Studio associato di geologia applicata
GEOITER
Dott. Geol. Vincenzo D'Angelo
Dott. Geol. Giuseppe Di Giovannantonio
Via Madonna del Carmine civ. 27
81059 Vairano Scalo (CE)
Tel. 3333655718 - 3334292763
P.I. 02034620613
e-mail: geoiter1@gmail.com
pec: geoiter2006@epap.sicurezzapostale.it

COMUNE DI FORMICOLA

PROVINCIA DI CASERTA

PUC

PIANO URBANISTICO COMUNALE

(L.R. n° 16 del 22.12.2004 - Regolamento di Attuazione n° 5 del 04.08.2011 - BURC n° 53 del 08.08.2011 - L.R. n° 19 del 22.06.2017 e s.m.i.)

ALLEGATO GEOGNOSTICO

Indagini geognostiche - geotecniche - geofisiche

(L.R. n° 9 del 07.01.1983 - D.M. 17.01.2018)

Firmato digitalmente da

Vincenzo D'Angelo
CN = Vincenzo D'Angelo
SerialNumber = TINIT-DNGVCN64C21D708J
C = IT

Il Tecnico Incaricato

Dott. Geol. Vincenzo D'Angelo

ORDINE DEI GEOLOGI della Regione Campania
geologo Dr. Vincenzo D'Angelo
Albo N° 943

Codice Elaborato	Data	Codice commessa	Revisione	Scala
TAV. G2	Giugno 2022	puc_061035_2022	A0	

1. PREMESSA

Il presente rapporto illustra la campagna di indagini geognostiche, relative al Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.) di Formicola, eseguite sotto la direzione dello scrivente Dott. Geol. Vincenzo D'Angelo, regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania con il numero di riferimento n° 943/1991, dalla Società:

- **S.I.A. s.r.l. ingegneria e ambiente**, con sede legale a S. Agata dei Goti (BN) e P.IVA: 0**4156821219**, per l'esecuzione delle indagini **geotecniche, geologiche e geofisiche.**

  La campagna di indagini geognostiche programmata ed effettuata in questa specifica fase di redazione del PUC, è stata la seguente:

  - n° 2 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo
  - n° 4 Prove penetrometriche standardizzate SPT
  - n° 2 Prospezioni sismiche in foro down-hole
  - n° 4 Analisi di laboratorio
  - n° 8 Profili sismici tipo MASW
  - n°12 Misure passive del rumore ambientale, mediante tecnica a stazione singola (HVSR).

INDAGINI GEOGNOSTICHE RELATIVE AL P.U.C.

sede legale
via dei goti, 15
82019 sant'agata de' goti (bn)
p.iva e c.f. 04156821219
e-mail: info@siasrl.eu
web: www.siasrl.eu

sede operativa campania
S.P. 335 km 27+400
81025 marcianise (ce)
tel 0823 1681717
fax 0823 1681713

sede operativa puglia
via f. turati 28
71016 san severo (fg)
tel/fax 0828 225120

Progetto	Rev.	Pagina	Di
INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE A CORREDO DEL PIANO URBANISTICO COMUNALE (P.U.C.) DI FORMICOLA (CE).	00	1	99
	Data		
	Marzo 2022		

Commessa	Identificativo	Committente
C04/22	**2022-03-C04_I0506**	**Comune di Formicola**

Titolo elaborato

NOTA TECNICA – INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Dr. G. Policicchio	Dr. M. Di Marino	Dr. M. Cice	Direttore Tecnico
Elaborato	Verificato	Approvato	Dott. Geol. Maurizio Cice

1 PREMESSA 3

2 INDAGINI GEOGNOSTICHE 5

2.1 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO 5
2.1.1 CERTIFICATO SONDAGGIO S1_DH 6
2.1.2 CERTIFICATO SONDAGGIO S2_DH 9

3 PROVE DI LABORATORIO 12

4 INDAGINI GEOFISICHE 41

4.1 PROVA SISMICA IN FORO – DOWN-HOLE 41
4.1.1 INTRODUZIONE 41
4.1.2 INTERPRETAZIONE DOWN HOLE CON IL METODO DIRETTO 43
4.1.3 PROVA SISMICA S1_DH 44
4.1.4 PROVA SISMICA S2_DH 48
4.2 PROVE SISMICHE MASW 52
4.2.1 INTRODUZIONE MASW 52
4.2.2 PROVA SISMICA MASW 1 54
4.2.3 PROVA SISMICA MASW 2 55
4.2.4 PROVA SISMICA MASW 3 56
4.2.5 PROVA SISMICA MASW 4 57
4.2.6 PROVA SISMICA MASW 5 58
4.2.7 PROVA SISMICA MASW 6 59
4.2.8 PROVA SISMICA MASW 7 60
4.2.9 PROVA SISMICA MASW 8 61
4.3 SISMICA PASSIVA DI TIPO HVSR 62
4.3.1 DESCRIZIONE DEL METODO HVSR 62
4.3.2 STRUMENTAZIONE IMPIEGATA E PROCEDURE DI ANALISI 62
4.3.3 PROVA HVSR1 - FORMICOLA 64
4.3.4 PROVA HVSR2 - FORMICOLA 67
4.3.5 PROVA HVSR3 - FORMICOLA 70
4.3.6 PROVA HVSR4 - FORMICOLA 73
4.3.7 PROVA HVSR5 - FORMICOLA 76
4.3.8 PROVA HVSR6 - FORMICOLA 79
4.3.9 PROVA HVSR7 - FORMICOLA 82
4.3.10 PROVA HVSR8 - FORMICOLA 85
4.3.11 PROVA HVSR9 - FORMICOLA 88
4.3.12 PROVA HVSR10 - FORMICOLA 91
4.3.13 PROVA HVSR11 - FORMICOLA 94
4.3.14 PROVA HVSR12 - FORMICOLA 97

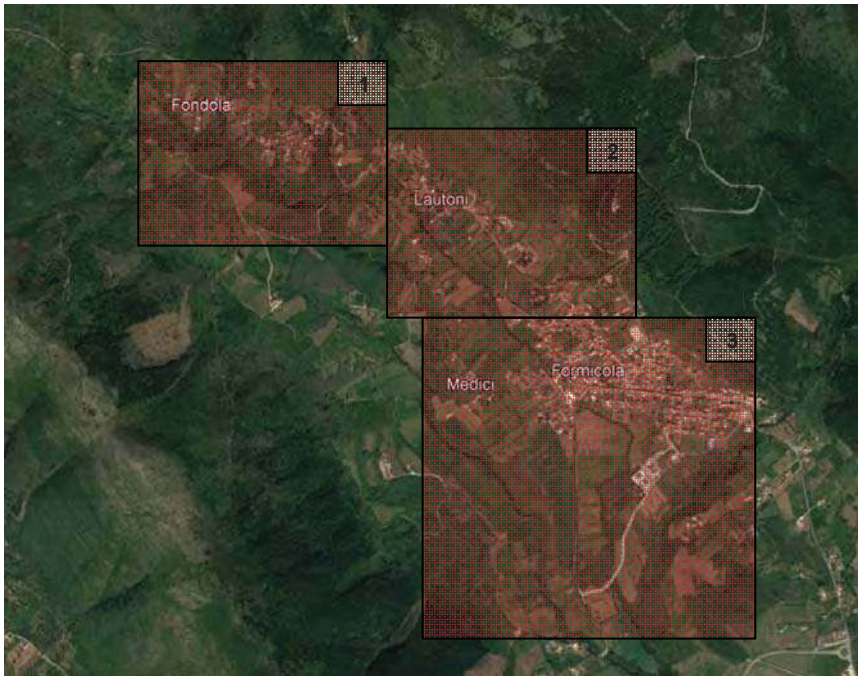
1 PREMESSA

La S.I.A. Servizi per Ingegneria e Ambiente S.r.l. è stata incaricata dal Comune di Formicola (CE), in merito al progetto "Indagini geologiche, geotecniche e geofisiche a corredo del Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.) di Formicola" di eseguire una campagna di indagini geognostiche e geofisiche.

La campagna d'indagini è consistita nell'esecuzione delle seguenti lavorazioni:

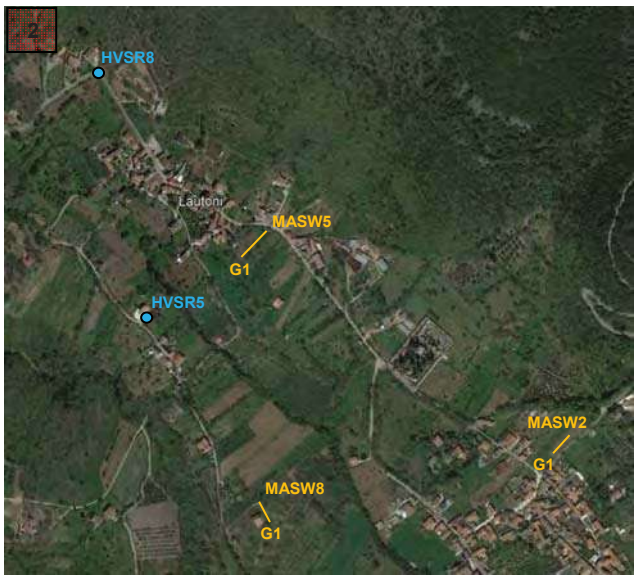
- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo (S1_DH) spinto sino alla profondità di 30.00 m dal p.c.;
- n. 1 sondaggio eseguito a carotaggio continuo (S2_DH) sino alla profondità di 20.00 m dal p.c. e proseguito a distruzione di nucleo sino a 30.00 m dal p.c.;
- condizionamento dei fori di sondaggio S1_DH ed S2_DH con specifici tubi in PVC da 3'' per prova sismica Down-Hole per una profondità di 30.00 m dal p.c.;
- n. 4 prove S.P.T. (Standard Penetration Test), eseguite durante le fasi di perforazione nel foro di sondaggio S1_DH ed S2_DH;
- n. 4 prelievi di campioni indisturbati, per l'esecuzione di analisi geotecniche di laboratorio;
- n. 2 prove di sismica in foro di tipo Down-Hole, per la determinazione sperimentale del Vs equivalente;
- n. 8 stendimenti sismici di tipo MASW per la determinazione sperimentale del Vs equivalente;
- n. 12 indagini di sismica passiva HVSR per la determinazione sperimentale del Vs equivalente.

Di seguito si allega uno stralcio su foto satellitare (Google Earth) in cui sono indicate le ubicazioni delle indagini geognostiche e geofisiche suddivise in tre aree.



Schema ubicazione aree oggetto di indagini (in rosso) su stralcio foto satellitare *Google Earth* (scala adattata).


HVSR10
MASW7
Fondola
G1
S2_DH
MASW6
G1
HVSR9
Cavallari
HVSR12


HVSR8
Lautoni
MASW5
G1
HVSR5
MASW2
G1
MASW8
G1


HVSR7
HVSR1
HVSR2
MASW4
Formicola
Medici
G1
S1_DH
HVSR3
MASW1
G1
MASW3
G1
HVSR6
HVSR4
HVSR11

2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

2.1 Sondaggi a carotaggio continuo

Il sondaggio geognostico S1_DH è stato eseguito a carotaggio continuo e spinto sino alla profondità di 30.00 m dal p.c.; mentre il sondaggio S2_DH è stato eseguito a carotaggio continuo sino alla profondità di 20.00 m dal p.c. e proseguito a distruzione di nucleo sino a 30.00 m dal p.c. Entrambi i fori sono stati condizionati con specifici tubi in PVC da 3'' per prova sismica Down-Hole. La metodologia utilizzata è finalizzata a valutare l'assetto stratigrafico e geotecnico dei livelli attraversati.

Per l'estrusione delle carote dal carotiere è stato utilizzato un estrusore idraulico, dotato di regolatore della pressione di estrusione. Laddove i materiali carotati risultavano essere particolarmente teneri, per l'estrusione degli stessi si è utilizzato un estrusore meccanico stazionario. Durante l'esecuzione delle perforazioni sono state eseguite n. 4 prove S.P.T. (Standard Penetration Test) e sono stati prelevati n. 4 campioni indisturbati.



S1_DH
Profondità 30.00 m dal p.c.



S2_DH
Profondità 30.00 m dal p.c.

La Prova Penetrometrica Standard (S.P.T.)[1] consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore, infisso nel fondo del foro di sondaggio. La resistenza è funzione delle caratteristiche e del tipo di terreno. Essa consiste nel far cadere un maglio, del peso di 63.5 kg, da un'altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissa alla sommità di una batteria di aste (ϕ 50 mm) alla cui estremità inferiore è avvitato il campionatore di dimensioni standard (Raimond). Il numero di colpi (N) necessario per una penetrazione della punta pari a 300 mm (dopo l'eventuale penetrazione quasi-statica per gravità e dopo 150 mm d'infissione dinamica per il posizionamento) è il dato assunto come indice di resistenza alla penetrazione (NSPT).

Sondaggio **Profondità (m dal p.c.)**	**Prove S.P.T.** **(m al p.c.)**	**Prelievo Campioni Indisturbati** **(m dal p.c.)**
S1_DH (30.00)	**SPT** $_1$ (3.10 – 3.55) 9-11-18 **SPT** $_2$ (7.50 – 7.65) 45-Rif.	**S1_DH_C1** (2.50 – 3.10) **S1_DH_C2** (7.00 – 7.50)
S2_DH (30.00)	**SPT** $_1$ (2.50– 2.95) 5-8-12 **SPT** $_2$ (8.00 – 8.45) 5-9-8	**S2_DH_C1** (2.00 – 2.50) **S2_DH_C2** (7.50 – 8.00)

L'analisi stratigrafica è stata eseguita nel corso dei sondaggi geognostici da geologo abilitato. Di seguito si riportano i certificati di prova degli esiti dove vengono schematizzate le caratteristiche delle terebrazioni eseguite.

[1] La prova è compresa negli standard ASTM (D. 1586-67 riapprovata nel 1974 rivista D. 1586-84) che ancora più recentemente ha emanato uno standard (D. 4633-86) in cui descrive il metodo di misura dell'energia cinetica, sviluppata da un colpo di maglio, che entra effettivamente nella batteria di aste. L'Associazione Geotecnica Italiana (A.G.I.) ha incluso la prova nelle raccomandazioni per le indagini geotecniche (1977); la raccomandazione è più restrittiva dell'ASTM ma non è aggiornata con la misura dell'energia.

sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
ww.siasrl.eu

Mod
REV
Del

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 6534 del 11/07/2011, ai sensi dell'art.59 del DPR 06/06/2001 n°380

CERTIFICATO SONDAGGIO GEOGNOSTICO

	Rev	Pagina	di
Indagini geologiche, geotecniche e geofisiche a corredo del Piano Urbanistico Comunale (PUC) di Formicola (CE)	0	1	3

Protocollo di accettazione prova	Identificativo interno	Identificativo certificato
AP13	C04/22	CP067/2022

Data di accettazione prova	Data inizio prova	Data fine prova	Data di emissione certificato
23/02/2022	24/02/2022	24/02/2022	02/03/2022

Anagrafica Prova

COMMITTENTE Comune di Formicola

Coordinate	E	436009	m	
UTM-WGS/84	N	4562273	m	
Quota		192	m	s.l.m.

