	1	2
Peso tara (g)		
Peso campione (g)		
Peso campione calcinato + tara (g)		
Contenuto in sostanze organiche (%)		
	MEDIA	

DETERMINAZIONE CONTENUTO IN CaCO₃ (ASTM D4373)

	Provino	
	1	2
Pressione atmosferica (bar)		
Temperatura atmosferica (°C)		
Quantità campione secco (g)		
Svolgimento reazione (cm ³)		
Absorbimento reazione (cm ³)		
Contenuto carbonato di calcio (%)		
	MEDIA	

Note

Lo Sperimentatore



Il Direttore del laboratorio



SOIL PROJECT s.a.s.

Viale Europa snc - Loc. Cubante, 82018 CALVI (BN)
 Tel: 0824 1816668; cell: 340 6867752 - 333 1153056; info: www.soilprojectsas.it;
 email: info@soilprojectsas.it P.I.:01515280624

pag.1/3

Rev. 1
 del 07/01/2013

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(ASTM D3080)

MOD L7.05/6C

Data accettazione: 10/01/2020 Cod. Qualità: 0001/20/L del 10/01/20
 Data apertura: 16/01/2020 N° ACC.: 001/20 del 010/01/2020

N° Certificato
 9560

Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n 342 Del 10/07/2019

Richiedente	Geol. Giovanni Bonanno Conti	N. Sondaggio	S1
Opera/cant.	Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso nella località "Sant'Ignazio" del Comune di San Giorgio la Molara e di ripristino del piano viario della S.P.n°60.	Prof. Sondaggio (m)	18,00
Località	Sant'Ignazio - S.Giorgio la Molara (BN)	N. Campione	C1
Impresa		Prof. Campione (m)	1,00-1,50
Tecnico		Note	

Caratteristiche scatola di taglio

Lunghezza scatola (mm)	60,00	Sezione scatola A (cm ²)	36,00	Altezza scatola H (mm)	22,00	Volume scatola V (cm ³)	79,20
------------------------	-------	--------------------------------------	-------	------------------------	-------	-------------------------------------	-------

Consolidazione

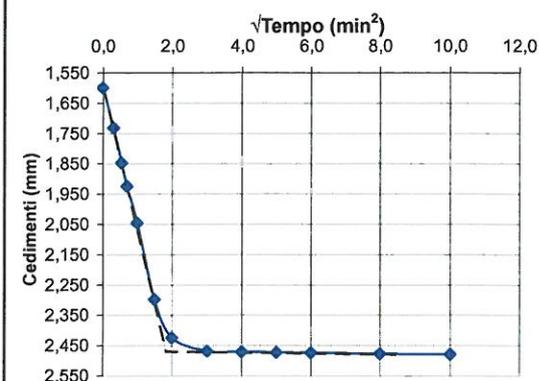
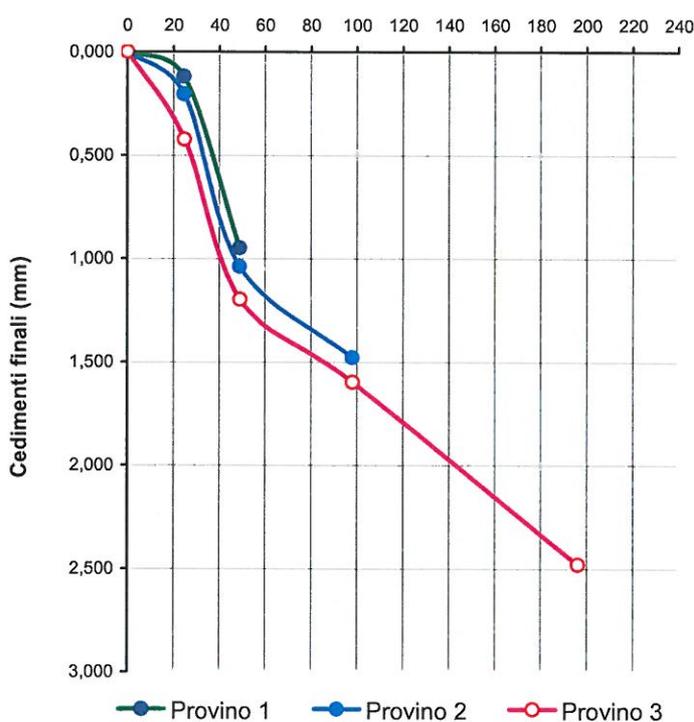
	Carico verticale
Provino 1	49,03 kN/m ²
Provino 2	98,07 kN/m ²
Provino 3	196,13 kN/m ²

Carico verticale kN/m ²	Provino 1	Provino 2	Provino 3
	Cedim. Fin. mm	Cedim. Fin. mm	Cedim. Fin. mm
0,00	0,000	0,000	0,000
24,52	0,120	0,205	0,425
49,03	0,950	1,040	1,200
98,07		1,480	1,600
196,13			2,480
294,21			

Curva di consolidazione di Taylor

Determinata per provino n. 3			
Gradino di carico verticale	da	98,07 kN/m ²	
	a	196,13 kN/m ²	
Cedimento mm	Tempo min	√Tempo min ²	√t ₁₀₀ min ²
1,600	0,00	0,00	1,83
1,732	0,10	0,32	
1,848	0,30	0,55	t ₁₀₀
1,926	0,50	0,71	min
2,047	1,00	1,00	3,35
2,299	2,25	1,50	
2,426	4,00	2,00	k (Racc. AGI)
2,470	9,00	3,00	10
2,472	16,00	4,00	
2,474	25,00	5,00	Spost. Rott.
2,475	36,00	6,00	mm
2,478	64,00	8,00	4,00
2,480	100,00	10,00	

Carico verticale (kN/m²)



Velocità di avanz. MAX 0,12 mm/min

Lo Sperimentatore



Il Direttore del laboratorio



SOIL PROJECT s.a.s.

Viale Europa snc - Loc. Cubante, 82018 CALVI (BN)
Tel: 0824 1816668; cell: 340 6867752 - 333 1153056; info: www.soilprojectsas.it;
email: info@soilprojectsas.it P.I.:01515280624

pag 2/3

Rev. 1
del 07/01/2013

PROVA DI TAGLIO

(ASTM D3080)

MOD L7.05/6C

Data accettazione: **10/01/2020** Cod. Qualità: **0001/20/L del 10/01/20**
Data apertura: **16/01/2020** N° ACC.: **001/20 del 01/01/2020**

N° Certificato
9561

Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n 342 Del 10/07/2019

Richiedente	Geol. Giovanni Bonanno Conti	N. Sondaggio	S1
Opera/cant.	Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso nella località "Sant'Ignazio" del Comune di San Giorgio la Molara e di ripristino del piano viario della S.P.n°68.	Prof. Sondaggio (m)	18,00
Località	Sant'Ignazio - S.Giorgio la Molara (BN)	N. Campione	C1
Impresa		Prof. Campione (m)	1,00-1,50
Tecnico		Note	

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Avanzamento	Def. Vert.	Sforzo di taglio	Avanzamento	Def. Vert.	Sforzo di taglio	Avanzamento	Def. Vert.	Sforzo di taglio
(mm)	(mm)	(kN/m ²)	(mm)	(mm)	(kN/m ²)	(mm)	(mm)	(kN/m ²)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,03	0,01	3,25	0,03	0,02	5,94	0,03	0,05	14,14
0,05	0,03	7,49	0,05	0,07	14,70	0,05	0,15	24,07
0,08	0,04	11,24	0,08	0,12	19,70	0,08	0,23	31,33
0,10	0,06	14,49	0,10	0,17	24,40	0,10	0,29	38,97
0,13	0,07	17,23	0,13	0,21	27,21	0,13	0,35	43,56
0,15	0,09	18,73	0,15	0,26	30,96	0,15	0,41	50,82
0,18	0,10	20,73	0,18	0,29	33,15	0,18	0,46	53,87
0,20	0,11	22,73	0,20	0,33	35,65	0,20	0,51	61,13
0,23	0,12	24,23	0,23	0,36	39,72	0,23	0,55	64,19
0,25	0,13	25,22	0,25	0,38	40,66	0,25	0,59	68,01
0,28	0,15	26,47	0,28	0,40	43,47	0,28	0,63	71,07
0,30	0,16	27,72	0,30	0,41	45,98	0,30	0,65	73,74
0,33	0,17	28,97	0,33	0,43	46,91	0,33	0,67	76,39
0,35	0,17	29,72	0,35	0,44	48,17	0,35	0,69	79,17
0,38	0,18	30,47	0,38	0,45	50,04	0,38	0,71	81,39
0,40	0,19	30,97	0,40	0,47	51,92	0,40	0,72	83,89
0,43	0,20	31,83	0,43	0,48	52,86	0,43	0,73	85,83
0,45	0,21	32,47	0,45	0,48	53,17	0,45	0,73	87,49
0,48	0,21	32,97	0,48	0,49	54,42	0,48	0,73	89,72
0,50	0,22	33,72	0,50	0,49	54,73	0,50	0,74	91,70
0,53	0,22	33,97	0,53	0,49	55,98	0,53	0,74	92,84
0,55	0,23	34,47	0,55	0,49	56,61	0,55	0,75	94,37
0,58	0,24	34,58	0,58	0,50	56,92	0,58	0,75	96,33
0,60	0,24	35,00	0,60	0,50	57,55	0,60	0,75	97,78
0,63	0,25	35,22	0,63	0,50	58,17	0,63	0,75	99,72
0,65	0,26	35,50	0,65	0,51	58,49	0,65	0,75	101,63
0,68	0,26	35,96	0,68	0,51	58,80	0,68	0,75	103,54
0,70	0,27	36,17	0,70	0,51	58,80	0,70	0,74	105,00
0,73	0,28	36,46	0,73	0,51	57,66	0,73	0,73	106,39
0,75	0,29	36,46	0,75	0,51	55,17	0,75	0,72	106,98
0,78	0,29	36,71				0,78	0,71	106,98
0,80	0,30	36,71				0,80	0,71	105,56
0,83	0,31	36,36				0,83	0,71	104,17
0,85	0,33	35,31						

Lo Sperimentatore



Il Direttore del laboratorio



SOIL PROJECT s.a.s.