CANTIERE Via Dossetti

LOCALITA' Formicola (CE)

PROVA N° S1_DH

PROF. MAX (m) 30,00

S.I.A s.r.l.
Servizi per Ingegneria e Ambiente

ATTREZZO DI PERFORAZIONE:
Sonda CMV MK420 oleodinamica dalle seguenti caratteristiche:
- coppia testa di rotazione 4.78 kN m;
- slitta di avanzamento 1.85 m;
- centralina oleodinamica;
- argano idraulico;
- freno blocca aste;
- pompa acqua;
- scarotatrice.

METODO DI PERFORAZIONE:
Carotaggio continuo, con Carotiere 101 mm da: 0,00 a 30,00 m

TIPO DI RIVESTIMENTO :
Rivestimento metallico 127 mm da: 0,00 a 21,00 m

CONDIZIONAMENTO : Tubi in PVC per Prova Down Hole

Responsabile di sito	Responsabile settore tecnico
Dott. Geol. Giuseppe Policicchio	Dott. Geol. Maurizio Cice

S.I.A Srl
dott. geol. Maurizio Cice
Servizi per Ingegneria ed Ambiente

ISO 45001 REGISTERED ISO 9001 REGISTERED SOA CONSULT

SONDAGGIO	S1_DH
Committente	Comune di Formicola
Località	Formicola (CE)
Coordinate UTM/WGS-84	E 436009 m - N 4562273 m
Quota (m s.l.m.)	192
Identificativo Certificato	CP067/2022
Data perforazione	24/02/2022
Profondità max (m)	30.00
Condizionamento	Tubi in PVC per prova Down Hole
Scala di rappresentazione	1:100



Spessore dello strato (m)	Profondita' relativa al p.c. (m)	Litologia	Descrizione Litologica
0.40	0.40		Terreno vegetale costituito da limo sabbioso di colore marrone scuro. Sono presenti clasti poligenici di dimensioni subcentimetriche, e materiale di natura antropica.
1.20	1.60		Deposito costituito da limo sabbioso di colore marrone scuro rossastro, di natura piroclastica. Sono presenti clasti di natura pomicea, di colore grigio chiaro, subarrotondati e di dimensioni subcentimetriche e millimetriche. Il deposito si presenta poco addensato, e si osserva una sottile stratificazione piano-parallela.
2.00	3.60		Deposito costituito da limo sabbioso debolmente argilloso di colore marrone chiaro rossastro, di natura piroclastica. Sono presenti rari clasti di natura pomicea, di colore grigio chiaro, subarrotondati e di dimensioni subcentimetriche e millimetriche. Il deposito si presenta poco addensato ed umido.
1.40	5.00		Deposito di natura piroclastica, cosituito da una cenere di colore marrone scuro grigiastro, a granulometria sabbiosa medio-fine, contenente numerosi clasti di natura pomicea e scoriacea, oltre a frammenti di natura tufacea di dimensioni centimetriche e spigolosi. Il deposito si presenta da mediamente addensato ad addensato.
25.00			Deposito piroclastico ascrivibile alla Facies grigiastra della Formazione dell'Ignimbrite Campana (*Tufo Grigio Campano s.s.*). Il deposito è costituito da una cinerite di colore grigio scuro, da addensata a molto addensata, talora pseudolitoide, inglobante pomici eterometriche grigiastre, scorie e frammenti tufacei spigolosi.
	30.00		

Modalità di perforazione/ Diametro: CAROTAGGIO CONTINUO/101 (30.00 m)

Diametro rivestimento: 127 (21.00 m)

Standard Penetration Test (S.P.T.): 3.10 m — S.P.T.1 (9;11;18) — 3.55 m; 7.50 m — S.P.T.2 (45;Rif.)

Prelievo Campioni Indisturbati: 2.50 m — S1_DH - C1 — 3.10 m; 7.00 m — S1_DH - C2 — 7.50 m

Tipologia Condizionam.: Boiacca Cementizia

S.I.A. s.r.l. S.P.335 Km 27+400, 81025 Marcianise (CE) tel. 08231681717 - fax 08231681713 - www.siasrl.eu - info@siasrl.eu

sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
ww.siasrl.eu

SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Committente:	*Comune di Formicola*	**Identificativo certificato:**	*CP067/2022*
Coordinate	*436009* **E** - *4562273* **N**	**Data esecuzione prova:**	*24/02/2022*
PROVA N°	**S1_DH**	**Profondità massima (m):**	*30,00*



Cassetta C1 (0.00 - 5.00 m)



Cassetta C2 (5.00 - 10.00 m)



Cassetta C3 (10.00 - 15.00 m)



Cassetta C4 (15.00 - 20.00 m)



Cassetta C5 (20.00 - 25.00 m)



Cassetta C6 (25.00 - 30.00 m)

Responsabile di sito	Responsabile settore geologico
Dott. Geol. Giuseppe Policicchio	Dott. Geol. Maurizio Cice

ISO 45001 REGISTERED ISO 9001 REGISTERED SOA CONSULT

sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
ww.siasrl.eu

Mod
REV
Del

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 6534 del 11/07/2011, ai sensi dell'art.59 del DPR 06/06/2001 n°380

CERTIFICATO SONDAGGIO GEOGNOSTICO

	Rev	Pagina	di
Indagini geologiche, geotecniche e geofisiche a corredo del Piano Urbanistico Comunale (PUC) di Formicola (CE)	0	1	3

Protocollo di accettazione prova	Identificativo interno	Identificativo certificato
AP13	C04/22	CP068/2022

Data di accettazione prova	Data inizio prova	Data fine prova	Data di emissione certificato
23/02/2022	25/02/2022	25/02/2022	02/03/2022

Anagrafica Prova

COMMITTENTE Comune di Formicola

Coordinate	E	434080	m	
UTM-WGS/84	N	4563553	m	
Quota		333	m	s.l.m.

CANTIERE Via Dossetti

LOCALITA' Formicola (CE)

PROVA N° S2_DH

PROF. MAX (m) 30,00

S.I.A s.r.l.
Servizi per Ingegneria e Ambiente

ATTREZZO DI PERFORAZIONE:
Sonda CMV MK420 oleodinamica dalle seguenti caratteristiche:
- coppia testa di rotazione 4.78 kN m;
- slitta di avanzamento 1.85 m;
- centralina oleodinamica;
- argano idraulico;
- freno blocca aste;
- pompa acqua;
- scarotatrice.

METODO DI PERFORAZIONE:
Carotaggio continuo, con Carotiere 101 mm da: 0,00 a 20,00 m
Carotaggio a distruzione di nucleo da: 20,00 m a 30,00 m
TIPO DI RIVESTIMENTO :
Rivestimento metallico 127 mm da: 0,00 a 18,00 m

CONDIZIONAMENTO : Tubi in PVC per Prova Down Hole

Responsabile di sito	Responsabile settore tecnico
Dott. Geol. Giuseppe Policicchio	Dott. Geol. Maurizio Cice

S.I.A. Srl
dott. geol. Maurizio Cice
Servizi per Ingegneria ed Ambiente

ISO 45001 REGISTERED ISO 9001 REGISTERED SOA CONSULT

SONDAGGIO	S2_DH
Committente	Comune di Formicola
Località	Formicola (CE)
Coordinate UTM/WGS-84	E 434080 m - N 4563553 m
Quota (m s.l.m.)	333
Identificativo Certificato	CP068/2022
Data perforazione	25/02/2022
Profondità max (m)	30.00
Condizionamento	Tubi in PVC per prova Down Hole
Scala di rappresentazione	1:100



Spessore dello strato (m)	Profondita' relativa al p.c. (m)	Litologia	Descrizione Litologica
0.30	0.30		Terreno vegetale costituito da limo sabbioso di colore marrone scuro. Sono presenti clasti poligenici di dimensioni subcentimetriche, e materiale di natura antropica.
0.90	1.20		Deposito costituito da limo sabbioso di colore marrone scuro rossastro, di natura piroclastica. Sono presenti clasti di natura pomicea, di colore grigio chiaro, subarrotondati e di dimensioni subcentimetriche e millimetriche. Il deposito si presenta poco addensato, e si osserva una sottile stratificazione piano-parallela.
1.20	2.40		Deposito costituito da limo sabbioso debolmente argilloso di colore marrone chiaro rossastro, di natura piroclastica. Sono presenti rari clasti di natura pomicea, di colore grigio chiaro, subarrotondati e di dimensioni subcentimetriche e millimetriche. Il deposito si presenta poco addensato ed umido.
1.40	3.80		Deposito di natura piroclastica, cosituito da una cenere di colore marrone scuro grigiastro, a granulometria sabbiosa medio-fine, contenente numerosi clasti di natura pomicea e scoriacea, oltre a frammenti di natura tufacea di dimensioni centimetriche e spigolosi. Il deposito si presenta da mediamente addensato ad addensato.
8.70	12.50		Deposito piroclastico ascrivibile alla Facies grigiastra della Formazione dell'Ignimbrite Campana (*Tufo Grigio Campano s.s.*). Il deposito è costituito da una cinerite di colore grigio scuro, mediamente addensata, talora pseudolitoide, inglobante pomici eterometriche grigiastre, scorie e frammenti tufacei spigolosi.
0.80	13.30		Vuoto intercettato durante la perforazione.
4.70	18.00		Deposito derivante da dissoluzione chimica (deposito residuale), costituito da argilla limosa debolmente sabbiosa di colore marrone scuro rossastro, inglobanti clasti e ciottoli di natura carbonatica, spigolosi e subarrotondati, talora carotati in dischi di spessore centimetrico. Il deposito si presenta da mediamente compatto a compatto.
0.30	18.30		Vuoto intercettato durante la perforazione.
1.70	20.00		Deposito costituito da calcari detritici microcristallini di colore bianco avana e rossicci, talora caratterizzati da fenomeni di carsismo.
10.00	30.00		Dall'analisi del *cutting* si osserva la presenza di roccia calcarea di colore bianco avana.

Modalità di perforazione/ Diametro: CAROTAGGIO CONTINUO/101 (20.00 m) — DISTRUZIONE DI NUCLEO (30.00 m)

Diametro rivestimento: 127 mm (18.00 m)

Standard Penetration Test (S.P.T.): 2.50 m; S.P.T.1 (5;8;12); 2.95 m; 8.00 m; S.P.T.2 (5;9;8); 8.45 m

Prelievo Campioni Indisturbati: 2.00 m; S2_DH - C1; 2.50 m; 7.50 m; S2_DH - C2; 8.00 m

Tipologia Condizionam.: Boiacca Cementizia

S.I.A. s.r.l. S.P.335 Km 27+400, 81025 Marcianise (CE) tel. 08231681717 - fax 08231681713 - www.siasrl.eu - Info@siasrl.eu

sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
ww.siasrl.eu

SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Committente:	***Comune di Formicola***	**Identificativo certificato:**	***CP06 /2022***
Coordinate	***4340 0*** **E** - ***4563553*** **N**	**Data esecuzione prova:**	***25/02/2022***
PROVA N°	**S2_DH**	**Profondità massima (m):**	***30,00***



Cassetta C1 (0.00 - 5.00 m)



Cassetta C2 (5.00 - 10.00 m)



Cassetta C3 (10.00 - 15.00 m)



Cassetta C4 (15.00 - 20.00 m)

Responsabile di sito	Responsabile settore geologico
Dott. Geol. Giuseppe Policicchio	Dott. Geol. Maurizio Cice

ISO 45001 REGISTERED
ISO 9001 REGISTERED
SOA CONSULT

3 PROVE DI LABORATORIO

I campioni indisturbati prelevati nei sondaggi S1 ed S2 sono stati portati al laboratorio geotecnico ILAG S.r.l. di Napoli, dotato di autorizzazione del Ministero Infrastrutture e Trasporto n. 02614/26 del 26/03/2010. Su tali campioni è stato indicato dalla committenza un programma di prove sperimentali.

Tale sperimentazione ha previsto la descrizione geotecnica, la determinazione delle caratteristiche fisiche generali, l'analisi granulometrica per sedimentazione e setacciatura, l'esecuzione di prove meccaniche miranti alla determinazione della resistenza a rottura (prove di taglio diretto).

Nella tabella che segue è riassunto, per ogni campione, il programma delle prove effettivamente eseguite:

Tabella 1 – Formicola (CE) - Prove eseguite

Campione	Profondità (m dal p.c.)	Caratter. Fisiche Generali	Analisi Granulometrica (Sed. + setacc.)	Prova di taglio diretto
S1_DH-C1	2.50 – 3.10	X	X	X
S1_DH-C2	7.00 – 7.50	X	X	X
S2_DH-C1	2.00 – 2.50	X	X	X
S2_DH-C2	7.50 – 8.00	X	X	X

Tutta la sperimentazione è stata eseguita secondo le Normative e le Raccomandazioni di riferimento, citate su ogni certificato di prova riportati di seguito.

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**592**
prova n:	**3112/01**
cod. prova	**Des2360**

Committente: **Comune di Formicola (CE)**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **PUC Formicola (CE)**

Sondaggio: **S1DH** Campione: **C1** Profondità (m): **2.50:3.10**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento: 25/02/2022
Data di apertura: 28/02/2022
Stato del campione: Indisturbato

Dimensioni del campione:
diametro: 85 mm
lunghezza: 500 mm

Descrizione del campione	*Piroclastite argillificata di colore marrone, a granulometria limo-sabbiosa. Presente qualche elemento lapideo millimetrico e rari frustoli vegetali. Addensata. Umida.*
Colore:	marrone
Plasticità:	☐ Non plastico ☑ Poco plastico ☐ Mediam. plastico ☐ Molto plastico
Addensamento: (terreni granulari)	☐ Sciolto ☐ Poco addensato ☐ Mediam. addensato ☑ Addensato
Consistenza: (terreni coesivi)	☐ Poco consistente ☐ Mediam. consistente ☐ Consistente ☐ Molto consistente
Grado di umidità:	☐ Asciutto ☐ Poco umido ☑ Umido ☐ Molto umido ☐ Saturo
Alterazione:	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata
Reazione con HCl	☑ Nulla ☐ Debole ☐ Moderata ☐ Elevata

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**592**
prova n:	**3112/01**

Struttura	☑ Massiva ☐ Stratificata ☐ Scagliosa ☐ Laminata ☐ Caotica ☐ Altro:.....
Fratturazione	☑ Assente ☐ Moderata ☐ Elevata
Cementazione	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata

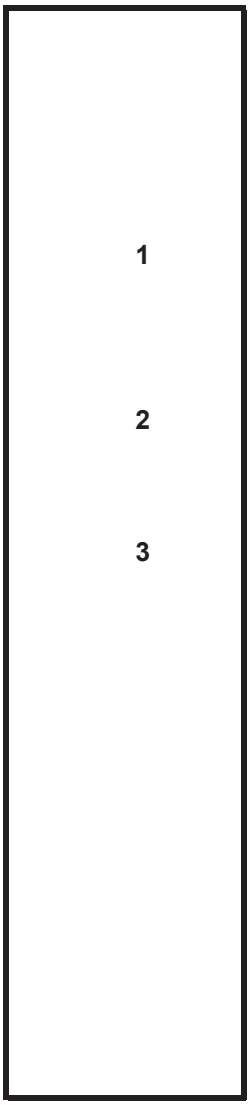
PROVE ESEGUITE

L totale= 50 cm

Parte Superiore (P.S.)
_____ cm

Pocket penetrometer (Kg/cm²)

Vane test (Kg/cm²)



Parte Centrale (P.C.)
_____ cm

1) Caratteristiche fisiche generali
2) Analisi granulometrica
3) Prova di taglio diretto CD

Parte Inferiore (P.I.)
_____ cm

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°:	**592**
Prova n°:	**3112/02**
cod. prova	**ngw16421**

Committente: **Comune di Formicola (CE)**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **PUC Formicola (CE)**

Sondaggio: **S1DH** Campione: **C1** Profondità (m): **2.50:3.10**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento 25/02/2022
Data inizio prova: 28/02/2022

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P's=	10.00 g			
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	142.52 g	γ'_s =	26.31 kN/m³	**Peso specifico dei grani medio**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	136.25 g			
Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P"s=	10.00 g			
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P"2=	140.28 g	γ''_s =	26.27 kN/m³	**γ_s = 26.29 kN/m³**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P"1=	134.01 g			

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

Diametro del provino:	56 mm		
Altezza del provino:	20 mm	**Contenuto d'acqua**	**w = 0.395**
Area del provino:	24.63 cm²		
Volume del provino:	49.26 cm³	**Peso dell'unità di volume umido**	**γ = 17.16 kN/m³**
Peso pesafiltro vuoto:	32.98 g		
Peso pes.+provino umido	119.22 g	**Peso dell'unità di volume secco**	**γ_d= 12.30 kN/m³**
Peso pes.+provino secco	94.79 g		

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

Peso specifico dei grani	γ_s = 26.3 kN/m³	**Porosità**	**n = 0.532**
Contenuto d'acqua	w = 0.395	**Indice di porosità**	**e = 1.137**
Peso di vol. secco	γ_d= 12.30 kN/m³	**Grado di saturazione**	**Sr = 0.914**

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm Hg		
Temperatura	° C		
Quantità di materiale	g	**Tenore in carbonati**	**%**
Acido carbonico sviluppato	cm³		
Assorbimento di CO_2 nella soluzione con HCl	cm³		

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	
Peso pes.+terreno essiccato a 105°	**Contenuto di sostanze organiche**
Peso pes.+terreno dopo calcinazione	

Lo sperimentatore
dott. geol. S.Tagliarini

Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

Accettazione n°:	**592**
Prova n°:	**3112/03**
cod. prova:	**gr18410**
Data ricevimento:	**25/02/22**
Data inizio prova:	**01/03/22**

Committente: **Comune di Formicola (CE)**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine: **PUC Formicola (CE)**
Sondaggio: **S1DH**
Campione: **C1**
Profondità (m): **2.50:3.10**

Peso campione: **300.00** g (1° setacciatura)
Peso secco sed: **39.84** g (sedimentazione)
Temperatura: **17** °C

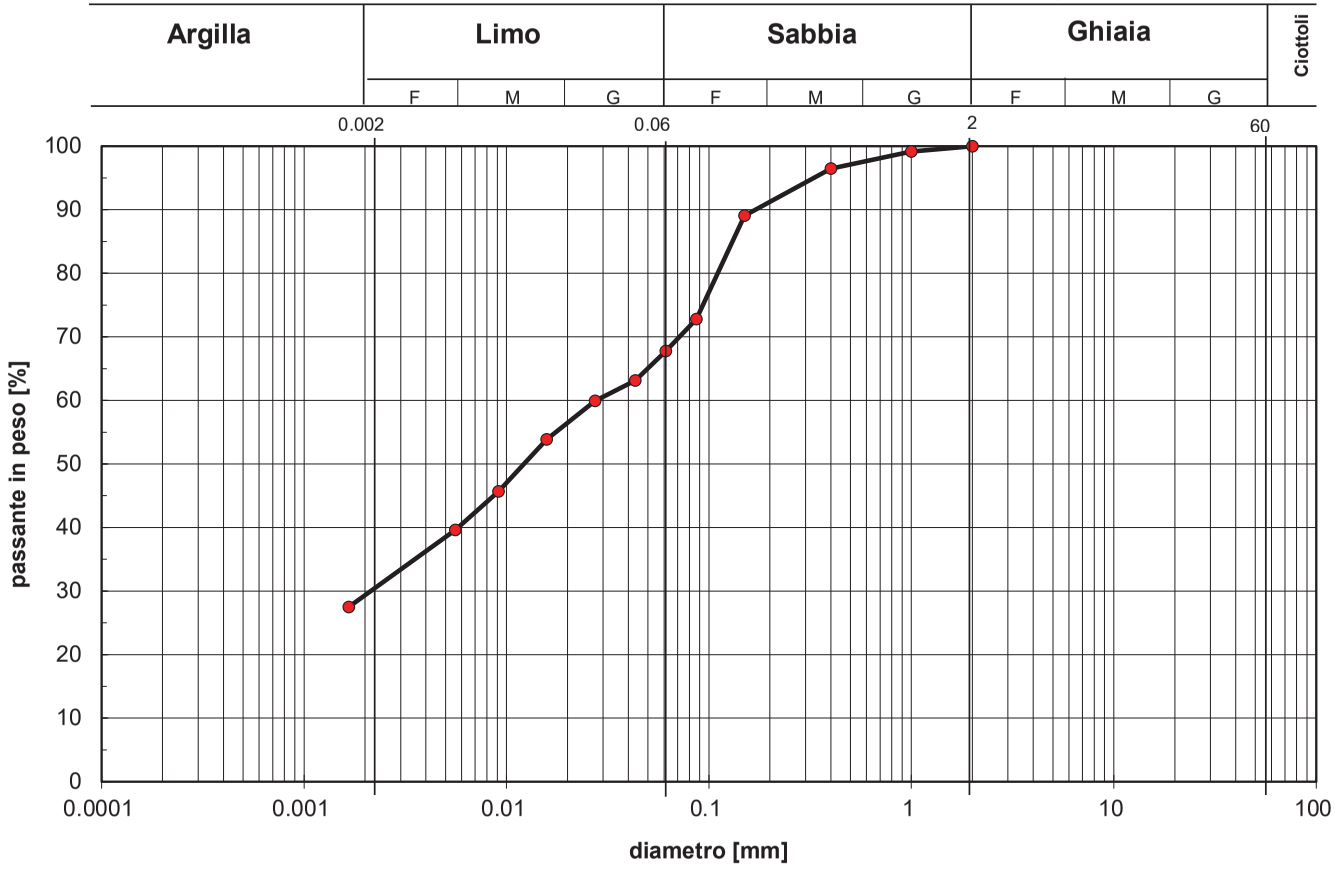
Peso specifico dei grani γ_s= **26.29 kN/m³**

Setaccio	diametro [mm]	Trattenuto [%]	passante cumul. [%]
UNI 10	10.00	0.00	100.00
ASTM 4	4.75	0.00	100.00
ASTM 10	2.00	0.00	100.00
ASTM 18	1.00	0.83	99.17
ASTM 40	0.40	2.67	96.50
ASTM 100 (setacc. materiale decantato)	0.15	7.41	89.09
SEDIMENTAZIONE	0.0866	16.32	72.77
	0.0612	4.99	67.78
	0.0433	4.63	63.14
	0.0274	3.21	59.93
	0.0158	6.06	53.87
	0.0091	8.20	45.67
	0.0056	6.06	39.61
	0.0017	12.12	27.49

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI EN ISO 17892-4)



Argilla (%): 28.53	**Limo (%): 39.01**	**Sabbia (%): 32.46**	**Ghiaia (%): 0.00**

Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**592**
Prova n°	**3112/04**
Cod. prova:	**TD2860**
Data ricevimento:	**25/02/2022**
Data inizio prova:	**28/02/2022**

Committente: **Comune di Formicola (CE)**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** (Richiesta non sottoscritta dal D.L.)

Indagine: **PUC Formicola (CE)**

Sondaggio: **S1DH** Campione: **C1** Profondità (m): **2.50:3.10**

Velocità di deformazione [mm/min]: **0.005** dimensioni del provino: **quadrato L=60 mm, altezza 20 mm**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI EN ISO 17892-10): dati sperimentali

Provino	Durata consolid. t_{100} (min)	Cont. d'acqua iniziale w [%]	Peso umido unità volume γ [kN/m³]	Tensione normale σ'_n [kPa]	Tensione taglio max τ [kPa]	Cont. d'acqua finale w_f [%]
1	26	39.5	16.60	39	52	46.2
2	24	39.5	16.29	98	67	45.4
3	26	39.5	17.10	147	132	38.2

Provino 1 (Macchina M19, cella s/n. 439465)			**Provino 2** (Macchina M35, dinam 3492)			**Provino 3** (Macchina M18, cella s/n. 439466)		
Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (kPa)	Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (kPa)	Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (kPa)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.14	0.02	26.64	0.30	0.04	20.33	0.16	0.02	24.27
0.35	0.09	36.62	0.60	0.05	32.47	0.34	0.03	24.99
0.58	0.16	43.59	0.91	0.07	42.80	1.08	0.14	70.39
0.85	0.22	48.78	1.22	0.08	50.99	1.42	0.17	83.29
1.17	0.26	51.65	1.53	0.11	58.21	1.75	0.20	94.58
1.53	0.26	50.56	1.83	0.14	62.47	2.09	0.22	102.99
1.91	0.26	47.83	2.16	0.15	64.77	2.43	0.24	109.64
2.26	0.26	46.46	2.48	0.17	65.91	2.76	0.25	114.52
2.60	0.27	45.50	2.81	0.18	66.90	3.09	0.27	117.97
2.88	0.27	44.96	3.12	0.19	66.73	3.42	0.28	120.37
3.23	0.28	44.54	3.28	0.20	66.73	3.76	0.28	123.01
3.55	0.29	44.41				4.10	0.29	124.93
3.88	0.30	44.27				4.43	0.29	126.46
4.20	0.31	44.13				4.77	0.29	127.82
						5.10	0.29	129.10
						5.46	0.29	130.06
						5.82	0.29	130.70
						6.19	0.30	131.34
						6.54	0.31	131.90
						6.57	0.32	124.13

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Comune di Formicola (CE)**
Indagine: **PUC Formicola (CE)**

Accettazione n°	**592**
Prova n°	**3112/04**

Sondaggio: **S1DH** Campione: **C1** Profondità (m): **2.50:3.10**

Diagramma sperimentale τ - δ

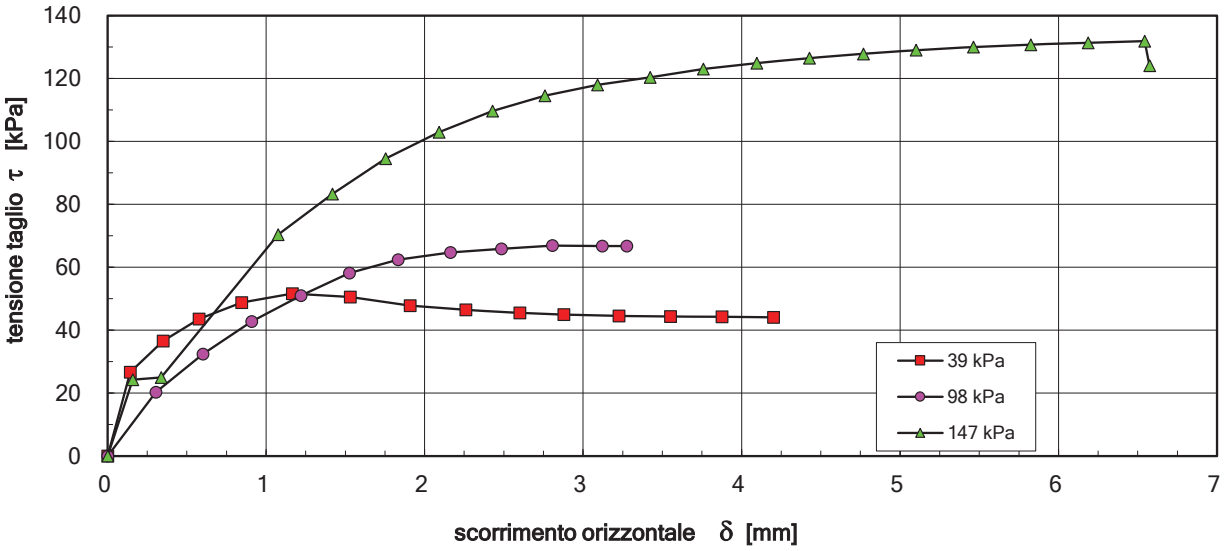
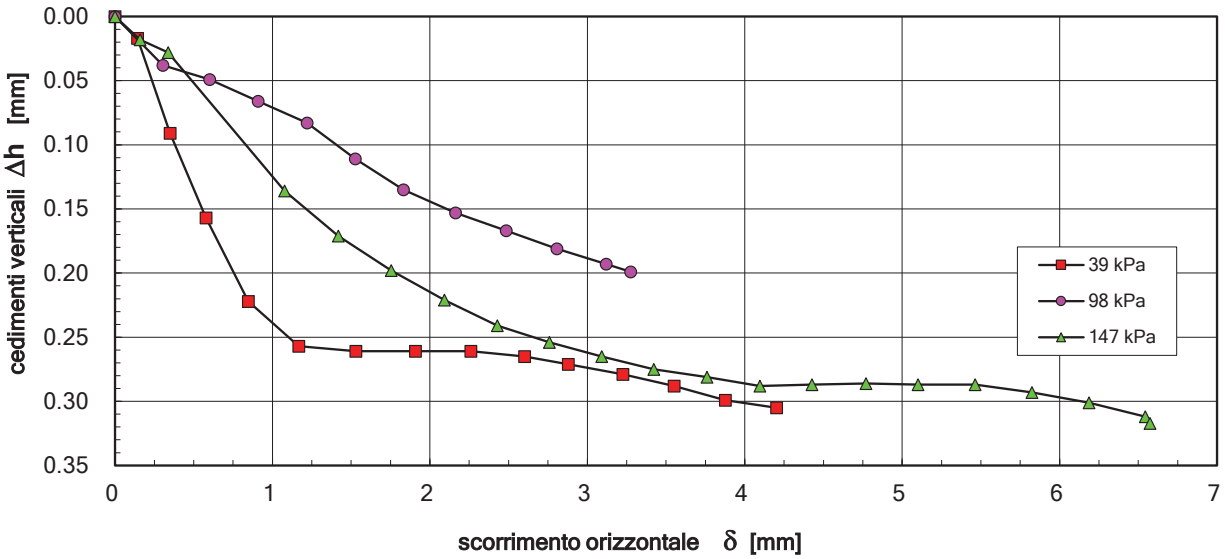