Viale Europa snc - Loc. Cubante, 82018 CALVI (BN)
 Tel: 0824 1816668; cell: 340 6867752 - 333 1153056; info: www.soilprojectsas.it;
 email: info@soilprojectsas.it P.I.:01515280624

pag 3/3

RLV 1 del 07/01/2013

PROVA DI TAGLIO

(ASTM D3080)

MOD L7.05/6C

Data accettazione: 10/01/2020 Cod. Qualità: 0001/20/L del 10/01/20
 Data apertura: 16/01/2020 N° ACC.: 001/20 del 010/01/2020

N° Certificato
9562

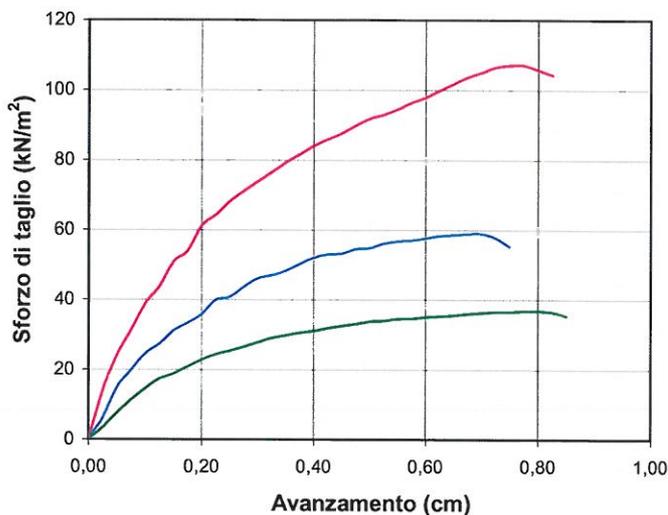
Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n 342 Del 10/07/2019

Richiedente	Geol. Giovanni Bonanno Conti	N. Sondaggio	S1
Opera/cant.	Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso nella località "Sant'Ignazio" del Comune di San Giorgio la Molara e di ripristino del piano viario della S.P.n°60.	Prof. Sondaggio (m)	18,00
Località	Sant'Ignazio - S.Giorgio la Molara (BN)	N. Campione	C1
Impresa		Prof. Campione (m)	1,00-1,50
Tecnico		Note	

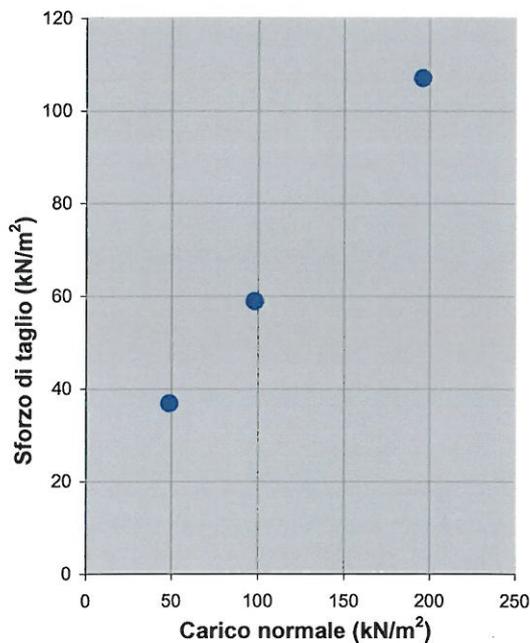
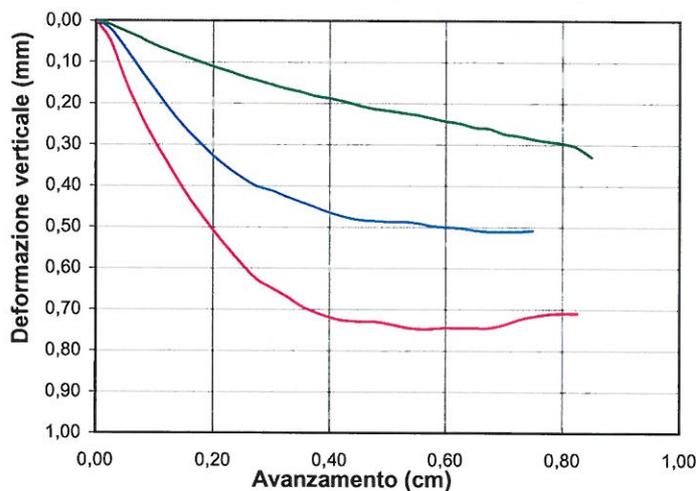
Contenuto d'acqua naturale (%)	14,63
Peso di volume naturale (kN/m ³)	19,31
Peso di volume secco (kN/m ³)	16,85
Indice dei vuoti	0,54
Porosità (%)	35,10
Peso specifico (kN/m ³)	25,95
Grado di saturazione (%)	72
Sezione scatola di taglio (cm ²)	36
Velocità di avanzamento (mm/min)	0,025

	Carico verticale
Provino 1	49,03 kN/m ²
Provino 2	98,07 kN/m ²
Provino 3	196,13 kN/m ²

SFORZO DI TAGLIO



DEFORMAZIONE



Parametri di regressione lineare	Intercetta (kN/m ²)	12,62
	Valore angolare (°)	25,64

Lo Sperimentatore



Il Direttore del laboratorio



SOIL PROJECT s.a.s.

Viale Europa snc - Loc. Cubante, 82018 CALVI (BN)
Tel: 0824 1816668; cell: 340 6867752 - 333 1153056; info: www.soilprojectsas.it;
email: info@soilprojectsas.it P.I.:01515280624

pag. 1/1

Rev. 1
del 07/01/2013

APERTURA CAMPIONE

MOD L7.05/1c

Data accettazione: 10/01/2020 Cod. Qualità: 0001/20/L del 10/01/20
Data apertura: 16/01/2020 N° ACC.: 001/20 del 010/01/2020

Data Emissione
24/01/2020

Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n 342 Del 10/07/2019

DATI GENERALI

Richiedente	Geol. Giovanni Bonanno Conti
Opera/cant.	Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso nella località "Sant'Ignazio" del Comune di San Giorgio la Molara e di ripristino del piano viario della S.P.n°60.
Località	Sant'Ignazio - S.Giorgio la Molara (BN)
Impresa	
Tecnico	

PROVE ESEGUITE

N. Cod.	Prova	
A	Apertura campione	X
B	Caratteristiche fisico-volumetriche	X
C	Analisi granulometrica	
D	Limiti di Atterberg	
E	Prova di permeabilità	
F	Prova edometrica	
G	Prova di taglio diretto	X
H	Prova di taglio residuo	
I	Prova triassiale CID	
L	Prova triassiale CIU	
M	Prova triassiale UU	
N	Prova espansione laterale libera	
O	Prova di compattazione	

RIFERIMENTI E MODALITA' DI PRELIEVO

IN FORO	IN TRINCEA	SUPERFICIE	Mod. sondaggio:	
X			Rotaz. - carotiere	X
			Rotaz. doppio carot.	
			Percussione	
			Spirale	
			Campionatore:	
			Shelby	X
			N. Sondaggio	S1
			Prof. Sondaggio (m)	Mazier
			N. Campione	C1 P
			Prof. Campione (m)	1,00-1,5
			Diametro campione (mm)	80
			Altezza campione (mm)	500
				Altro

Classe campione in base al prelievo

Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Infissione in foro in fustella				
Da taglio in superficie in fustella				
Rotazione in fustella				
Sciolto				

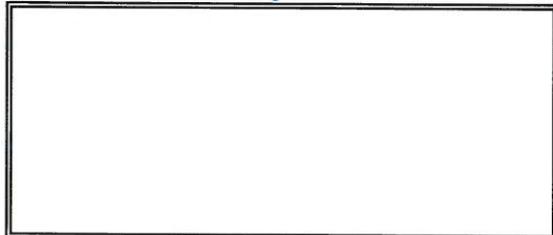
IDENTIFICAZIONE VISIVA ALL'ESTRUSIONE

Granulare grosso/no		Granulare medio		Granulare/coesivo		Coesivo	
CONSISTENZA		Colore		Giallo verdastro		Classe campione sfustellato	
X		Struttura		Omogenea		Q1 Q2 Q3 Q4 Q5	
		Tessitura		Fina			
PRESENZA MAT. ORG		FESSURAZIONE		ALLUNGAMENTO			
X		PERSISTENTE		ACCENTUATO			
BUONA		MEDIA		MODERATO			
MEDIO-BUONA		ASSENTE		SCARSO			
MEDIA				X			
MODESTA							
SCARSA							
ALTA							
MEDIA							
SCARSA							
DISGREGATO							
NON DISGREGATO							

Note:

Il campione si presenta come una sabbia limosa

Documentazione fotografica:



Lo Sperimentatore



Il Direttore del laboratorio



SOIL PROJECT s.a.s.

Viale Europa snc - Loc. Cubante, 82018 CALVI (BN)
Tel: 0824 1816668; cell: 340 6867752 - 333 1153056; info: www.soilprojectsas.it;
email: info@soilprojectsas.it P.I.: 01515280624

pag. 1/1

Rev. 1 del 07/01/2013

CARATTERISTICHE FISICO VOLUMETRICHE (ASTM D2216-D2974-D854-D4372-C128; UNI 8520; BS 1327)

MOD L7.05/2c

Data accettazione: 10/01/2020 Cod. Qualità: 0001/20/L del 10/01/20
Data apertura: 16/01/2020 N° ACC.: 001/20 del 01/01/2020

N° Certificato
9563

Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n 342 Del 10/07/2019

Richiedente	Geol. Giovanni Bonanno Conti	N. Sondaggio	S1
Opera/cant.	Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso nella località "Sant'Ignazio" del Comune di San Giorgio la Molara e di ripristino del piano viario della S.P.n°60.	Prof. Sondaggio (m)	
Località	Sant'Ignazio - S.Giorgio la Molara (BN)	N. Campione	C1 P
Impresa		Prof. Campione (m)	1,00-1,5
Tecnico		Note	

PESO DI VOLUME γ (BS 1377 T15/e)

Metodo campione	Provino			
	1	2	3	
Peso contenitore (g)	54,96	72,54	54,96	
Peso contenitore+campione umido (g)	200,84	218,00	201,34	
Peso campione umido (g)	145,9	145,5	146,4	
Volume contenitore (cm ³)	72,00	72,00	72,00	
Peso di volume γ (kN/m ³)	19,869	19,812	19,937	
	MEDIA 19,87			
C.Q. $\Delta\gamma < 2\%$	$\Delta\gamma$ (%)	0,02	0,31	0,32

CONTENUTO IN SOLFATI (UNI EN 1744-1:1999)

Determinazioni	1	2	3
Peso campione (g)			
Peso precipitazione (g)			
Peso acqua utilizzata (g)			
Contenuto in solfati (%)			
	MEDIA		

PESO SPECIFICO DEI GRANI γ_s (ASTM D854)

	Campione			
	1	2	3	
Picnometro	A	B	C	
Peso campione secco (g)	26,14	26,26	26,40	
Temperatura di prova (°C)	20,00	20,00	20,00	
Peso specifico acqua γ_w (kN/m ³)	9,80665	9,80665	9,80665	
Peso pic. + acqua + camp. secco (g)	165,76	158,58	150,76	
Peso picnometro + acqua (g)	149,5	142,2	134,3	
Peso specifico dei grani γ_s (kN/m ³)	25,95	26,01	26,05	
	MEDIA 26,00			
C.Q. $\Delta\gamma < 1\%$	$\Delta\gamma$ (%)	0,21	0,04	0,17

DETERMINAZIONE PESO DI VOLUME γ (ASTM D1188)

Metodo volumometro	Provino		
	1	2	3
Volumometro			
Peso volumometro + acqua (g)			
Peso campione umido (g)			
Peso volumometro + camp. umido (g)			
Differenza volume volumometro (cm ³)			
Peso di volume γ (kN/m ³)			
	MEDIA		

PARAMETRI DI STATO DERIVATI

Peso vol. secco γ_d (kN/m ³)	17,3
Indice dei vuoti e	0,51
Porosità n (%)	33,6
Grado di saturazione (Sr) %	78,9
$\gamma_{sat} = \gamma_d + \gamma_w n$	
Peso volume saturo γ_{sat} (kN/m ³)	20,6
$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$	
Peso volume immerso γ (kN/m ³)	10,8

DETERMINAZIONE CONTENUTO D'ACQUA W (ASTM D2216)

	Provino			
	1	2	3	
Contenitore n°	A	B	C	
Peso contenitore (g)	2,18	2,14	2,16	
Peso cont. + peso camp. umido (g)	115,36	78,44	84,54	
Peso cont. + peso camp. secco (g)	100,64	68,40	73,80	
Peso campione secco (g)	98,46	66,26	71,64	
Contenuto d'acqua w (%)	14,95	15,15	14,99	
	MEDIA 15,03			
C.Q. $\Delta\gamma < 1,5\%$	$\Delta\gamma$ (%)	0,54	0,80	0,26

CONTENUTO SOSTANZE ORGANICHE (UNI EN 8520/14)

Determinazioni n.	Provini	
	1	2
Peso tara (g)		
Peso campione (g)		
Peso campione calcinato + tara (g)		
Contenuto in sostanze organiche (%)		
	MEDIA	

DETERMINAZIONE CONTENUTO IN CaCO₃ (ASTM D4373)

	Provino	
	1	2
Pressione atmosferica (bar)		
Temperatura atmosferica (°C)		
Quantità campione secco (g)		
Svolgimento reazione (cm ³)		
Absorbimento reazione (cm ³)		
Contenuto carbonato di calcio (%)		
	MEDIA	

Note

Lo Sperimentatore



Il Direttore del laboratorio



SOIL PROJECT s.a.s.