Diagramma sperimentale Δh - δ



Committente: **Comune di Formicola (CE)**

Indagine: **PUC Formicola (CE)**

Sondaggio: **S1DH** Campione: **C1** Profondità (m): **2.50:3.10**

IEPI OGO DEI IS TATI

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (UNI EN ISO 17892-4)	
Argilla (<0.002 mm)	**28.53 %**
Limo (0.002<p<0.06 mm)	**39.01 %**
Sabbia (0.06<p<2 mm)	**32.46 %**
Ghiaia (2mm<p<60 mm)	**0.00 %**
Ciottoli (>60 mm)	**0.00 %**
C ASSIFICA	**Limo con sabbia e con argilla**
Passante ASTM 200:	

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	
Peso specifico dei grani	**γ_s = 26.29 kN/m³**
Contenuto d'acqua	**w = 0.395**
Peso di volume naturale	**γ = 17.16 kN/m³**
Peso di volume secco	**γ_d= 12.30 kN/m³**
Porosità	**n = 0.532**
Indice di porosità	**e = 1.137**
Grado di saturazione	**Sr = 0.914**

LIMITI DI ATTERBERG (A.S.T.M. D4318-10)		
Limite di liquidità	**w_L =**	**n.d.**
Limite di plasticità	**w_P =**	**n.d.**
Indice di plasticità	**I_P =**	**n.d.**
Indice di consistenza	**I_C =**	**n.d.**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (UNI CEN ISO/TS17892-10)		
Coesione efficace c'=	**14 kPa**	
Angolo di attrito efficace φ'=	**36°**	**2'**
Coesione efficace res.c_r'=	n.d.	
Angolo di attrito residuo φ_r'=	n.d.	

PROVA EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5)		
Intervallo di carico tra 7 e 47 Pa		
Modulo Edometrico	**M=**	**n.d.**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.
Intervallo di carico tra 47 e 294 Pa		
Modulo Edometrico	**M=**	**n.d.**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.
Intervallo di carico tra 294 e 5 Pa		
Modulo Edometrico	**M=**	**n.d.**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.
Intervallo di carico tra 5 e 76 Pa		
Modulo Edometrico	**M=**	**n.d.**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.
Intervallo di carico tra 76 e 245 Pa		
Modulo Edometrico	**M=**	**n.d.**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.

PROVA TRIASSIALE CID (UNI CEN ISO/TS17892-9)	
Coesione efficace **c'=**	n.d.
Angolo di attrito efficace **φ'=**	n.d.

PROVA TRIASSIALE UU (UNI CEN ISO/TS17892-8)	
Coesione totale **c_u=**	**n.d.**
Angolo di attrito totale **φ_u=**	**n.d.**

PROVA TRIASSIALE CIU (UNI CEN ISO/TS17892-9)	
Coesione efficace **c'=**	**n.d.**
Angolo di attrito efficace **φ'=**	**n.d.**
Coesione totale **c=**	**n.d.**
Angolo di attrito totale **φ=**	**n.d.**

PROVA DI PERM. DIRETTA (UNI CEI ISO/TS 17892/11)			
In permeametro		n.d.	
In cella edometrica		n.d.	
In cella triassiale	**k=**	n.d.	**cm/s**

PROVA UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7)		
Tensione a rottura	**σ_{1r}=**	n.d

N.B.: LA PRESENTE TABELLA NON FA PARTE DEI CERTIFICATI DI PROVA, MA RAPPRESENTA UNA SINTESI DEI DATI ED UNA LORO POSSIBILE INTERPRETAZIONE.
IL LABORATORIO NON SI ASSUME RESPONSABILITA' CIRCA ERRONEA ELABORAZIONE DEI RISULTATI PRESENTATI, DI SPECIFICA RESPONSABILITA' DEL TECNICO INCARICATO DELL'INTERPRETAZIONE DEGLI STESSI

Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione inistero In rastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/20 , ai sensi dell art. 59 del DP 06/06/200 n 3 0

Accettazione n	**592**
prova n:	**3113/01**
cod. prova	**Des2361**

Committente: **Comune di Formicola (CE)**
irettore dei Lavori: **non dic iarato**
Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **PUC Formicola (CE)**

Sondaggio: **S1DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.00:7.50**

APE T A E DESC I IONE DE CA PIONE A.S.T. . D24 09a

ata ricevimento: 2 02 2022
ata di apertura: 2 02 2022
Stato del campione: Indisturbato

imensioni del campione:
diametro: mm
lunghezza: 0 mm

escrizione del campione	*Cinerite a granulometria sabbio-limosa di colore grigio plumbeo. Presenti rari elementi scoriacei millimetrici. Mediamente addensata. Umida.*
Colore:	grigio plumbeo
Plasticità:	☑ Non plastico ☐ Poco plastico ☐ Mediam. plastico ☐ Molto plastico
Addensamento: (terreni granulari)	☐ Sciolto ☐ Poco addensato ☑ Mediam. addensato ☐ Addensato
Consistenza: (terreni coesivi)	☐ Poco consistente ☐ Mediam. consistente ☐ Consistente ☐ Molto consistente
Grado di umidità:	☐ Asciutto ☐ Poco umido ☑ Umido ☐ Molto umido ☐ Saturo
Alterazione:	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata
eazione con Cl	☑ Nulla ☐ Debole ☐ Moderata ☐ Elevata

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione inistero In rastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/20 , ai sensi dell art. 59 del DP 06/06/200 n 3 0

Accettazione n	**592**
prova n:	**3113/01**

Struttura	☑ Massiva ☐ Stratificata ☐ Scagliosa ☐ Laminata ☐ Caotica ☐ Altro:.....
ratturazione	☑ Assente ☐ Moderata ☐ Elevata
Cementazione	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata

PROVE ESEGUITE

L totale= cm

Parte Superiore (P.S.)
cm

Poc et penetrometer
(g cm)

ane test
(g cm)

1

2

Parte Centrale (P.C.)
cm

3

) Caratteristiche fisiche generali
2) Analisi granulometrica
) Prova di taglio diretto C

Parte Inferiore (P.I.)
cm

Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione inistero In rastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/20 , ai sensi dell art. 59 del DP 06/06/200 n 3 0

Accettazione n :	**592**
Prova n :	**3113/02**
cod. prova	**ngw16422**

Committente: **Comune di Formicola (CE)**

irettore dei Lavori: **non dic iarato** ichiesta non sottoscritta dal .L.

Indagine: **PUC Formicola (CE)**

Sondaggio: **S1DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.00:7.50**

CA ATTE ISTIC E FISIC E GENE A I

ata ricevimento 2 02 2022
ata inizio prova: 2 02 2022

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso s eci ico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio .0 mm	P's=	0.00 g		**Peso s eci ico dei grani medio**
Peso picnometro campione saturato acqua distillata	P'2=	. g	γ'_s = 2 . m	
Peso picnometro acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	2. 2 g		
Peso secco materiale passante allo staccio .0 mm	P''s=	0.00 g		
Peso picnometro campione saturato acqua distillata	P''2=	. g	γ''_s = 2 . m	**γ_s = 25.91 kN/m³**
Peso picnometro acqua distillata (curva di taratura)	P''1=	.6 g		

Contenuto d'ac ua (UNI EN ISO 17892-1), eso di olume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

iametro del provino:	6 mm		
Altezza del provino:	20 mm	**Contenuto d'ac ua**	**w = 0.419**
Area del provino:	2 .6 cm		
olume del provino:	.26 cm	**Peso dell'unit di olume umido**	**γ = 15.40 kN/m³**
Peso pesafiltro vuoto:	. 2 g		
Peso pes. provino umido	0 . g	**Peso dell'unit di olume secco**	**γ_d= 10.85 kN/m³**
Peso pes. provino secco	.6 g		

Porosit , indice di orosit e grado di satura ione (arametri deri ati dai recedenti)

Peso specifico dei grani	γ_s = 2 . m	**Porosit**	**n = 0.581**
Contenuto d'acqua	= 0.	**Indice di orosit**	**e = 1.388**
Peso di vol. secco	γ_d= 0. m	**Grado di satura ione**	**Sr = 0.782**

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm g		
Temperatura	C		
uantità di materiale	g	**Tenore in carbonati**	**%**
Acido carbonico sviluppato	cm		
Assorbimento di C 2 nella soluzione con Cl	cm		

Sostan e organic e (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	
Peso pes. terreno essiccato a 0	**Contenuto di sostan e organic e**
Peso pes. terreno dopo calcinazione	

Lo s erimentatore
dott. geol. S.Tagliarini

Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Roberto Ri a

Accettazione n :	**592**
Prova n :	**3113/03**
cod. prova:	**gr18411**
ata ricevimento:	**25/02/22**
ata inizio prova:	**01/03/22**

Committente: **Comune di Formicola (CE)**
irettore dei Lavori: **non dic iarato**
(ichiesta non sottoscritta dal .L.)
Indagine: **PUC Formicola (CE)**
Sondaggio: **S1DH**
Campione: **C2**
Profondità (m): **7.00:7.50**

Peso campione: **250.00 g** (setacciatura)
Peso secco sed: **39.91 g** (sedimentazione)
Temperatura: **17 °C**

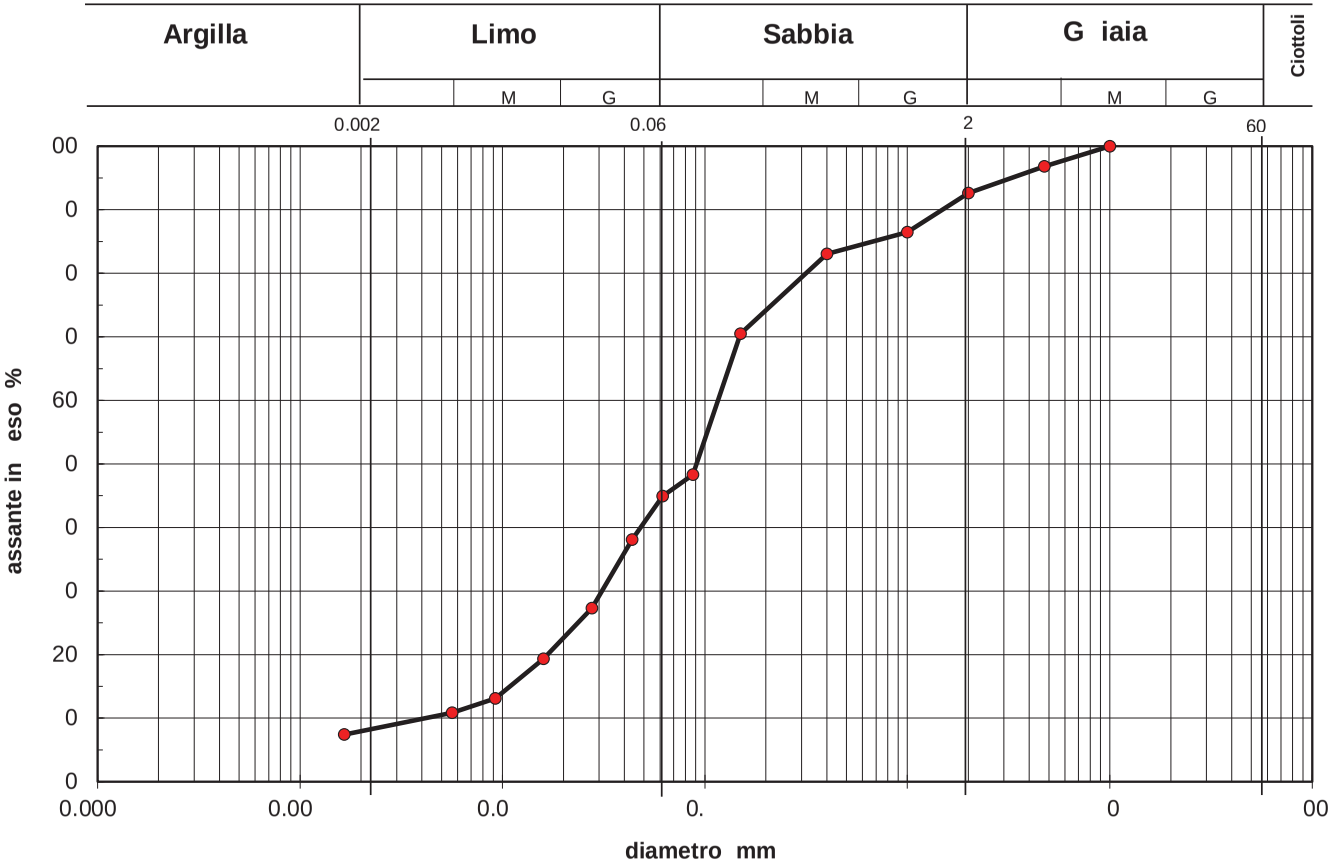
Peso specifico dei grani γ_s= **25.91 kN/m³**

Setaccio	diametro mm	Trattenuto	passante cumul.
I 0	0.00	0.00	00.00
ASTM	.	. 6	6.
ASTM 0	2.00	.22	2.62
ASTM	.00	6.	6.
ASTM 0	0. 0	.	.0
ASTM 00 (setacc. materiale decantato)	0.	2.	0.
SEDIMENTAZIONE	0.0	22.	. 2
	0.06	.	.
	0.0 6	6. 2	.0
	0.02 6	0.	2 . 0
	0.0	.	.
	0.00 2	6.2	. 0
	0.00 6	2.2	0. 2
	0.00	.	.

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione inistero In rastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/20 , ai sensi dell art. 59 del DP 06/06/200 n 3 0

ANA ISI G AN O ET ICA PE SETACCIAT A E SEDI ENTA IONE NI EN ISO 7 92 4



Argilla (%): 7.71	**Limo (%): 36.97**	**Sabbia (%): 47.93**	**G iaia (%): 7.38**

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione inistero In rastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/20 , ai sensi dell art. 59 del DP 06/06/200 n 3 0

Accettazione n	**592**
Prova n	**3113/04**
Cod. prova:	**TD2861**
ata ricevimento:	**25/02/2022**
ata inizio prova:	**28/02/2022**

Committente: **Comune di Formicola (CE)**

irettore dei Lavori: **non dic iarato** (ichiesta non sottoscritta dal .L.)

Indagine: **PUC Formicola (CE)**

Sondaggio: **S1DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.00:7.50**

elocità di deformazione mm min : **0.005** dimensioni del provino: **uadrato L=60 mm, alte a 20 mm**

P O A DI TAG IO DI ETTO NI EN ISO 7 92 0 dati sperimentali

Provino	urata consolid. t_{00} (min)	Cont. d'acqua iniziale	Peso umido unità volume γ m	Tensione normale σ'_n Pa	Tensione taglio ma τ Pa	Cont. d'acqua finale $_f$
		.	.			.
2		.	.60	6	0	0
	2	.	.6	2	2	2

Provino 1 (Macchina M cella s n. 6)			**Provino 2** (Macchina M dinam 2)			**Provino 3** (Macchina M cella s n. 66)		
Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (Pa)	Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (Pa)	Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (Pa)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.	0.00	2 .	0.	0.0	2 .	0.	0.0	. 6
0. 0	0.0	.00	0. 6	0.0	66.	0.	0.0	. 0
.22	0.0	.	.	0.0	. 6	0.	0. 2	26.2
.6	0.0	2.0	.60	0.06	0 . 2	.	0.	. 6
2.0	0.06	. 0	2.0	0. 2	20.	.	0.2	6 .2
2.	0.06	.2	2.	0.	.	2.2	0.2	. 0
2. 6	0.06	.	2.	0.20	.	2.6	0. 2	.0
.	0.0	6.	.	0.22	.	.0	0.	20 . 2
.	0.0	6.	.	0.2	0.	.	0.	2 .6
.2	0.0	6.06	.22	0.2	.	. 6	0.	220.2
.	0.0	.6	.6	0. 0	.	. 2	0. 6	22 .6
. 6	0.02	6.	.	0. 2	6 .2	. 6	0.	22 .
.60	0.0	6.06	. 6	0.	62.	.20	0.	2 2.6
6.0	0.0	. 2	6.00	0. 6	6 .6	.6	0.	2 .
6.	0.00	6.	6.	0.	6 .	6.	0.	22 .0
6.	0.00	6.	6.	0. 0	66. 6			
. 0	0.00	.2	. 6	0. 2	6 .			
. 6	0.00	. 2	.	0.	6 .			
. 0	0.00	.0	.2	0.	6 .			
			.	0. 6	6 .2			

Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione inistero In rastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/20 , ai sensi dell art. 59 del DP 06/06/200 n 3 0

Committente: **Comune di Formicola (CE)**
Indagine: **PUC Formicola (CE)**

Accettazione n	**592**
Prova n	**3113/04**

Sondaggio: **S1DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.00:7.50**

Diagramma sperimentale τ δ

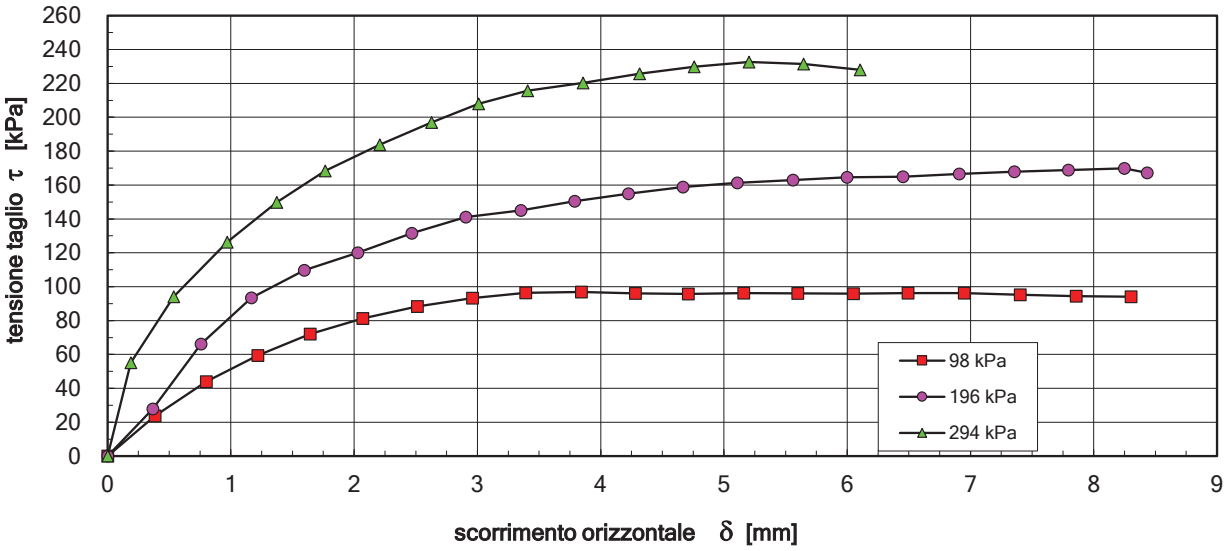
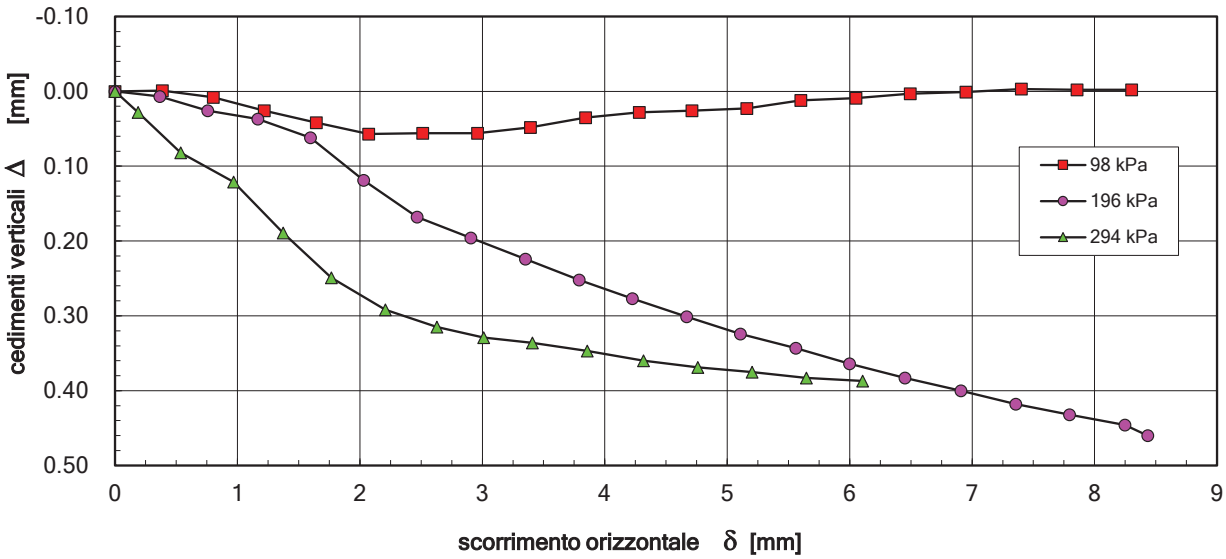


Diagramma sperimentale Δ δ



Committente: **Comune di Formicola (CE)**

Indagine: **PUC Formicola (CE)**

Sondaggio: **S1DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.00:7.50**

IEPI OGO DEI IS TATI

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (UNI EN ISO 17892-4)	
Argilla (<0.002 mm)	**7.71 %**
Limo (0.002<p<0.06 mm)	**36.97 %**
Sabbia (0.06<p<2 mm)	**47.93 %**
Ghiaia (2mm<p<60 mm)	**7.38 %**
Ciottoli (>60 mm)	**0.00 %**
C ASSIFICA	**Sabbia con limo deb. argillosa e g iaiosa**
Passante ASTM 200:	

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	
Peso specifico dei grani	**γ_s = 25.91 kN/m³**
Contenuto d'acqua	**w = 0.419**
Peso di volume naturale	**γ = 15.40 kN/m³**
Peso di volume secco	**γ_d= 10.85 kN/m³**
Porosità	**n = 0.581**
Indice di porosità	**e = 1.388**
Grado di saturazione	**Sr = 0.782**

LIMITI DI ATTERBERG (A.S.T.M. D4318-10)		
Limite di liquidità	**w_L =**	**n.d.**
Limite di plasticità	**w_P =**	**n.d.**
Indice di plasticità	**I_P =**	**n.d.**
Indice di consistenza	**I_C =**	**n.d.**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (UNI CEN ISO/TS17892-10)		
Coesione efficace c'=	**31 kPa**	
Angolo di attrito efficace φ'=	**34°**	**41'**
Coesione efficace res.c_r'=	n.d.	
Angolo di attrito residuo φ_r'=	n.d.	

PROVA EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5)		
Intervallo di carico tra 7 e 47 Pa		
Modulo Edometrico	**M=**	**n.d.**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.
Intervallo di carico tra 47 e 294 Pa		
Modulo Edometrico	**M=**	**n.d.**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.
Intervallo di carico tra 294 e 5 Pa		
Modulo Edometrico	**M=**	**n.d.**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.
Intervallo di carico tra 5 e 76 Pa		
Modulo Edometrico	**M=**	**n.d.**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.
Intervallo di carico tra 76 e 245 Pa		
Modulo Edometrico	**M=**	**n.d.**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.

PROVA TRIASSIALE CID (UNI CEN ISO/TS17892-9)	
Coesione efficace **c'=**	n.d.
Angolo di attrito efficace **φ'=**	n.d.

PROVA TRIASSIALE UU (UNI CEN ISO/TS17892-8)	
Coesione totale **c_u=**	**n.d.**
Angolo di attrito totale **φ_u=**	**n.d.**

PROVA TRIASSIALE CIU (UNI CEN ISO/TS17892-9)	
Coesione efficace **c'=**	**n.d.**
Angolo di attrito efficace **φ'=**	**n.d.**
Coesione totale **c=**	**n.d.**
Angolo di attrito totale **φ=**	**n.d.**

PROVA DI PERM. DIRETTA (UNI CEI ISO/TS 17892/11)			
In permeametro		n.d.	
In cella edometrica		n.d.	
In cella triassiale	**k=**	n.d.	**cm/s**

PROVA UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7)		
Tensione a rottura	**σ_{1r}=**	n.d

N.B.: LA PRESENTE TABELLA NON FA PARTE DEI CERTIFICATI DI PROVA, MA RAPPRESENTA UNA SINTESI DEI DATI ED UNA LORO POSSIBILE INTERPRETAZIONE.
IL LABORATORIO NON SI ASSUME RESPONSABILITA' CIRCA ERRONEA ELABORAZIONE DEI RISULTATI PRESENTATI, DI SPECIFICA RESPONSABILITA' DEL TECNICO INCARICATO DELL'INTERPRETAZIONE DEGLI STESSI

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione inistero In rastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/20 , ai sensi dell art. 59 del DP 06/06/200 n 3 0

Accettazione n	**592**
prova n:	**3114/01**
cod. prova	**Des2362**

Committente: **Comune di Formicola (CE)**
irettore dei Lavori: **non dic iarato**
Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **PUC Formicola (CE)**

Sondaggio: **S2DH** Campione: **C1** Profondità (m): **2.00:2.50**

APE T A E DESC I IONE DE CA PIONE A.S.T. . D24 09a

ata ricevimento: 2 02 2022
ata di apertura: 2 02 2022
Stato del campione: Indisturbato

imensioni del campione:
diametro: mm
lunghezza: 2 0 mm

escrizione del campione	*Piroclastite argillificata di colore marrone scuro. Presenti rari elementi lapidei millimetrici. ualc e traccia nerastra di sostan a organica. Consistente. Umido. ranulometria limo-sabbiosa.*

Colore:	marrone

Plasticità:	☑ Non plastico	☐ Poco plastico	☐ Mediam. plastico	☐ Molto plastico

Addensamento: (terreni granulari)	☐ Sciolto	☐ Poco addensato	☑ Mediam. addensato	☐ Addensato

Consistenza: (terreni coesivi)	☐ Poco consistente	☑ Mediam. consistente	☐ Consistente	☐ Molto consistente

Grado di umidità:	☐ Asciutto	☐ Poco umido	☑ Umido	☐ Molto umido	☐ Saturo

Alterazione:	☑ Assente	☐ Debole	☐ Media	☐ Elevata

eazione con Cl	☑ Nulla	☐ Debole	☐ Moderata	☐ Elevata

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione inistero In rastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/20 , ai sensi dell art. 59 del DP 06/06/200 n 3 0

Accettazione n	**592**
prova n:	**3114/01**

Struttura	☑ Massiva ☐ Stratificata ☐ Scagliosa ☐ Laminata ☐ Caotica ☐ Altro:.....
ratturazione	☑ Assente ☐ Moderata ☐ Elevata
Cementazione	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata

PROVE ESEGUITE

L totale= 2 cm

Parte Superiore (P.S.)
cm

Poc et penetrometer (g cm)

ane test (g cm)

qu=2.

1

2

Parte Centrale (P.C.)
cm

3

qu= .

) Caratteristiche fisiche generali
2) Analisi granulometrica
) Prova di taglio diretto C

Parte Inferiore (P.I.)
cm

qu= .

Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione inistero In rastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/20 , ai sensi dell art. 59 del DP 06/06/200 n 3 0

Accettazione n :	**592**
Prova n :	**3114/02**
cod. prova	**ngw16423**

Committente: **Comune di Formicola (CE)**

irettore dei Lavori: **non dic iarato** ichiesta non sottoscritta dal .L.