Viale Europa snc - Loc. Cubante, 82018 CALVI (BN)
 Tel: 0824 1816668; cell: 340 6867752 - 333 1153056; info: www.soilprojectsas.it;
 email: info@soilprojectsas.it P.I.:01515280624

pag.1/3

Rev. 1
 del 07/01/2013

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(ASTM D3080)

MOD L7.05/6C

Data accettazione: 10/01/2020 Cod. Qualità: 0001/20/L del 10/01/20
 Data apertura: 16/01/2020 N° ACC.: 001/20 del 010/01/2020

N° Certificato
 9564

Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n 342 Del 10/07/2019

Richiedente	Geol. Giovanni Bonanno Conti	N. Sondaggio	S1
Opera/cant.	Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso nella località "Sant'Ignazio" del Comune di San Giorgio la Molara e di ripristino del piano viario della S.P.n°56.	Prof. Sondaggio (m)	
Località	Sant'Ignazio - S.Giorgio la Molara (BN)	N. Campione	C1 P
Impresa		Prof. Campione (m)	1,00-1,5
Tecnico		Note	

Caratteristiche scatola di taglio

Lunghezza scatola (mm)	60,00	Sezione scatola A (cm ²)	36,00	Altezza scatola H (mm)	22,00	Volume scatola V (cm ³)	79,20
------------------------	-------	--------------------------------------	-------	------------------------	-------	-------------------------------------	-------

Consolidazione

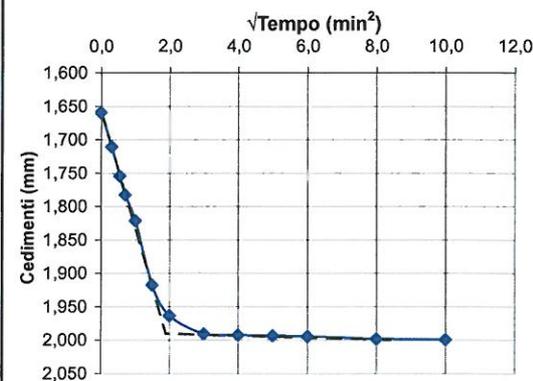
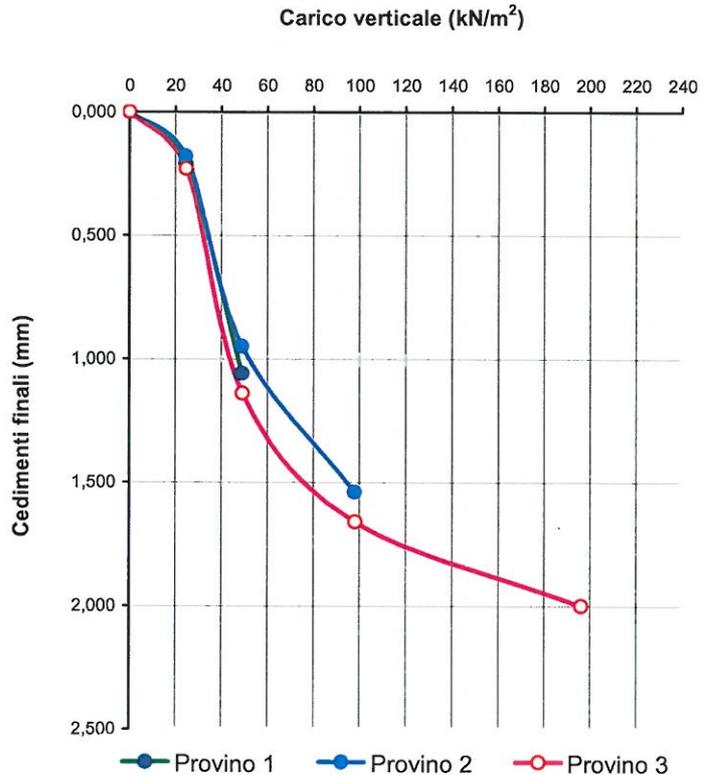
	Carico verticale
Provino 1	49,03 kN/m ²
Provino 2	98,07 kN/m ²
Provino 3	196,13 kN/m ²

Carico verticale kN/m ²	Provino 1	Provino 2	Provino 3
	Cedim. Fin. mm	Cedim. Fin. mm	Cedim. Fin. mm
0,00	0,000	0,000	0,000
24,52	0,210	0,180	0,230
49,03	1,060	0,950	1,140
98,07		1,540	1,660
196,13			2,000
294,21			

Curva di consolidazione di Taylor

Determinata per provino n.		3	
Gradino di carico verticale	da	98,07 kN/m ²	
	a	196,13 kN/m ²	
Cedimento mm	Tempo min	√Tempo min ²	√t ₁₀₀ min ²
1,660	0,00	0,00	1,89
1,711	0,10	0,32	
1,755	0,30	0,55	t ₁₀₀
1,783	0,50	0,71	min
1,822	1,00	1,00	3,57
1,918	2,25	1,50	
1,964	4,00	2,00	k (Racc. AGI)
1,991	9,00	3,00	10
1,993	16,00	4,00	
1,994	25,00	5,00	Spost. Rott.
1,995	36,00	6,00	mm
1,999	64,00	8,00	4,00
2,000	100,00	10,00	

Carico verticale (kN/m²)



Velocità di avanz. MAX 0,11 mm/min

Lo Sperimentatore



Il Direttore del laboratorio



SOIL PROJECT s.a.s.

Viale Europa snc - Loc. Cubante, 82018 CALVI (BN)
Tel: 0824 1816668; cell: 340 6867752 - 333 1153056; info: www.soilprojectsas.it;
email: info@soilprojectsas.it P.I.:01515280624

pag 2/3

Rev. 1
del 07/01/2013

PROVA DI TAGLIO

(ASTM D3080)

MOD L7.05/6C

Data accettazione: 10/01/2020 Cod. Qualità: 0001/20/L del 10/01/20
Data apertura: 16/01/2020 N° ACC.: 001/20 del 01/01/2020

N° Certificato
9565

Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n 342 Del 10/07/2019

Richiedente	Geol. Giovanni Bonanno Conti	N. Sondaggio	S1
Opera/cant.	Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso nella località "Sant'Ignazio" del Comune di San Giorgio la Molara e di ripristino del piano viario della S.P.n°69.	Prof. Sondaggio (m)	
Località	Sant'Ignazio - S.Giorgio la Molara (BN)	N. Campione	C1 P
Impresa		Prof. Campione (m)	1,00-1,5
Tecnico		Note	

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Avanzamento	Def. Vert.	Sforzo di taglio	Avanzamento	Def. Vert.	Sforzo di taglio	Avanzamento	Def. Vert.	Sforzo di taglio
(mm)	(mm)	(kN/m ²)	(mm)	(mm)	(kN/m ²)	(mm)	(mm)	(kN/m ²)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,03	0,06	4,31	0,02	0,04	7,98	0,03	0,07	14,22
0,05	0,10	9,44	0,04	0,07	17,89	0,05	0,23	28,45
0,08	0,15	12,41	0,06	0,10	22,35	0,08	0,35	39,82
0,10	0,18	17,00	0,08	0,13	27,94	0,10	0,43	49,78
0,13	0,21	19,35	0,10	0,15	32,73	0,13	0,48	58,31
0,15	0,24	21,11	0,12	0,19	36,72	0,15	0,53	65,42
0,18	0,26	23,46	0,14	0,22	39,92	0,18	0,56	71,11
0,20	0,28	25,22	0,16	0,24	42,31	0,20	0,58	75,38
0,23	0,29	26,18	0,18	0,26	43,91	0,23	0,60	78,22
0,25	0,30	27,17	0,20	0,28	46,30	0,25	0,62	80,55
0,28	0,31	27,74	0,22	0,30	47,10	0,28	0,62	82,24
0,30	0,32	28,33	0,24	0,32	48,86	0,30	0,62	83,91
0,33	0,33	29,13	0,26	0,34	49,65	0,33	0,62	85,42
0,35	0,34	29,69	0,28	0,35	50,74	0,35	0,62	86,54
0,38	0,35	30,33	0,30	0,36	50,74	0,38	0,61	89,60
0,40	0,36	31,08	0,32	0,37	51,89	0,40	0,61	92,45
0,43	0,36	31,72	0,34	0,38	52,69	0,43	0,60	93,87
0,45	0,36	32,69	0,36	0,38	54,29	0,45	0,60	96,71
0,48	0,37	33,50	0,38	0,39	55,08	0,48	0,60	98,14
0,50	0,37	33,97	0,40	0,40	55,88	0,50	0,60	99,56
0,53	0,37	34,07	0,42	0,41	56,68	0,53	0,59	100,98
0,55	0,38	34,07	0,44	0,41	57,66	0,55	0,59	100,98
0,58	0,39	33,72	0,46	0,42	57,48	0,58	0,59	102,40
0,60	0,39	33,00	0,48	0,42	57,48	0,60	0,59	102,40
0,63	0,39	32,47	0,50	0,42	57,48	0,63	0,59	100,98
			0,52	0,42	56,94	0,65	0,59	99,56
			0,54	0,43	55,89	0,68	0,59	98,14

Lo Sperimentatore



Il Direttore del laboratorio



SOIL PROJECT s.a.s.