Indagine: **PUC Formicola (CE)**

Sondaggio: **S2DH** Campione: **C1** Profondità (m): **2.00:2.50**

CA ATTE ISTIC E FISIC E GENE A I

ata ricevimento 2 02 2022
ata inizio prova: 2 02 2022

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso s eci ico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio .0 mm	P's=	0.00 g			**Peso s eci ico dei grani medio**
Peso picnometro campione saturato acqua distillata	P'2=	0. g	γ'_s = 26.	m	
Peso picnometro acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	.2 g			
Peso secco materiale passante allo staccio .0 mm	P''s=	0.00 g			
Peso picnometro campione saturato acqua distillata	P''2=	. g	γ''_s = 26.	m	**γ_s = 26.33 kN/m³**
Peso picnometro acqua distillata (curva di taratura)	P''1=	2.26 g			

Contenuto d'ac ua (UNI EN ISO 17892-1), eso di olume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

iametro del provino:	6 mm		
Altezza del provino:	20 mm	**Contenuto d'ac ua**	**w = 0.324**
Area del provino:	2 .6 cm		
olume del provino:	.26 cm	**Peso dell'unit di olume umido**	**γ = 18.65 kN/m³**
Peso pesafiltro vuoto:	2. 0 g		
Peso pes. provino umido	26. g	**Peso dell'unit di olume secco**	**γ_d= 14.09 kN/m³**
Peso pes. provino secco	02. g		

Porosit , indice di orosit e grado di satura ione (arametri deri ati dai recedenti)

Peso specifico dei grani	γ_s = 26. m	**Porosit**	**n = 0.465**
Contenuto d'acqua	= 0.	**Indice di orosit**	**e = 0.869**
Peso di vol. secco	γ_d= .0 m	**Grado di satura ione**	**Sr = 1.000**

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm g		
Temperatura	C		
uantità di materiale	g	**Tenore in carbonati**	**%**
Acido carbonico sviluppato	cm		
Assorbimento di C 2 nella soluzione con Cl	cm		

Sostan e organic e (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	
Peso pes. terreno essiccato a 0	**Contenuto di sostan e organic e**
Peso pes. terreno dopo calcinazione	

Lo s erimentatore
dott. geol. S.Tagliarini

Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Roberto Ri a

Accettazione n :	**592**
Prova n :	**3114/03**
cod. prova:	**gr18412**
ata ricevimento:	**25/02/22**
ata inizio prova:	**01/03/22**

Committente: **Comune di Formicola (CE)**
irettore dei Lavori: **non dic iarato**
(ichiesta non sottoscritta dal .L.)
Indagine: **PUC Formicola (CE)**
Sondaggio: **S2DH**
Campione: **C1**
Profondità (m): **2.00:2.50**

Peso campione: **300.00 g** (setacciatura)
Peso secco sed: **39.70 g** (sedimentazione)
Temperatura: **17 °C**

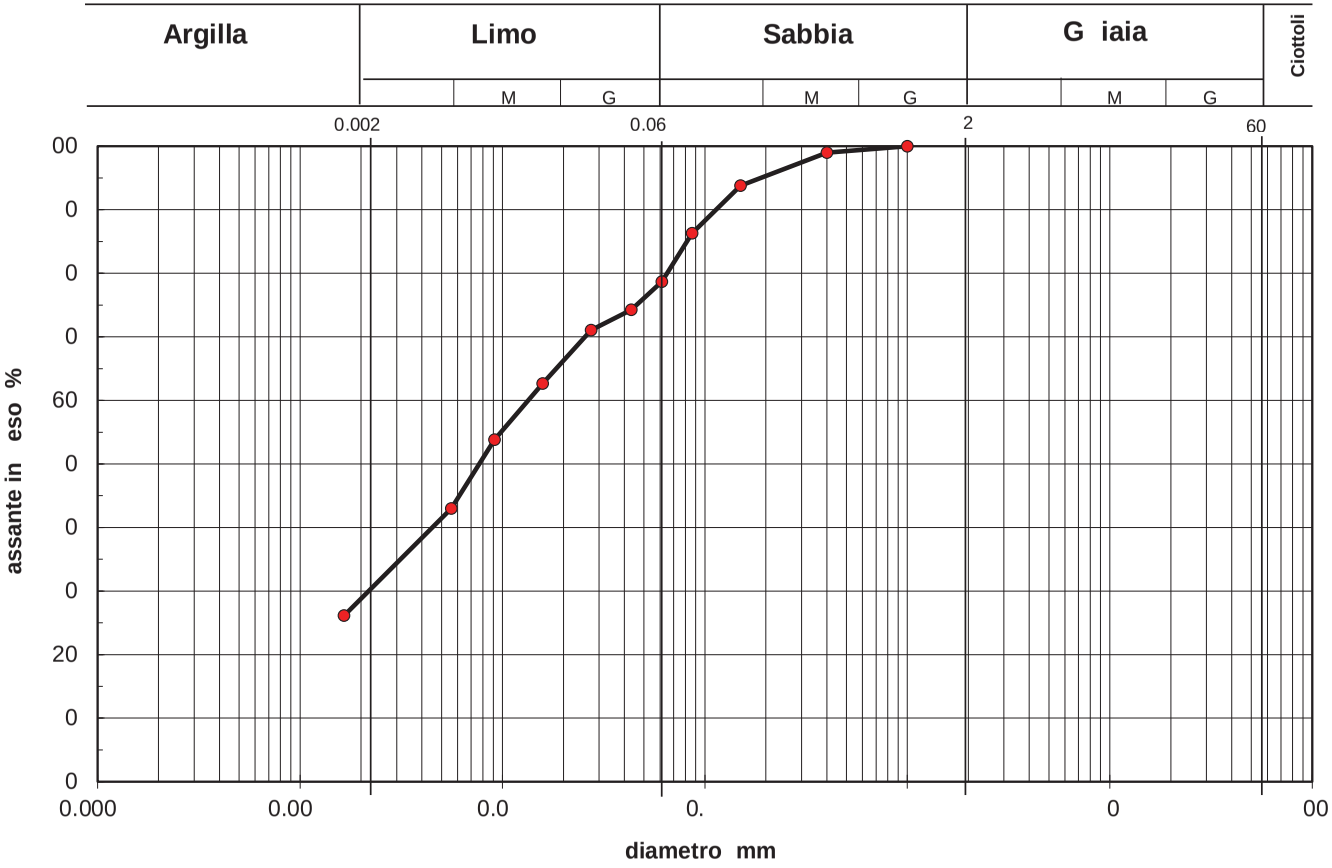
Peso specifico dei grani γ_s= **26.33 kN/m³**

Setaccio	diametro mm	Trattenuto	passante cumul.
I 0	0.00	0.00	00.00
ASTM	.	0.00	00.00
ASTM 0	2.00	0.00	00.00
ASTM	.00	0.00	00.00
ASTM 0	0. 0	.02	.
ASTM 00 (setacc. materiale decantato)	0.	.	.
SEDIMENTAZIONE	0.0 6	.	6.
	0.06	.62	.6
	0.0 2	.	.2
	0.02	.2	.06
	0.0	.	62.6
	0.00	.	.
	0.00 6	0.	2.
	0.00 6	6.	26. 2

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione inistero In rastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/20 , ai sensi dell art. 59 del DP 06/06/200 n 3 0

ANA ISI G AN O ET ICA PE SETACCIAT A E SEDI ENTA IONE NI EN ISO 7 92 4



Argilla (%): 27.63	**Limo (%): 50.72**	**Sabbia (%): 21.65**	**G iaia (%): 0.00**

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione inistero In rastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/20 , ai sensi dell art. 59 del DP 06/06/200 n 3 0

Accettazione n	**592**
Prova n	**3114/04**
Cod. prova:	**TD2862**
ata ricevimento:	**25/02/2022**
ata inizio prova:	**28/02/2022**

Committente: **Comune di Formicola (CE)**

irettore dei Lavori: **non dic iarato** (ichiesta non sottoscritta dal .L.)

Indagine: **PUC Formicola (CE)**

Sondaggio: **S2DH** Campione: **C1** Profondità (m): **2.00:2.50**

elocità di deformazione mm min : **0.005** dimensioni del provino: **uadrato L=60 mm, alte a 20 mm**

P O A DI TAG IO DI ETTO NI EN ISO 7 92 0 dati sperimentali

Provino	urata consolid. t_{00} (min)	Cont. d'acqua iniziale	Peso umido unità volume γ m	Tensione normale σ'_n Pa	Tensione taglio ma τ Pa	Cont. d'acqua finale $_f$
	2	.	.	2	2	2 .
2	2	.	.			2 .
	2	.	.		6	2 .

Provino 1 (Macchina M cella s n. 6)			**Provino 2** (Macchina M dinam 2)			**Provino 3** (Macchina M cella s n. 66)		
Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (Pa)	Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (Pa)	Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (Pa)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.2	0.0	.	0.2	0.	2.60	0.2	0.00	20.0
0.	0.2	.	0. 2	0.2	.	0.	0.0	2 .22
0.	0.	. 0	0.	0. 0	22. 2	0.	0.02	. 2
.26	0.	0.	.2	0. 2	26.0	.0	0.0	2.
.60	0.6	2.2	.	0.60	2 .	. 0	0.02	6.
.	0.	.0	.	0.6	.	. 2	0.02	0.
2.2	0. 2	.6	2.	0. 2	2. 6	2.0	0.0	. 0
2.62	0.	.	2. 2	0.	.	2.	0.02	6.
2. 6	0. 6	. 6	2.	0. 6	.2	2.6	0.02	.
.2	0. 6	.6	.	0.	6.	2.	0.0	.
.6	0. 6	6.	. 0	0.	. 0	. 2	0.02	60.20
.	0.	6.	.	0.	.	.6	0.0	60.
.2	0. 6	.66	.	0.	.	. 6	0.0	6 .
.6	0. 6	.66	.	0. 2	.6	.2	0.00	6 .
. 6	0.	.	.	0. 6	.	.60	0.0	6 .
.2	0. 6	.66	.	0.	.0	.	0.0	62. 6
.6	0. 6	.66	.	0.	.	.22	0.0	6 .
.	0.	.	.60	0. 6	. 0	.	0.0	6 .
6.26	0. 6	.				.	0.0	6 . 0
6.60	0. 6	.				6.	0.0	6 . 6
6.	0. 6	.				6. 6	0.0	6 . 0
.2	0.	.				6.	0.06	6 .
.6	0.	.				. 0	0.06	6 . 6
.	0. 6	.2				. 2	0.0	6 . 6

Lo s erimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Ri a

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione inistero In rastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/20 , ai sensi dell art. 59 del DP 06/06/200 n 3 0

Committente: **Comune di Formicola (CE)**
Indagine: **PUC Formicola (CE)**

Accettazione n	**592**
Prova n	**3114/04**

Sondaggio: **S2DH** Campione: **C1** Profondità (m): **2.00:2.50**

Diagramma sperimentale τ δ

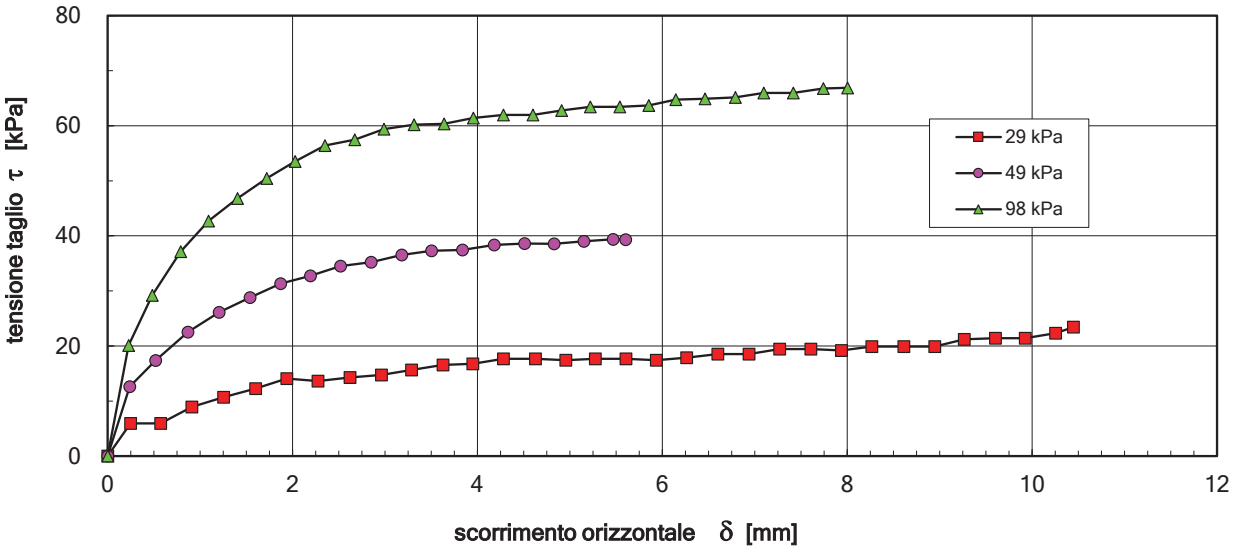
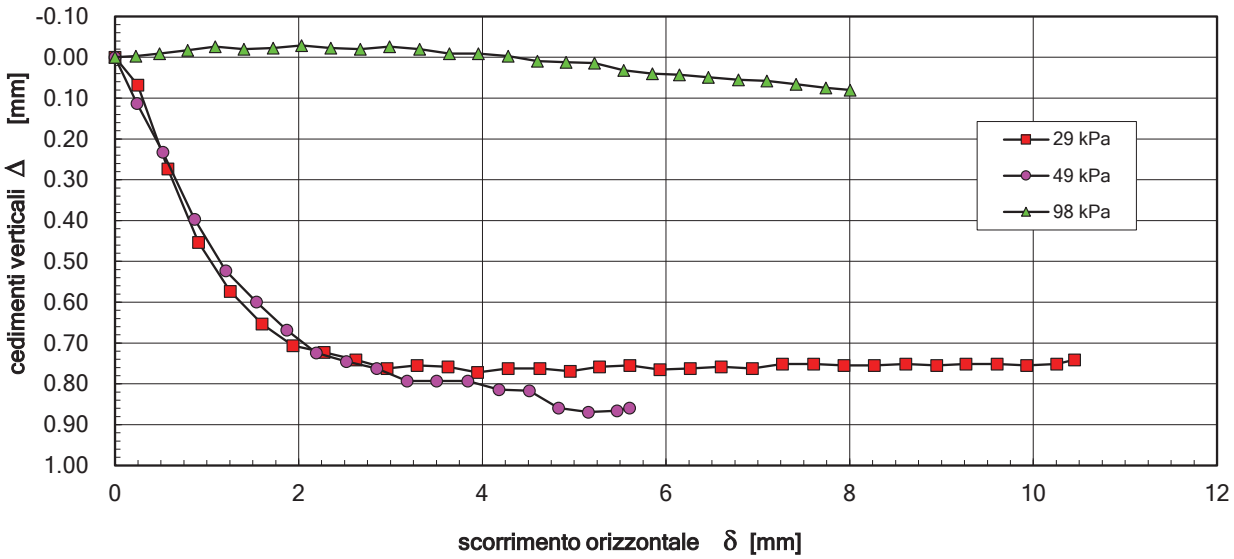


Diagramma sperimentale Δ δ



Committente: **Comune di Formicola (CE)**

Indagine: **PUC Formicola (CE)**

Sondaggio: **S2DH** Campione: **C1** Profondità (m): **2.00:2.50**

IEPI OGO DEI IS TATI

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (UNI EN ISO 17892-4)	
Argilla (<0.002 mm)	**27.63 %**
Limo (0.002<p<0.06 mm)	**50.72 %**
Sabbia (0.06<p<2 mm)	**21.65 %**
Ghiaia (2mm<p<60 mm)	**0.00 %**
Ciottoli (>60 mm)	**0.00 %**
C ASSIFICA	**Limo con argilla sabbioso**
Passante ASTM 200:	

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	
Peso specifico dei grani	**γ_s = 26.33 kN/m³**
Contenuto d'acqua	**w = 0.324**
Peso di volume naturale	**γ = 18.65 kN/m³**
Peso di volume secco	**γ_d= 14.09 kN/m³**
Porosità	**n = 0.465**
Indice di porosità	**e = 0.869**
Grado di saturazione	**Sr = 1.000**

LIMITI DI ATTERBERG (A.S.T.M. D4318-10)		
Limite di liquidità	**w_L =**	**n.d.**
Limite di plasticità	**w_P =**	**n.d.**
Indice di plasticità	**I_P =**	**n.d.**
Indice di consistenza	**I_C =**	**n.d.**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (UNI CEN ISO/TS17892-10)		
Coesione efficace c'=	**7 kPa**	
Angolo di attrito efficace φ'=	**31°**	**46'**
Coesione efficace res.c_r'=	n.d.	
Angolo di attrito residuo φ_r'=	n.d.	

PROVA EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5)		
Intervallo di carico tra 7 e 47 Pa		
Modulo Edometrico	**M=**	**n.d.**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.
Intervallo di carico tra 47 e 294 Pa		
Modulo Edometrico	**M=**	**n.d.**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.
Intervallo di carico tra 294 e 5 Pa		
Modulo Edometrico	**M=**	**n.d.**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.
Intervallo di carico tra 5 e 76 Pa		
Modulo Edometrico	**M=**	**n.d.**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.
Intervallo di carico tra 76 e 245 Pa		
Modulo Edometrico	**M=**	**n.d.**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.

PROVA TRIASSIALE CID (UNI CEN ISO/TS17892-9)	
Coesione efficace **c'=**	n.d.
Angolo di attrito efficace **φ'=**	n.d.

PROVA TRIASSIALE UU (UNI CEN ISO/TS17892-8)	
Coesione totale **c_u=**	**n.d.**
Angolo di attrito totale **φ_u=**	**n.d.**

PROVA TRIASSIALE CIU (UNI CEN ISO/TS17892-9)	
Coesione efficace **c'=**	**n.d.**
Angolo di attrito efficace **φ'=**	**n.d.**
Coesione totale **c=**	**n.d.**
Angolo di attrito totale **φ=**	**n.d.**

PROVA DI PERM. DIRETTA (UNI CEI ISO/TS 17892/11)			
In permeametro		n.d.	
In cella edometrica		n.d.	
In cella triassiale	**k=**	n.d.	**cm/s**

PROVA UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7)		
Tensione a rottura	**σ_{1r}=**	n.d

N.B.: LA PRESENTE TABELLA NON FA PARTE DEI CERTIFICATI DI PROVA, MA RAPPRESENTA UNA SINTESI DEI DATI ED UNA LORO POSSIBILE INTERPRETAZIONE.
IL LABORATORIO NON SI ASSUME RESPONSABILITA' CIRCA ERRONEA ELABORAZIONE DEI RISULTATI PRESENTATI, DI SPECIFICA RESPONSABILITA' DEL TECNICO INCARICATO DELL'INTERPRETAZIONE DEGLI STESSI

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione inistero In rastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/20 , ai sensi dell art. 59 del DP 06/06/200 n 3 0

Accettazione n	**592**
prova n:	**3115/01**
cod. prova	**Des2363**

Committente: **Comune di Formicola (CE)**
irettore dei Lavori: **non dic iarato**
Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **PUC Formicola (CE)**

Sondaggio: **S2DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.50:8.00**

APE T A E DESC I IONE DE CA PIONE A.S.T. . D24 09a

ata ricevimento: 2 02 2022
ata di apertura: 2 02 2022
Stato del campione: Indisturbato

imensioni del campione:
diametro: mm
lunghezza: 0 mm

escrizione del campione	*Piroclastite a granulometria sabbio-limosa di colore grigio scuro. Sono presenti por ioni molto addensate (pseudo litoidi) di dimensioni pluricentimetric e. Mediamente addensata. Molto umida.*
Colore:	grigio scuro
Plasticità:	☑ Non plastico ☐ Poco plastico ☐ Mediam. plastico ☐ Molto plastico
Addensamento: (terreni granulari)	☐ Sciolto ☐ Poco addensato ☑ Mediam. addensato ☐ Addensato
Consistenza: (terreni coesivi)	☐ Poco consistente ☐ Mediam. consistente ☐ Consistente ☐ Molto consistente
Grado di umidità:	☐ Asciutto ☐ Poco umido ☐ Umido ☑ Molto umido ☐ Saturo
Alterazione:	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata
eazione con Cl	☑ Nulla ☐ Debole ☐ Moderata ☐ Elevata

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione inistero In rastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/20 , ai sensi dell art. 59 del DP 06/06/200 n 3 0

Accettazione n	**592**
prova n:	**3115/01**

Struttura	☑ Massiva ☐ Stratificata ☐ Scagliosa ☐ Laminata ☐ Caotica ☐ Altro:.....
ratturazione	☑ Assente ☐ Moderata ☐ Elevata
Cementazione	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata

PROVE ESEGUITE

L totale= cm

Parte Superiore (P.S.)
cm

Poc et penetrometer
(g cm)

ane test
(g cm)

1

2

Parte Centrale (P.C.)
cm

3

) Caratteristiche fisiche generali
2) Analisi granulometrica
) Prova di taglio diretto C

Parte Inferiore (P.I.)
cm

Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione inistero In rastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/20 , ai sensi dell art. 59 del DP 06/06/200 n 3 0

Accettazione n :	**592**
Prova n :	**3115/02**
cod. prova	**ngw16424**

Committente: **Comune di Formicola (CE)**

irettore dei Lavori: **non dic iarato** ichiesta non sottoscritta dal .L.

Indagine: **PUC Formicola (CE)**

Sondaggio: **S2DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.50:8.00**

CA ATTE ISTIC E FISIC E GENE A I

ata ricevimento 2 02 2022
ata inizio prova: 2 02 2022

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso s eci ico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio .0 mm	P's=	0.00 g			**Peso s eci ico dei grani medio**
Peso picnometro campione saturato acqua distillata	P'2=	0. g	γ'_s = 26.	m	
Peso picnometro acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	.2 g			
Peso secco materiale passante allo staccio .0 mm	P''s=	0.00 g			
Peso picnometro campione saturato acqua distillata	P''2=	. 6 g	γ''_s = 26.0	m	**γ_s = 26.11 kN/m³**
Peso picnometro acqua distillata (curva di taratura)	P''1=	.22 g			

Contenuto d'ac ua (UNI EN ISO 17892-1), eso di olume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

iametro del provino:	6 mm		
Altezza del provino:	20 mm	**Contenuto d'ac ua**	**w = 0.414**
Area del provino:	2 .6 cm		
olume del provino:	.26 cm	**Peso dell'unit di olume umido**	**γ = 17.19 kN/m³**
Peso pesafiltro vuoto:	.0 g		
Peso pes. provino umido	. 0 g	**Peso dell'unit di olume secco**	**γ_d= 12.16 kN/m³**
Peso pes. provino secco	. 2 g		

Porosit , indice di orosit e grado di satura ione (arametri deri ati dai recedenti)

Peso specifico dei grani	γ_s = 26. m	**Porosit**	**n = 0.534**
Contenuto d'acqua	= 0.	**Indice di orosit**	**e = 1.147**
Peso di vol. secco	γ_d= 2. 6 m	**Grado di satura ione**	**Sr = 0.942**

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm g		
Temperatura	C		
uantità di materiale	g	**Tenore in carbonati**	**%**
Acido carbonico sviluppato	cm		
Assorbimento di C 2 nella soluzione con Cl	cm		

Sostan e organic e (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	
Peso pes. terreno essiccato a 0	**Contenuto di sostan e organic e**
Peso pes. terreno dopo calcinazione	

La oro: 2209
Sigla lab.: ngw16424r - S2DH-C2
Data emissione: 03/03/2022 ag. 3/6

Lo s erimentatore
dott. geol. S.Tagliarini

Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Roberto Ri a

Accettazione n :	**592**
Prova n :	**3115/03**
cod. prova:	**gr18413**
ata ricevimento:	**25/02/22**
ata inizio prova:	**01/03/22**

Committente: **Comune di Formicola (CE)**
irettore dei Lavori: **non dic iarato**
(ichiesta non sottoscritta dal .L.)
Indagine: **PUC Formicola (CE)**
Sondaggio: **S2DH**
Campione: **C2**
Profondità (m): **7.50:8.00**

Peso campione: **300.00 g** (setacciatura)
Peso secco sed: **39.87 g** (sedimentazione)
Temperatura: **17 °C**

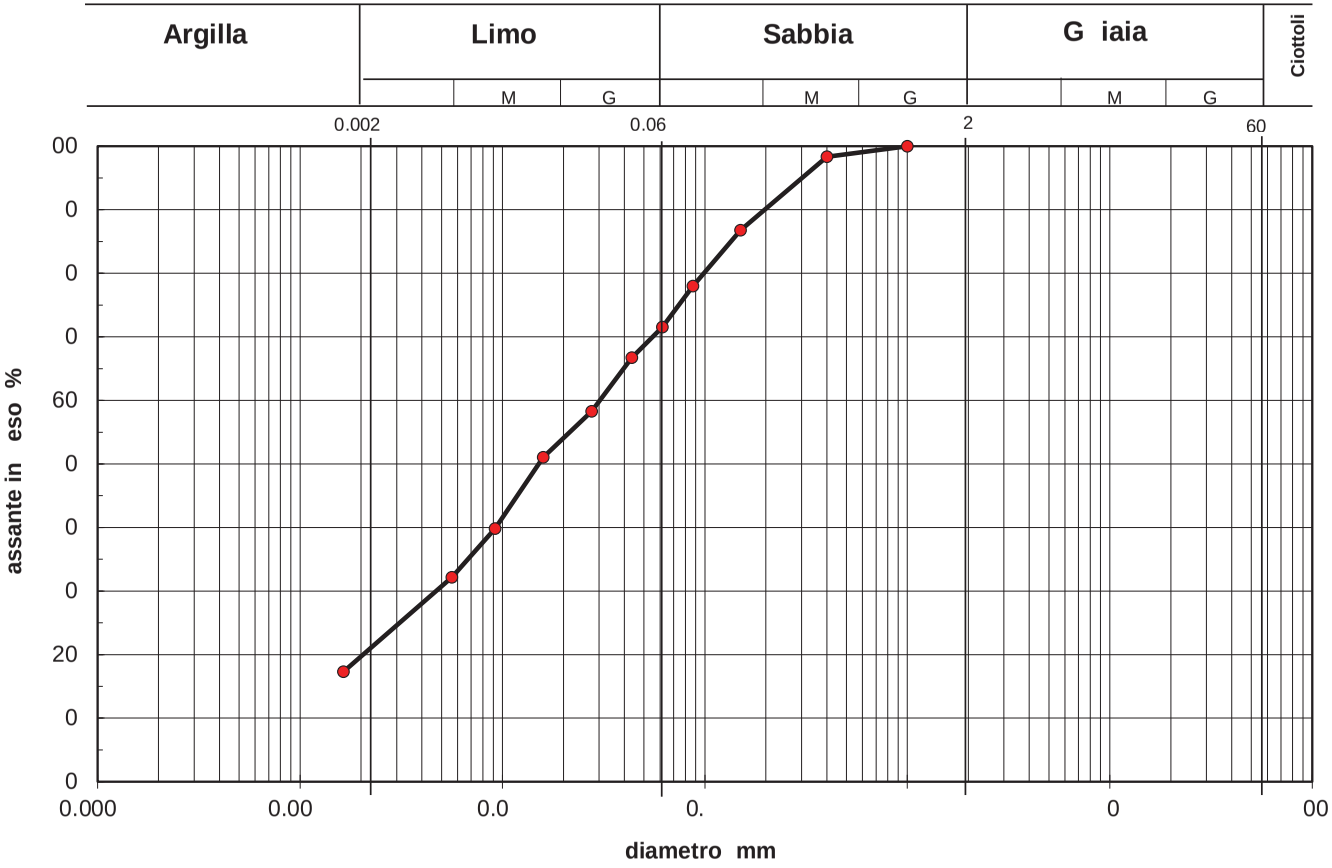
Peso specifico dei grani γ_s= **26.11 kN/m³**

Setaccio	diametro mm	Trattenuto	passante cumul.
I 0	0.00	0.00	00.00
ASTM	.	0.00	00.00
ASTM 0	2.00	0.00	00.00
ASTM	.00	0.00	00.00
ASTM 0	0. 0	.6	. 2
ASTM 00 (setacc. materiale decantato)	0.	.	6.
SEDIMENTAZIONE	0.0 0	.	.
	0.06 6	6.	.
	0.0	. 2	66. 2
	0.02	.	.2
	0.0	.2	.0
	0.00 2	.2	.
	0.00 6	.6	2.
	0.00 6	. 6	.

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione inistero In rastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/20 , ai sensi dell art. 59 del DP 06/06/200 n 3 0

ANA ISI G AN O ET ICA PE SETACCIAT A E SEDI ENTA IONE NI EN ISO 7 92 4



Argilla (%): 18.66	**Limo (%): 52.49**	**Sabbia (%): 28.85**	**G iaia (%): 0.00**

La oro: 2209
Siglia lab.: gr18413r - S2DH-C2
Data emissione: 03/03/2022
ag.4/6

Lo s erimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Ri a

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione inistero In rastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/20 , ai sensi dell art. 59 del DP 06/06/200 n 3 0

Accettazione n	**592**
Prova n	**3115/04**
Cod. prova:	**TD2863**
ata ricevimento:	**25/02/2022**
ata inizio prova:	**28/02/2022**

Committente: **Comune di Formicola (CE)**

irettore dei Lavori: **non dic iarato** (ichiesta non sottoscritta dal .L.)

Indagine: **PUC Formicola (CE)**

Sondaggio: **S2DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.50:8.00**

elocità di deformazione mm min : **0.005** dimensioni del provino: **uadrato L=60 mm, alte a 20 mm**

P O A DI TAG IO DI ETTO NI EN ISO 7 92 0 dati sperimentali

Provino	urata consolid. t_{00} (min)	Cont. d'acqua iniziale	Peso umido unità volume γ m	Tensione normale σ'_n Pa	Tensione taglio ma τ Pa	Cont. d'acqua finale $_f$
		.	6. 0	2	6	.6
2	2	.	.06	2	2 0	.
	22	.	6.	2	2 0	.