Viale Europa snc - Loc. Cubante, 82018 CALVI (BN)
 Tel: 0824 1816668; cell: 340 6867752 - 333 1153056; info: www.soilprojectsas.it;
 email: info@soilprojectsas.it P.I.:01515280624

pag 3/3

REV 1 del 07/01/2013

PROVA DI TAGLIO (ASTM D3080)

MOD L7.05/6C

Data accettazione: 10/01/2020 Cod. Qualità: 0001/20/L del 10/01/20
 Data apertura: 16/01/2020 N° ACC.: 001/20 del 010/01/2020

N° Certificato
9566

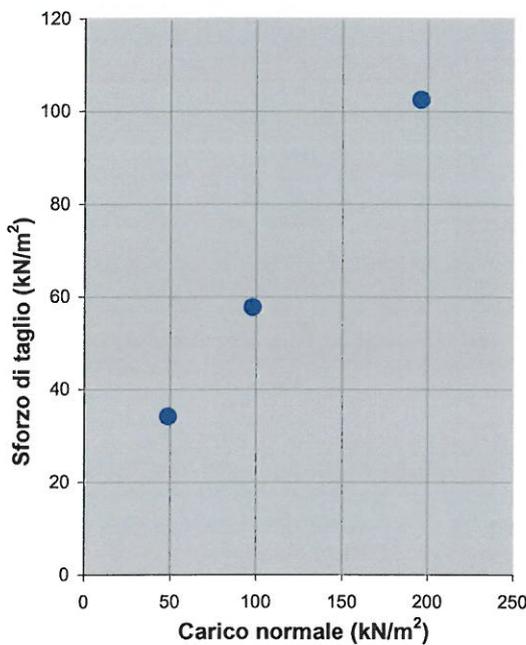
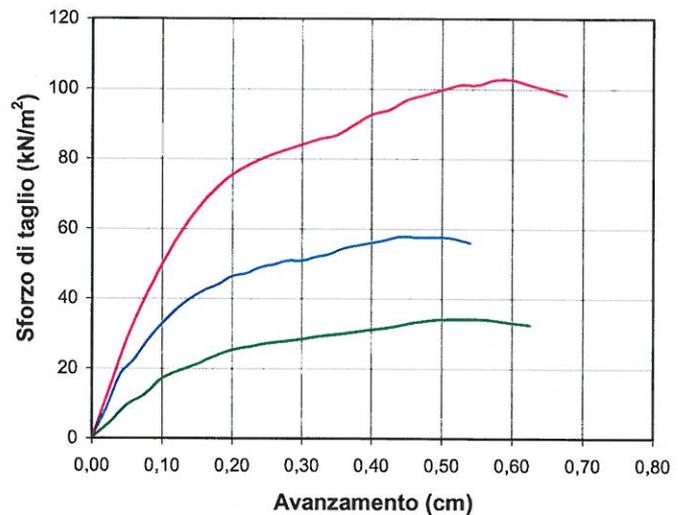
Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n 342 Del 10/07/2019

Richiedente	Geol. Giovanni Bonanno Conti	N. Sondaggio	S1
Opera/cant.	Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso nella località "Sant'Ignazio" del Comune di San Giorgio la Molara e di ripristino del piano viario della S.P.n°60.	Prof. Sondaggio (m)	
Località	Sant'Ignazio - S.Giorgio la Molara (BN)	N. Campione	C1 P
Impresa		Prof. Campione (m)	1,00-1,5
Tecnico		Note	

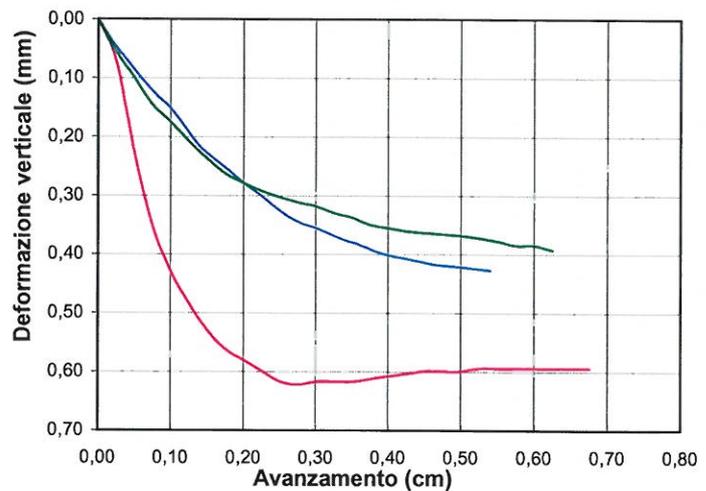
Contenuto d'acqua naturale (%)	15,03
Peso di volume naturale (kN/m ³)	19,87
Peso di volume secco (kN/m ³)	17,28
Indice dei vuoti	0,51
Porosità (%)	33,56
Peso specifico (kN/m ³)	26,00
Grado di saturazione (%)	79
Sezione scatola di taglio (cm ²)	36
Velocità di avanzamento (mm/min)	0,025

	Carico verticale
Provino 1	49,03 kN/m ²
Provino 2	98,07 kN/m ²
Provino 3	196,13 kN/m ²

SFORZO DI TAGLIO



DEFORMAZIONE



Parametri di regressione lineare	Intercetta (kN/m ²)	11,70
	Valore angolare (°)	24,88

Lo Sperimentatore



Il Direttore del laboratorio



CONSULENZA GEOLOGICA - INDAGINI GEOGNOSTICHE
MONITORAGGIO AMBIENTALE - DIAGNOSTICA STRUTTURALE

Via Arcangeli n° 6 – 98031 Capizzi (ME) – Cell. 339/8637188 – E-mail: geo_service@inwind.it

PROVINCIA DI BENEVENTO

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL MOVIMENTO
FRANOSO E DI RIPRISTINO DEL PIANO VIARIO DELLA
S.P. N° 60 NELLA LOCALITÀ “SANT’IGNAZIO” DEL
COMUNE DI SAN GIORGIO LA MOLARA

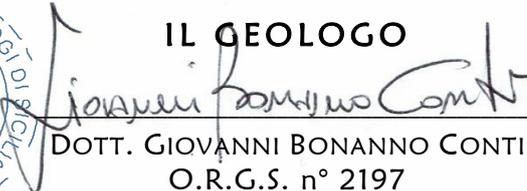
INDAGINI SISMICHE

COMMITTENTE
PROVINCIA DI BENEVENTO

DATA
20/01/2020



IL GEOLOGO


DOTT. GIOVANNI BONANNO CONTI
O.R.G.S. n° 2197

I N D I C E

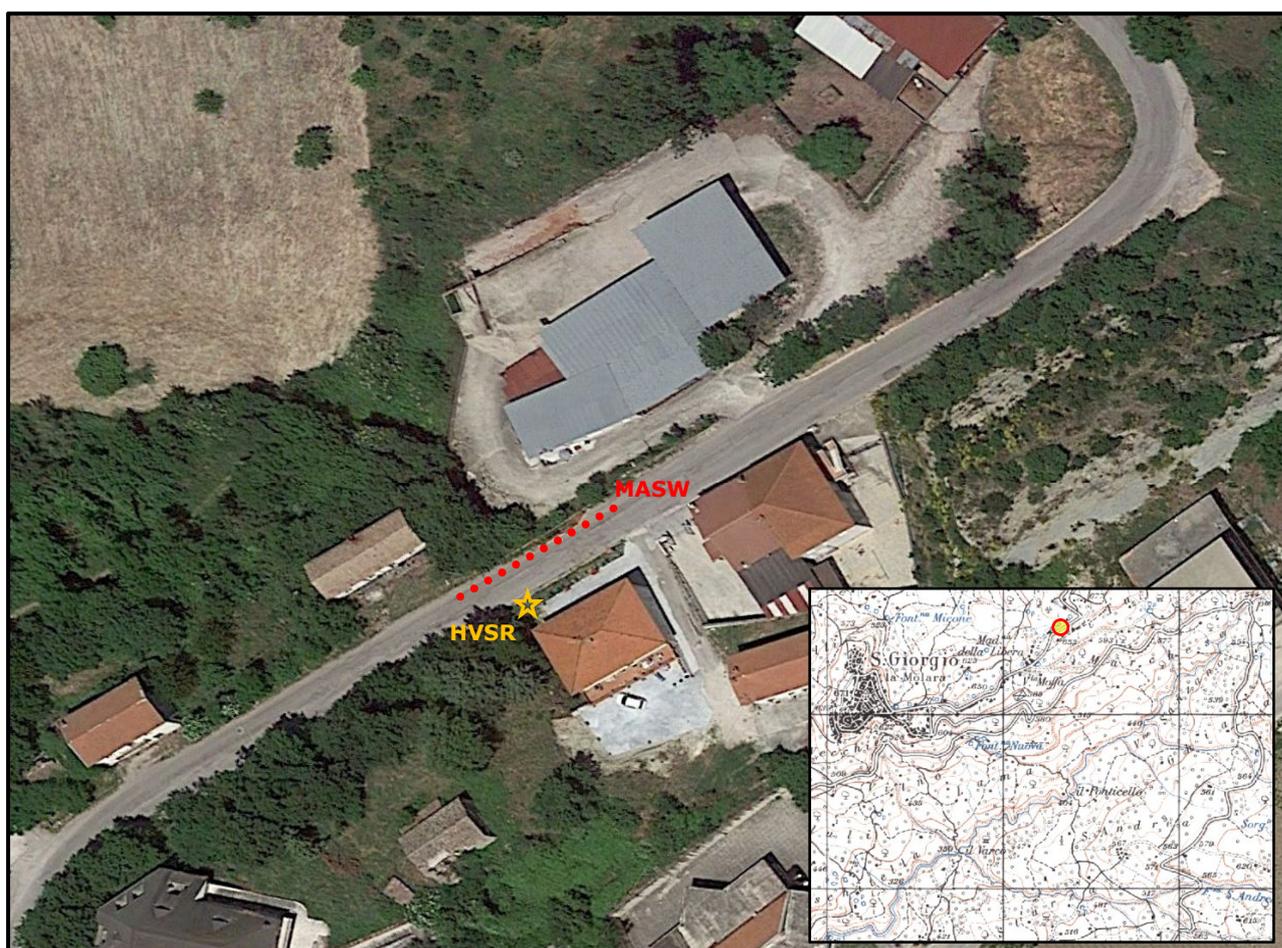
1.0	<i>PREMESSE</i>	<hr/>	<i>PAG. 2</i>
2.0	<i>PROVA MASW</i>	<hr/>	<i>PAG. 3</i>
3.0	<i>PROVA HVSR</i>	<hr/>	<i>PAG. 8</i>

A L L E G A T I

- *ELABORAZIONE PROVA HVSR*
- *DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA*

1.0 PREMESSE

Su incarico conferito dalla *Provincia di Benevento – Settore Tecnico – Servizio Viabilità 2*, con *Determinazione Dirigenziale n° 2314 del 09/10/2019* sono state effettuate delle indagini sismiche consistenti nella realizzazione di una prova MASW ed una prova HVSR a supporto dello studio geologico relativo al progetto per i «*Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso e di ripristino del piano viario della S.P. n° 60 nella località “Sant’Ignazio” del Comune di San Giorgio La Molarata*».



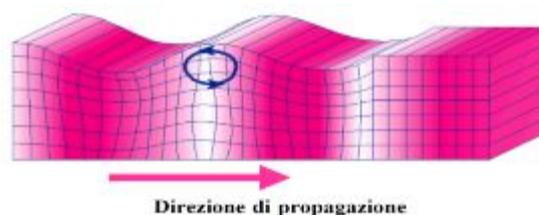
Le suddette indagini hanno permesso di determinare la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$, necessaria per definire la categoria del suolo di fondazione secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018, approvate con D.M. del 17/01/2018 e, nel contempo, di individuare la frequenza fondamentale di risonanza del sito.