Provino 1 (Macchina M cella s n. 6)			**Provino 2** (Macchina M dinam 2)			**Provino 3** (Macchina M cella s n. 66)		
Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (Pa)	Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (Pa)	Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (Pa)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0. 6	0.0	.	0. 6	0.0	.	0.2	0.06	.
0.	0.0	.	0.	0.06	.26	0.	0.0	.0
0.	0.0	2 .2	.	0.	2 .	0. 6	0.20	6.
0. 2	0.0	0. 6	. 0	0.	2. 6	.	0. 0	6.0
. 0	0.0	2.0	. 0	0.22	.	. 2	0.	20 . 0
. 2	0. 0	6 .	2. 2	0.26	0.6	.	0.	22 . 6
. 2	0.	. 2	2.	0. 0	20 .	2.26	0. 6	2 .
2.22	0.	6.	.	0.	20 .	2.6	0.6	2 .
2.62	0.	.60	. 6	0.	20 . 6	.0	0.	2 .
.0	0.	.	.	0.	20 .06	.	0.	2 6.
.	0.	.	.	0.	2 0.	.	0.	260.20
.	0.	.	.	0. 6	20 .06	.	0. 0	262.20
.2	0.20	.	.	0.	20 . 6	.	0.	26 .6
. 2	0.2	.				.	.0	26 .
.	0.2	2.66				. 2	.06	26 .
						. 0	.	266.2
						6.0	.	266.
						6.	.	26 .6
						6. 0	.2	26 .0

Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione inistero In rastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/20 , ai sensi dell art. 59 del DP 06/06/200 n 3 0

Committente: **Comune di Formicola (CE)**
Indagine: **PUC Formicola (CE)**

Accettazione n	**592**
Prova n	**3115/04**

Sondaggio: **S2DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.50:8.00**

Diagramma sperimentale τ δ

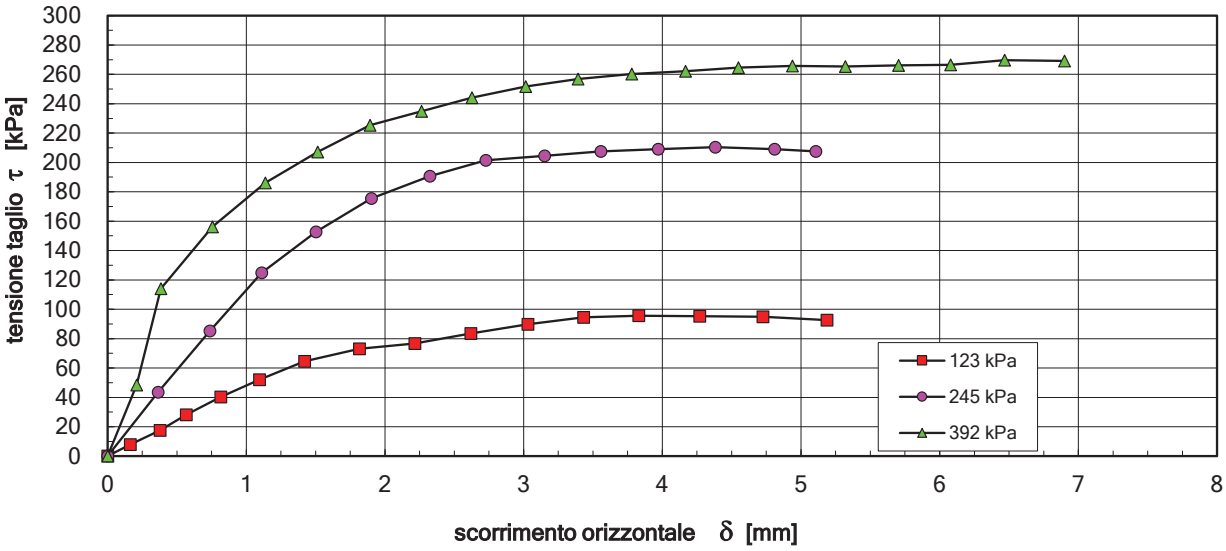
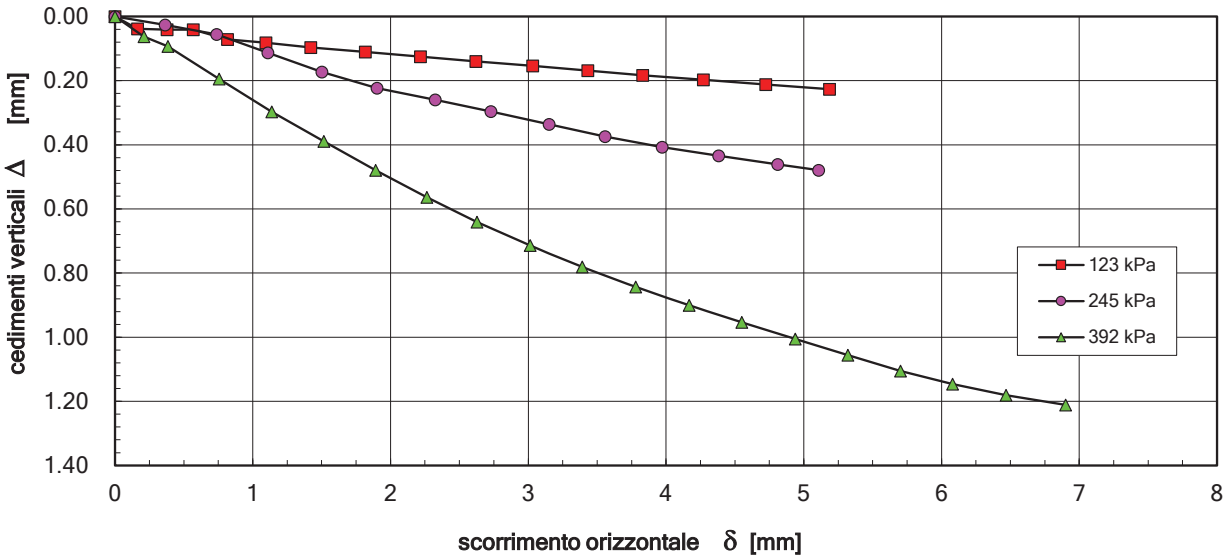


Diagramma sperimentale Δ δ



Committente: **Comune di Formicola (CE)**

Indagine: **PUC Formicola (CE)**

Sondaggio: **S2DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.50:8.00**

IEPI OGO DEI IS TATI

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (UNI EN ISO 17892-4)	
Argilla (<0.002 mm)	**18.66 %**
Limo (0.002<p<0.06 mm)	**52.49 %**
Sabbia (0.06<p<2 mm)	**28.85 %**
Ghiaia (2mm<p<60 mm)	**0.00 %**
Ciottoli (>60 mm)	**0.00 %**
C ASSIFICA	**Limo con sabbia argilloso**
Passante ASTM 200:	

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	
Peso specifico dei grani	**γ_s = 26.11 kN/m³**
Contenuto d'acqua	**w = 0.414**
Peso di volume naturale	**γ = 17.19 kN/m³**
Peso di volume secco	**γ_d= 12.16 kN/m³**
Porosità	**n = 0.534**
Indice di porosità	**e = 1.147**
Grado di saturazione	**Sr = 0.942**

LIMITI DI ATTERBERG (A.S.T.M. D4318-10)		
Limite di liquidità	**w_L =**	**n.d.**
Limite di plasticità	**w_P =**	**n.d.**
Indice di plasticità	**I_P =**	**n.d.**
Indice di consistenza	**I_C =**	**n.d.**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (UNI CEN ISO/TS17892-10)		
Coesione efficace c'=	**30 kPa**	
Angolo di attrito efficace φ'=	**32°**	**30'**
Coesione efficace res.c_r'=	n.d.	
Angolo di attrito residuo φ_r'=	n.d.	

PROVA EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5)		
Intervallo di carico tra 7 e 47 Pa		
Modulo Edometrico	**M=**	**n.d.**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.
Intervallo di carico tra 47 e 294 Pa		
Modulo Edometrico	**M=**	**n.d.**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.
Intervallo di carico tra 294 e 5 Pa		
Modulo Edometrico	**M=**	**n.d.**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.
Intervallo di carico tra 5 e 76 Pa		
Modulo Edometrico	**M=**	**n.d.**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.
Intervallo di carico tra 76 e 245 Pa		
Modulo Edometrico	**M=**	**n.d.**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.

PROVA TRIASSIALE CID (UNI CEN ISO/TS17892-9)	
Coesione efficace **c'=**	n.d.
Angolo di attrito efficace **φ'=**	n.d.

PROVA TRIASSIALE UU (UNI CEN ISO/TS17892-8)	
Coesione totale **c_u=**	**n.d.**
Angolo di attrito totale **φ_u=**	**n.d.**

PROVA TRIASSIALE CIU (UNI CEN ISO/TS17892-9)	
Coesione efficace **c'=**	**n.d.**
Angolo di attrito efficace **φ'=**	**n.d.**
Coesione totale **c=**	**n.d.**
Angolo di attrito totale **φ=**	**n.d.**

PROVA DI PERM. DIRETTA (UNI CEI ISO/TS 17892/11)			
In permeametro		n.d.	
In cella edometrica		n.d.	
In cella triassiale	**k=**	n.d.	**cm/s**

PROVA UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7)		
Tensione a rottura	**σ_{1r}=**	n.d

N.B.: LA PRESENTE TABELLA NON FA PARTE DEI CERTIFICATI DI PROVA, MA RAPPRESENTA UNA SINTESI DEI DATI ED UNA LORO POSSIBILE INTERPRETAZIONE. IL LABORATORIO NON SI ASSUME RESPONSABILITA' CIRCA ERRONEA ELABORAZIONE DEI RISULTATI PRESENTATI, DI SPECIFICA RESPONSABILITA' DEL TECNICO INCARICATO DELL'INTERPRETAZIONE DEGLI STESSI

4 INDAGINI GEOFISICHE

Nell' area in esame, per la caratterizzazione sismica del comune oggetto di studio, sono state eseguite n. 2 indagini geofisiche di tipo Down-Hole; n. 8 stendimenti sismici di tipo MASW e n. 12 indagini di sismica passiva HVSR .

4.1 PROVA SISMICA IN FORO – DOWN-HOLE

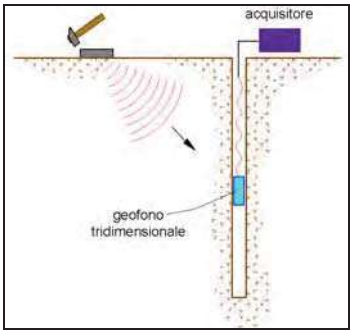
Le indagini geofisiche di tipo Down Hole sono finalizzate quindi, in funzione della classificazione del suolo di fondazione alla determinazione in dettaglio delle variazioni verticali di velocità sismica delle onde di compressione (Vp) e delle onde di taglio (Vs) in corrispondenza del sondaggio, nonché alla determinazione complementare (mediante le relazioni che collegano tra loro i valori di Vp e Vs) dei moduli elastici dinamici utili per la caratterizzazione dinamica del sottosuolo.

4.1.1 Introduzione

Nel metodo sismico Down Hole (DH) viene misurato il tempo necessario per le onde P e S di spostarsi tra una sorgente sismica, posta in superficie, e i ricevitori, posti all'interno di un foro di sondaggio.

Le componenti indispensabili per una misura DH accurata consistono:

1. una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche ricche di energia e direzionali;
2. uno o più geofoni tridimensionali, con appropriata risposta in frequenza (4,5-14 Hz), direzionali e dotati di un sistema di ancoraggio alle pareti del tubo-foro;
3. un sismografo multi-canale, in grado di registrare le forme d'onda in modo digitale e di registrarle su memoria di massa;
4. un trasduttore (trigger) alloggiato nella sorgente necessario per l'identificazione dell'istante di partenza della sollecitazione dinamica mediante massa battente.



Schema down hole

Per la sismica in foro, eseguita nei forI di sondaggio S1_DH ed S2_DH, è stato utilizzato un sismografo "ECHO 48/2010 seismic Unit" a 48 canali di registrazione. Il tipo di sorgente utilizzata è costituito da tre piastre opportunamente posizionate sul terreno, su cui sono stati generati, mediante l'uso di un martello da 10 Kg, impulsi che hanno prodotto a seconda della direzione di battitura rispetto al p.c (verticale o orizzontale) onde di tipo P e Sh; i segnali sono stati acquisiti mediante un geofono 5D da foro; quest'ultimo è costituito da cinque geofoni con frequenza da 10 hz, di cui uno verticale per la registrazione delle onde P, e quattro geofoni orizzontali, disposti perpendicolarmente fra di loro, atti a registrare le onde S. Le energizzazioni sono state realizzate posizionando il geofono a profondità crescente partendo da 1.00 dal piano campagna, fino fondo foro, con un passo di avanzamento di 1 m.

Ad ogni step di misura sono state effettuate tre energizzazioni: una ortogonale rispetto alla superficie del piano campagna che ha generato un treno di onde di compressione (P) e due parallele al p.c, eseguite alternando il senso dell'impatto alla sorgente, per originare un treno di onde polarizzate sul piano orizzontale (Sh), ed in modo da evidenziare, per ogni geofono orizzontale, un'inversione di fase nelle onde di taglio che possa rendere meno incerta la rivelazione dei tempi di arrivo delle onde trasversali.



Esecuzione di prova Down-Hole

4.1.2 Interpretazione Down Hole con il metodo diretto

Per poter interpretare il down hole con il metodo diretto, inizialmente, bisogna correggere i tempi di tragitto (t) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde. Se d è la distanza della sorgente dall'asse del foro, r la distanza fra la sorgente e la tripletta di sensori, z la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti (tcorr) mediante la seguente formula di conversione:

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

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

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

1. coefficiente di Poisson medio:

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

2. modulo di deformazione a taglio medio:

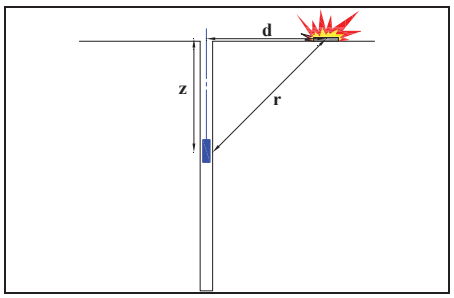
$$3.0)\, G_{medio} = \rho V_s^2$$

3. modulo di Young o di elasticità medio:

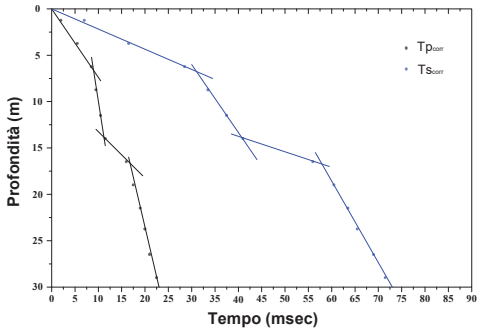
$$4.0)\, E_{medio} = 2\rho V_s^2 (1+\nu)$$

4. modulo di compressibilità volumetrica medio:

$$5.0)\, E_{vmedio} = \rho \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$



Schema di Down Hole con metodo diretto