2.0 PROVA MASW

La prova sismica attiva M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Wave*) è un'indagine di superficie, non invasiva, che non risente di eventuali inversioni di velocità con la profondità e che consente di determinare l'andamento della velocità delle onde di taglio (*Onde S*) nel sottosuolo mediante l'analisi della dispersione delle onde superficiali o Onde di Rayleigh nel dominio del tempo.

Le predette onde presentano un elevato contenuto energetico, corrispondente a circa il 70% dell'energia complessiva prodotta dall'evento di energizzazione sismica e si generano sulla superficie libera del terreno (*ossia lungo l'interfaccia di un semispazio omogeneo*) attraverso l'interazione tra le onde di compressione (*onde P*) e la componente verticale delle onde di taglio (*onde S*).

Le particelle di tali onde si muovono con moto ellittico, in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde, con l'asse maggiore dell'ellisse normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione e con ampiezza che decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera.

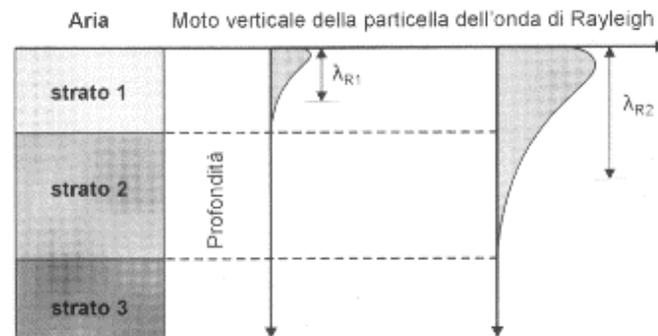


La velocità di propagazione delle Onde di Rayleigh (V_R), anche se influenzata dalla velocità delle onde longitudinali (V_P), dalla densità del mezzo attraversato e dal *Coefficiente di Poisson*, è funzione, soprattutto, della velocità delle onde trasversali (V_S) rispetto alla quale risulta essere leggermente inferiore essendo $V_R \approx 0,90 \times V_S$.

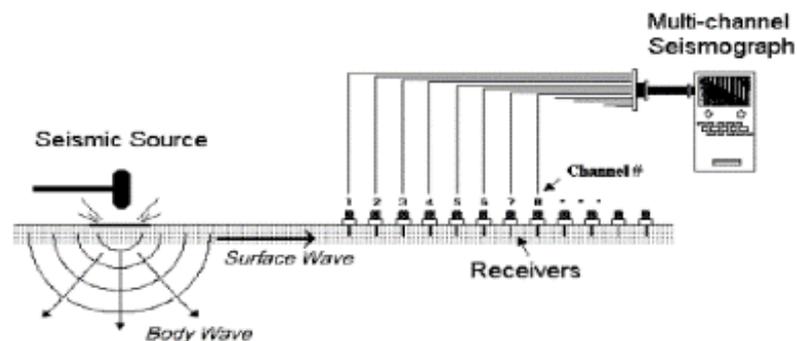
In un mezzo verticalmente eterogeneo quale, ad esempio, il substrato geologico, costituito da una successione più o meno regolare di strati aventi caratteristiche fisiche e proprietà

meccaniche differenti, le Onde di Rayleigh presentano un comportamento dispersivo.

Infatti, le onde caratterizzate da alta frequenza (*e quindi bassi valori di lunghezza d'onda*) interessano gli strati più superficiali mentre quelle con bassa frequenza (*e di conseguenza maggiore lunghezza d'onda*) riguardano gli strati più profondi.



Il metodo MASW consiste nel registrare, con dei geofoni disposti lungo uno stendimento lineare e collegati ad un sismografo multicanale, le onde prodotte da una sorgente impulsiva che sbatte su un piattello metallico posto ad una certa distanza dal primo geofono.



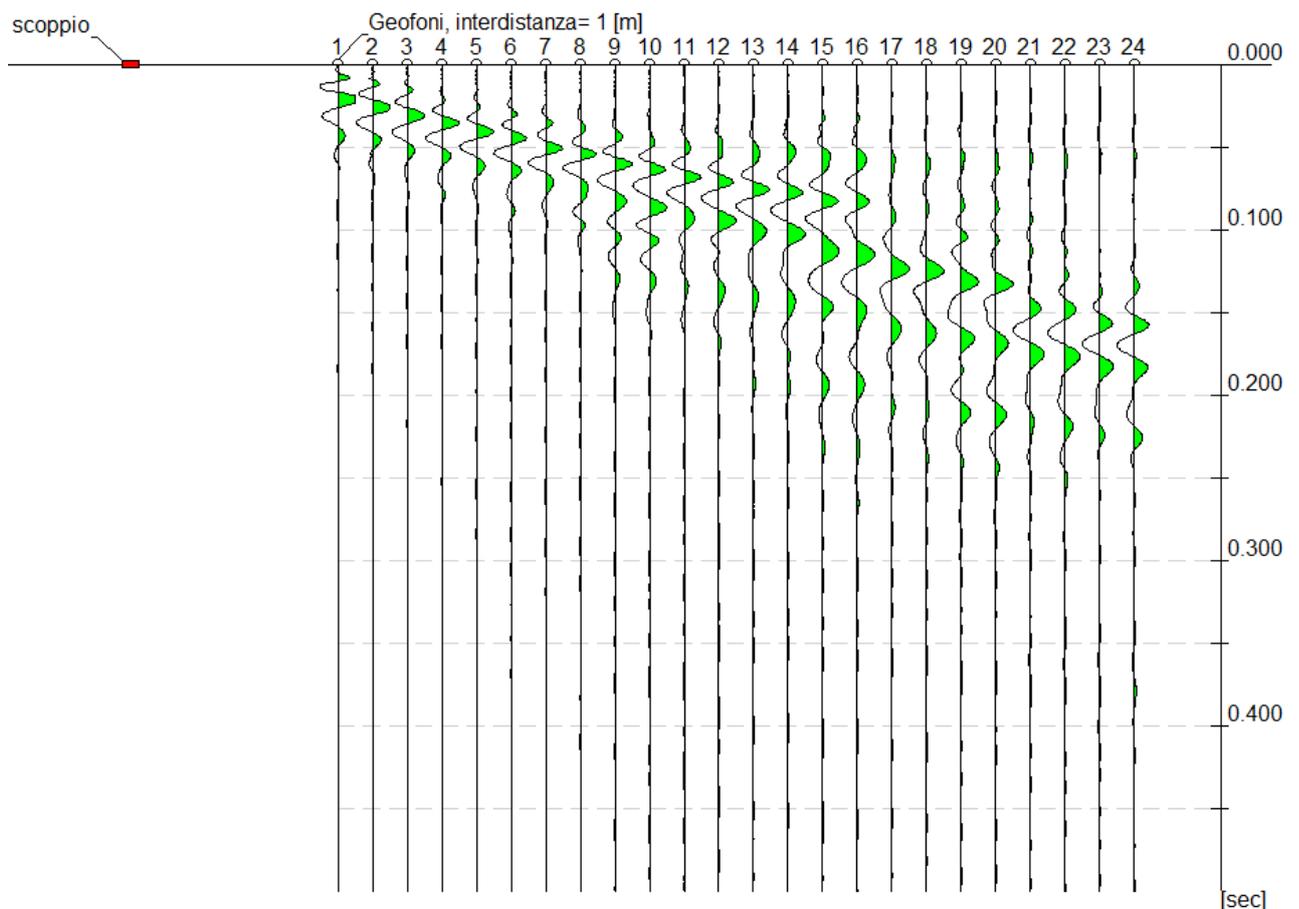
Tale metodologia, definita attiva, consente di ottenere una velocità di fase (*o curva di dispersione*) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra circa 1 Hz e 60 Hz e, nel contempo, fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa entro i primi 30 m di profondità.

Nel caso specifico, l'indagine di che trattasi è stata effettuata utilizzando un sismografo collegato a n° 12 geofoni verticali da 4.5 Hz ed impostando un periodo di campionamento di 1.0 msec nonché un'amplificazione uniforme per tutti i canali al fine di evitare eventuali

saturazioni del segnale.

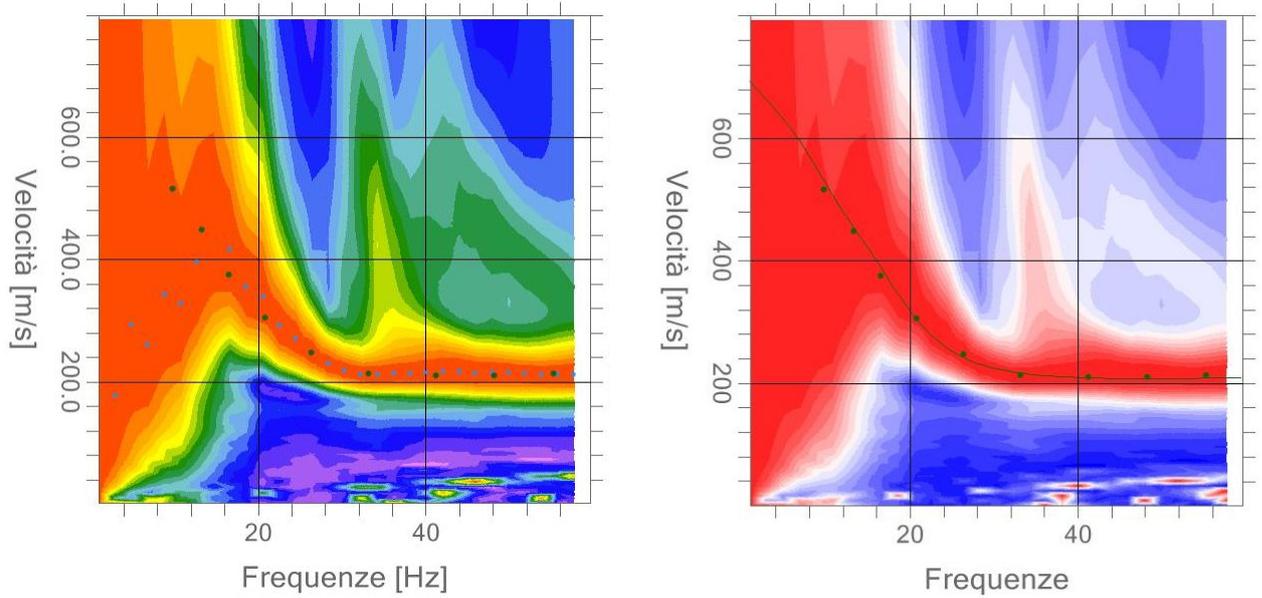
È stata, quindi, effettuata una prima energizzazione percuotendo con una mazza battente di 8 Kg una piastra metallica posta a lato del geofono starter, sito alla distanza di 3.00 m dal primo geofono G₁ e dopo aver acquisito la prima traccia sismica con i 12 geofoni disposti in linea con interspazio di 2.00 m, lo stendimento è stato traslato nella sua interezza di 1.00 m lungo lo stesso allineamento provvedendo, previa ulteriore energizzazione, alla registrazione della seconda acquisizione.

Utilizzando un'applicazione del software in uso alla strumentazione, le due acquisizioni sono state "interlacciate" ed è stata ottenuta la seguente traccia sismica con 24 canali aventi un interspazio di 1.00 m.

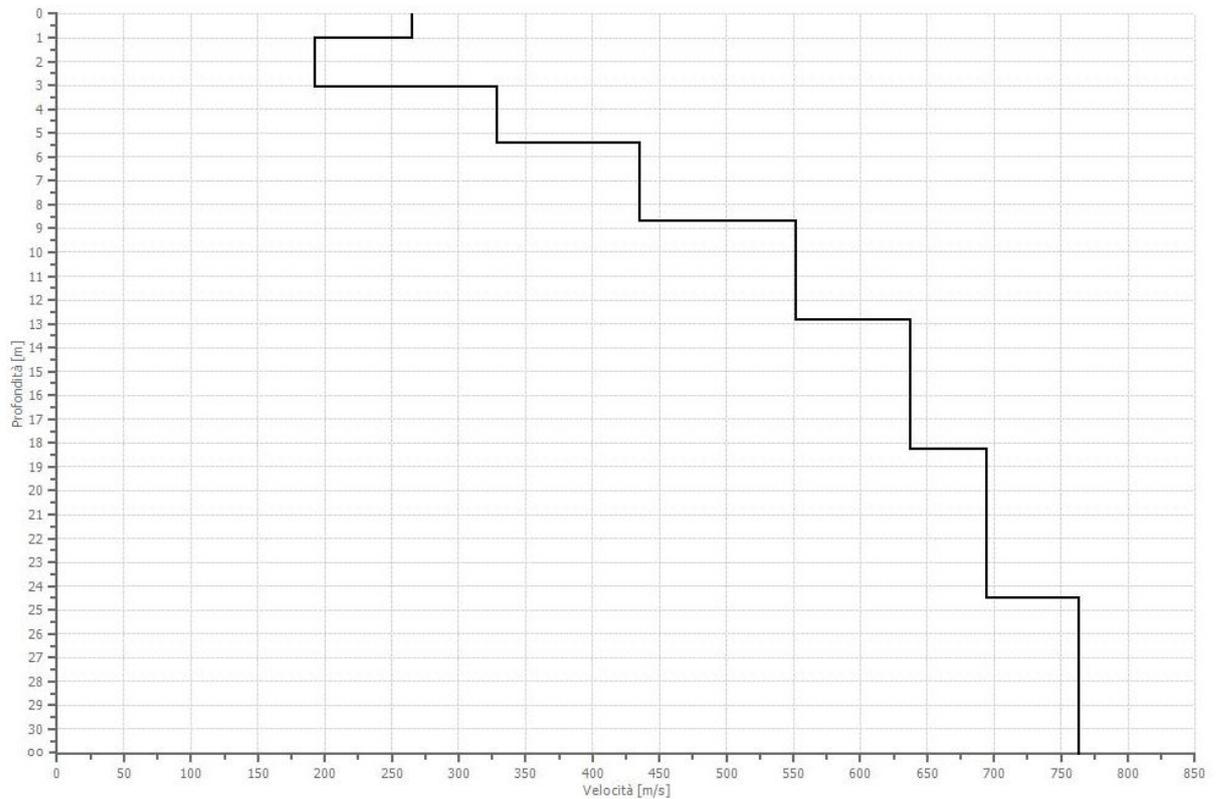


L'analisi spettrale del sismogramma sopra ottenuto, effettuata con l'ausilio del software specialistico *EasyMASW*, ha quindi consentito di trasformare il moto misurato dal dominio

“spazio – tempo” al domino “velocità di fase – frequenza”.



Effettuato il picking dei punti di dispersione, è stata eseguita l’inversione con il modo fondamentale ed è stato ricostruito il modello “velocità V_s – profondità” che ha permesso di definire fino a 30 m di profondità le seguenti velocità delle onde di taglio:



Considerata la variazione delle velocità delle onde di taglio con la profondità e tenuto conto

del mancato rinvenimento del substrato con $V_s > 800 \text{ m/sec}$ entro i primi 30.00 m dal piano di campagna è stato possibile definire un valore di $V_{s,eq} = 489,34 \text{ m/sec}$ con $H = 30.00 \text{ m}$.

PROFONDITÀ (m)	SPESSORE (m)	VELOCITÀ ONDE DI TAGLIO (V_s)	FORMULA	$V_{s,eq}$ (m/sec)
0.00 – 1.04	1.04	265.14	$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$	489,34 con H = 30.00 m
1.04 – 3.06	2.02	192.58		
3.06 – 5.40	2.34	328.25		
5.40 – 8.68	3.28	435.25		
8.68 – 12.83	4.15	552.25		
12.83 – 18.27	5.44	637.12		
18.27 – 24.50	6.23	694.59		
oltre 24.50	indefinito	762.96		

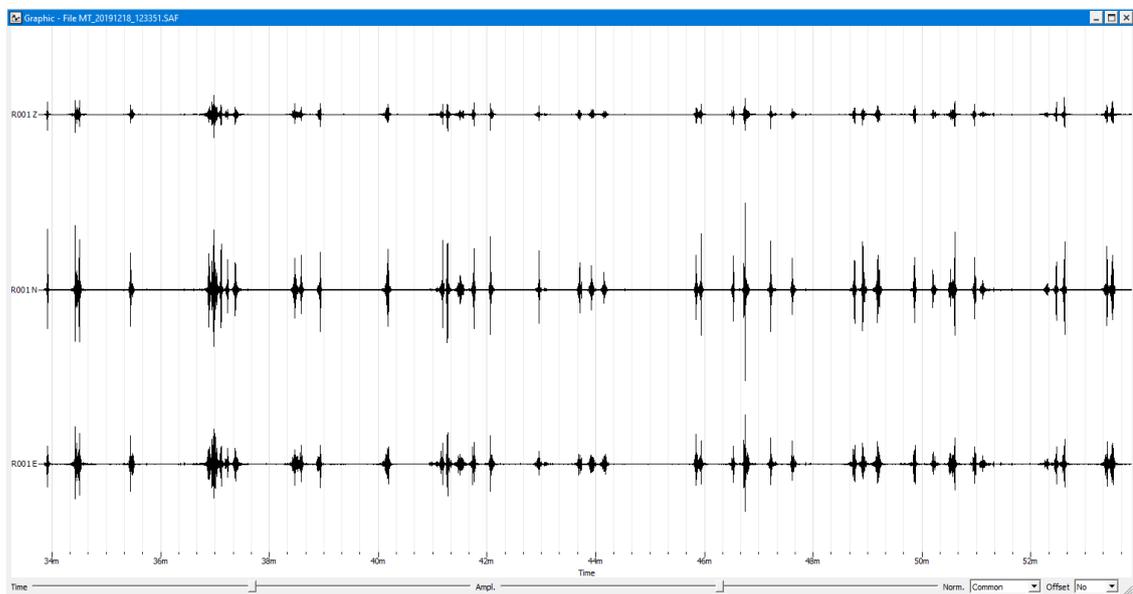
Facendo, quindi, riferimento alla tabella sotto riportata, in funzione del valore di $V_{s,eq}$ ottenuto, il substrato di fondazione può essere classificato come "**Suolo di tipo B**".

CATEGORIE SUOLO DI FONDAZIONE

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

3.0 PROVA HVSR

La prova sismica HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) a stazione singola è un tipo di indagine di superficie, non invasiva, che consiste nella misura passiva del rumore sismico ambientale (microtremore), ovvero delle oscillazioni continue e di piccola ampiezza del terreno (dell'ordine di $10^{-2} - 10^{-6}$ mm) originate dalla sovrapposizione di effetti generati sia da sorgenti naturali (*perturbazioni meteorologiche a larga scala, vento, onde oceaniche, ecc...*) che da sorgenti antropiche (*traffico, attività industriali, ecc...*).



Il microtremore ambientale (noise sismico), presente in qualsiasi punto della superficie terrestre è dovuto prevalentemente alle onde di superficie (Rayleigh e Love) prodotte dall'interferenza costruttiva delle onde P e S negli strati superficiali.

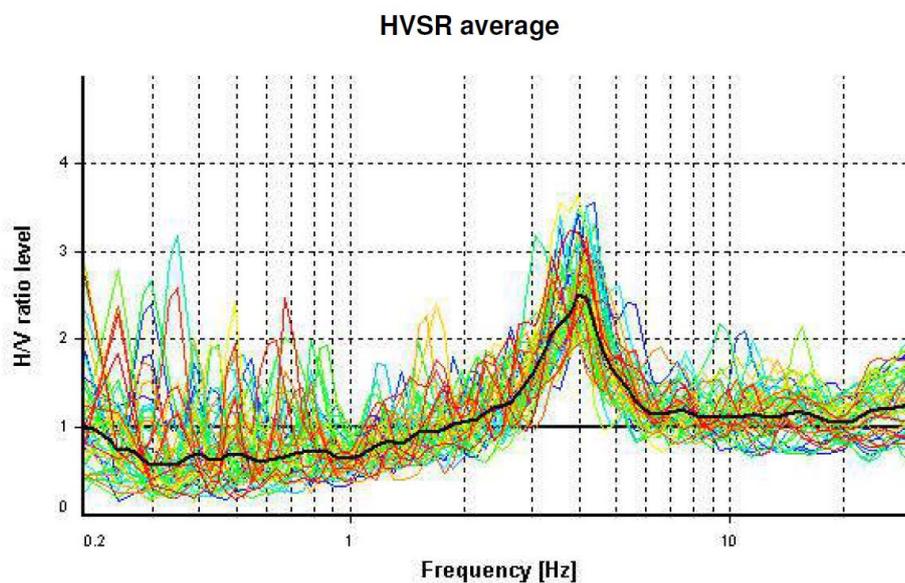
Il metodo è definito passivo in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio avviene nelle prospezioni sismiche attive (MASW e/o Rifrazione).

La metodologia di indagine, chiamata anche tecnica di Nakamura (1989), è stata introdotta da Nogoshi e Igarashi (1971) sulla base degli studi di Kanai e Tanaka (1961) e permette di determinare il rapporto spettrale H/V del rumore ambientale (seismic noise) fornendo informazioni sui terreni investigati relativamente alle frequenze naturali e di

risonanza utili per valutare gli effetti (sismici) locali di sito.

La prova HVSR a stazione singola, consiste nella valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti.

Il risultato della prova è una curva sperimentale, che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni in funzione della frequenza di vibrazione.



Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi, sono legate alle frequenze di risonanza del terreno e l'ampiezza di questi massimi è proporzionale (*anche se non linearmente*) all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente alla base della copertura.

In presenza di forti variazioni della velocità delle onde S nel sottosuolo, la funzione H/V mostra dei massimi marcati in corrispondenza della frequenza fondamentale di risonanza (*fr*) relativa alla configurazione stratigrafica del sito con *fr* uguale al rapporto fra la velocità delle onde S fino alla profondità del salto di velocità e il quadruplo di questa profondità:

$$f_r = V_s / (4h)$$

Le linee guida della tecnica HVSR, illustrate dal progetto SESAME (*Site EffectS assessment*

using **AMbient Excitation**) raccomandano, nell'effettuare la misura, di:

- *verificare il buon accoppiamento tra il sensore e il terreno e la sufficiente distanza da edifici, alberi, strutture in elevazione;*
- *accertare l'assenza di sorgenti dominanti di rumore o sorgenti ad elevata intensità ed alta frequenza in prossimità del sito di misura;*
- *tenere conto del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz).*

Soddisfatte le condizioni sopra riportate, si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x, y, z) con una singola stazione per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Successivamente si effettua un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata (*secondo le indicazioni del progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari a 20 secondi*) così da ottenere un insieme di finestre "long", sincronizzate fra le tracce.

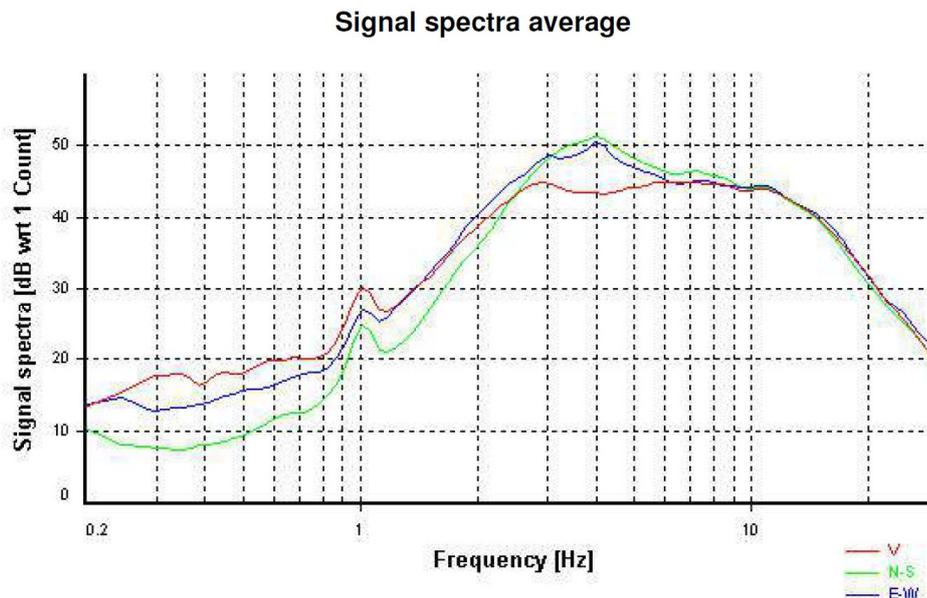
Queste finestre vengono, quindi, filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, e pertanto ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier che viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura. Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia e per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, la semplice media aritmetica o la somma euclidea.

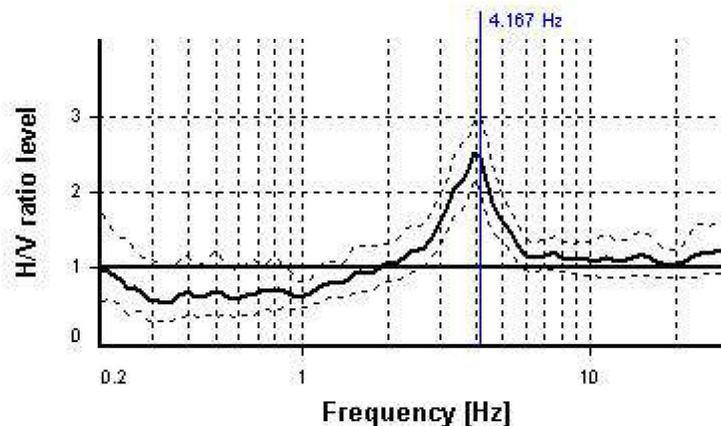
Per ciascuna coppia esiste lo spettro nella direzione verticale Z, relativo alla finestra

temporale sincrona a quelle della coppia stessa. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia.

Questo permette di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.



Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (*frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso*) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito (*frequenza di risonanza*).



Si fa presente che possono esistere anche picchi HVSR di natura antropica ma questi sono solitamente molto stretti e si presentano come picchi positivi, di diversa ampiezza, su tutte e

tre le componenti (verticale, N-S ed E-W) del moto mentre generalmente il picco HVSR di origine naturale è determinato da una depressione nello spettro di ampiezza della componente verticale.

Dopo aver calcolato la curva HVSR media occorre eseguire le verifiche di attendibilità del risultato in termini di affidabilità e di chiarezza del picco massimo in frequenza.

Al riguardo, i ricercatori del progetto SESAME suggeriscono di ritenere affidabile una curva HVSR che soddisfi tutti e 3 i criteri di affidabilità (*criteria for a reliable H/V curve*) e di ammettere come chiaro un picco che soddisfi almeno 5 su 6 dei criteri di chiarezza (*criteria for a clear H/V peak*) riportati nella tabella seguente:

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]	$f_0 > 10 / L_w$ $n_c(f_0) > 200$ $\sigma_A(f) < 2$ 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ $A_0 > 2$ $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza media della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza media della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [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	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Il grafico HVSR è generalmente un grafico "frequenza - ampiezza" del rapporto H/V in cui ciascun picco corrisponde ad un livello stratigrafico che presenta un contrasto di impedenza rispetto al livello sottostante.

Pertanto, questa prova ha lo scopo principale di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni.

Nel caso specifico, la prova HVSR è stata effettuata utilizzando un GEOBOX a 24 bit prodotto dalla *SARA Electronic Instruments* e costituito da n. 3 sensori elettrodinamici (velocimetri) integrati da 4.5 Hz orientati secondo le direzioni N-S, E-W e verticale.

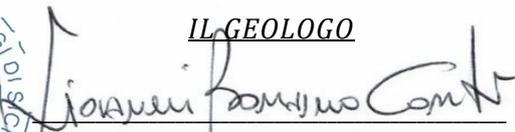
Lo strumento è stato posizionato in asse con la direzione del Nord impostando una frequenza di campionamento di 300 Hz ed una durata di registrazione di 20 minuti.

L'elaborazione dei dati raccolti, effettuata con il software Geoplotter HVSR utilizzando finestre temporali di ampiezza compresa tra 20 sec e 120 sec, ha evidenziato la presenza di un picco ad una frequenza $f_0 = 6,708 \text{ Hz}$ di ampiezza $A_0 = 2,732$ che può essere considerato affidabile in quanto rispetta i criteri del progetto SESAME.

Si riporta di seguito il report completo con l'elaborazione della prova HVSR ed i relativi grafici ricavati.

Capizzi, 20/01/2020



IL GEOLOGO

DR. GIOVANNI BONANNO CONTI
O.R.G.S. n° 2197



DOCUMENTAZIONE
FOTOGRAFICA



PROVA SISMICA MASW



PROVA SISMICA HVSR



ELABORAZIONE

PROVA HVSR

STATION INFORMATION

Station code: S4/619

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Operatore: Dr. Geol. Giovanni Bonanno Conti

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR

Address: C.da Sant'Ignazio

Latitude: 41.275149°

Longitude: 14.931526°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 0 m s.l.m.

Weather: Sereno

Notes: Studio geologico a corredo del progetto per i lavori di messa in sicurezza dei movimenti franosi nella località "Sant'Andrea - Sant'Ignazio - Roselli" del Comune di San Giorgio La Molara e di ripristino del piano viario della S.P. n° 60

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

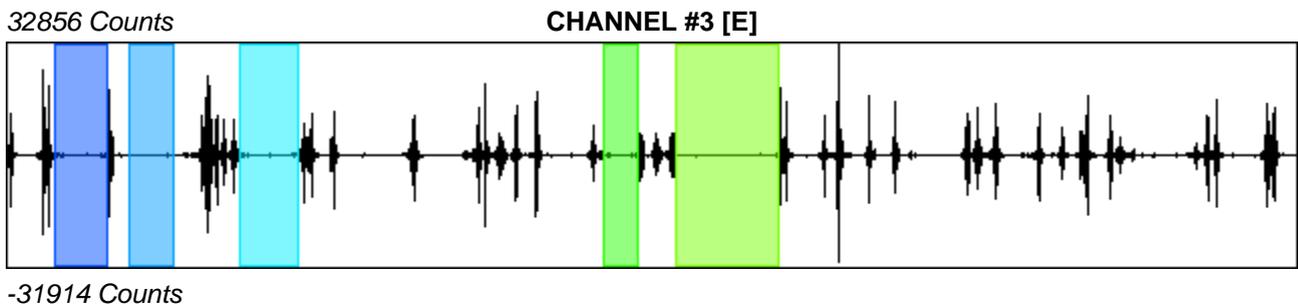
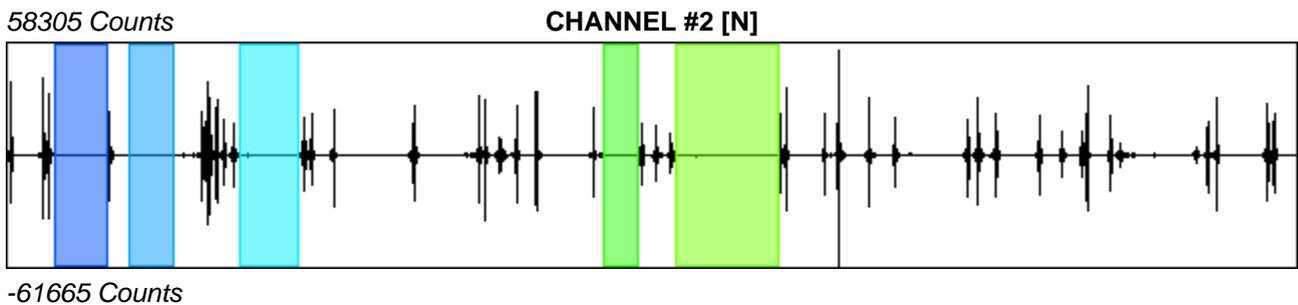
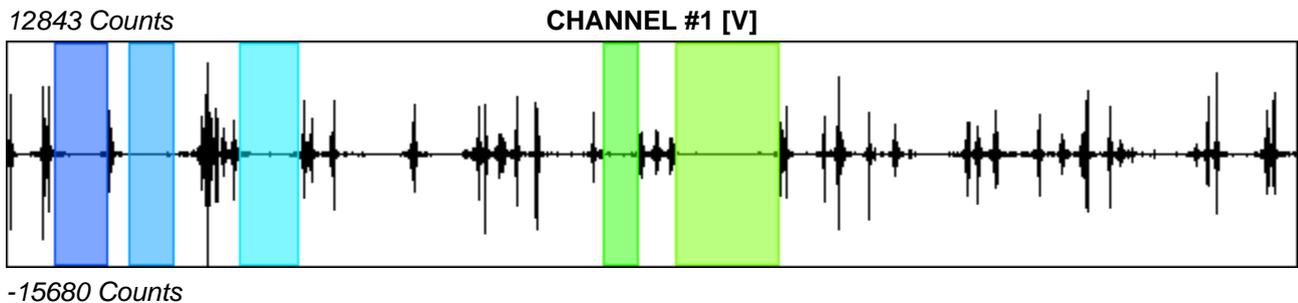
Recording start time: 2019/12/18 12:33:51

Recording length: 20 min

Windows count: 5

Average windows length: 54.68

Signal coverage: 22.78%



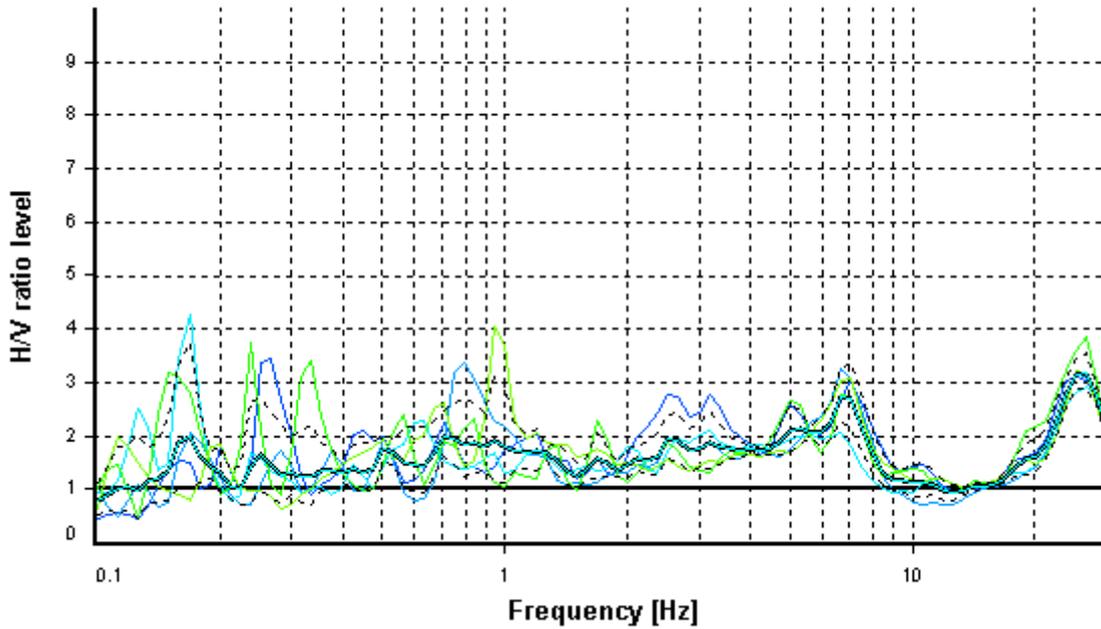
HVSr ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

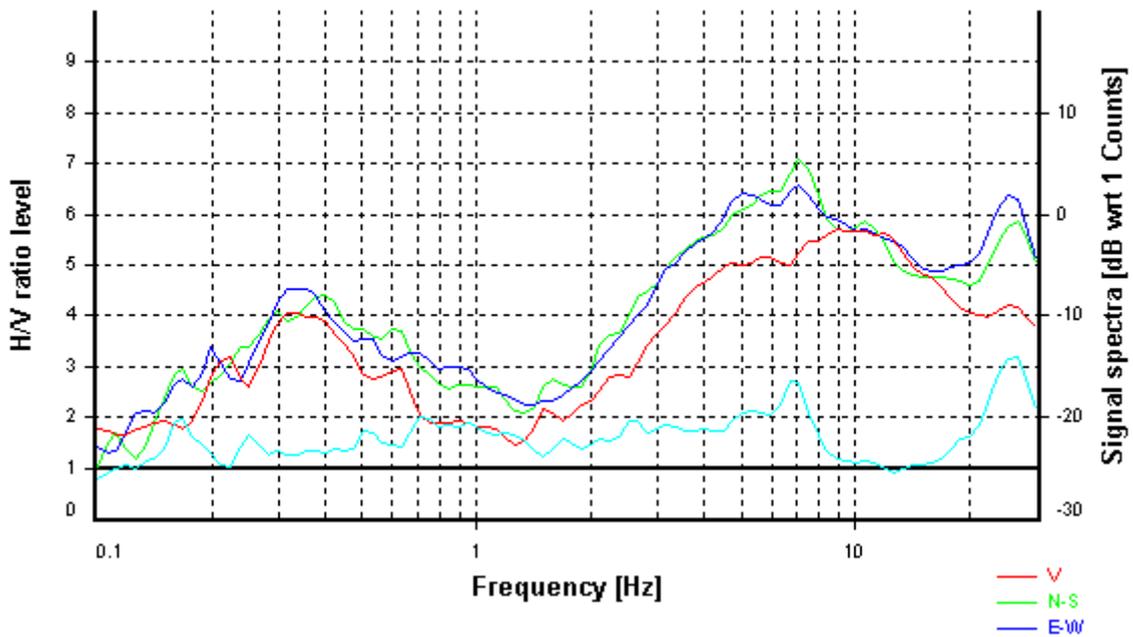
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

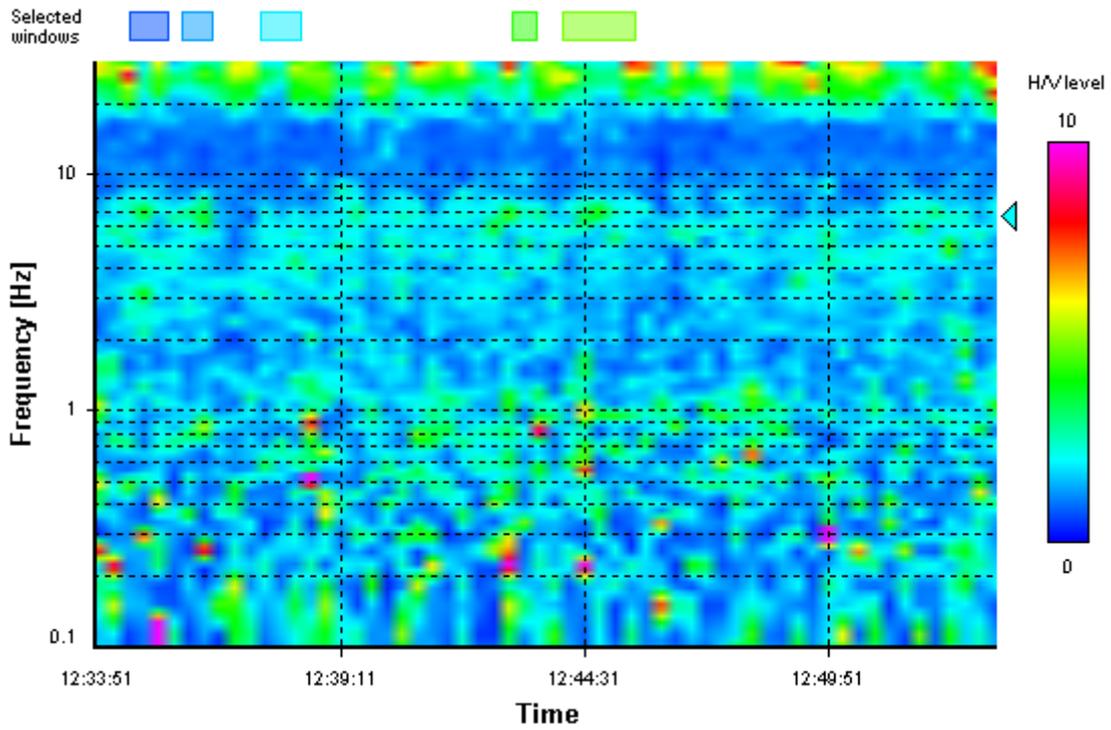
HVSr average



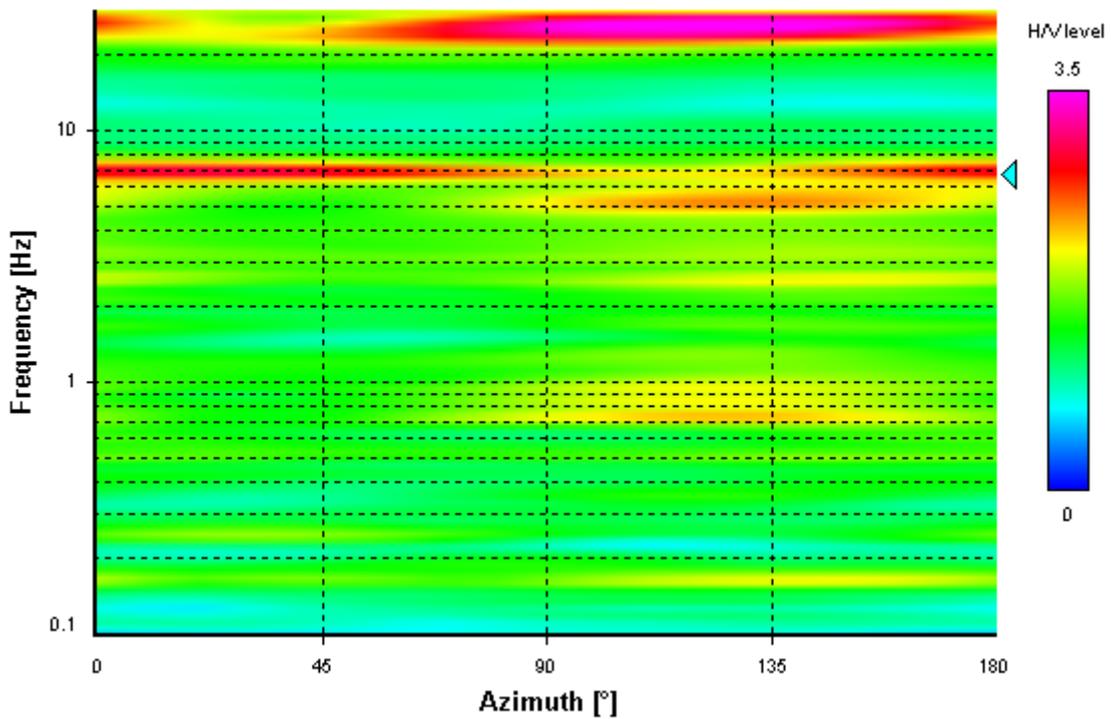
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (20 seconds windows)



HVSR directional analysis



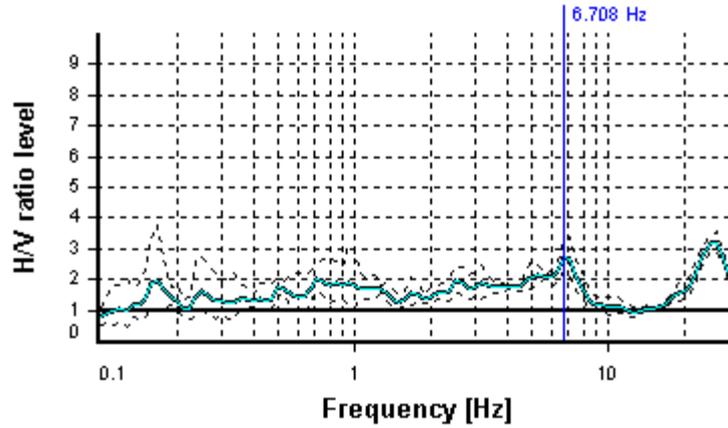
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

6.708 Hz

A_0 amplitude = 2.732

Average $f_0 = 6.867 \pm 0.218$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	5 valid windows (length > 1.49 s) out of 5	OK
$n_c(f_0) > 200$	1833.71 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	1.88839 Hz	OK
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	8.44598 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.73 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	5.93% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.21788 < 0.33538	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.18926 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK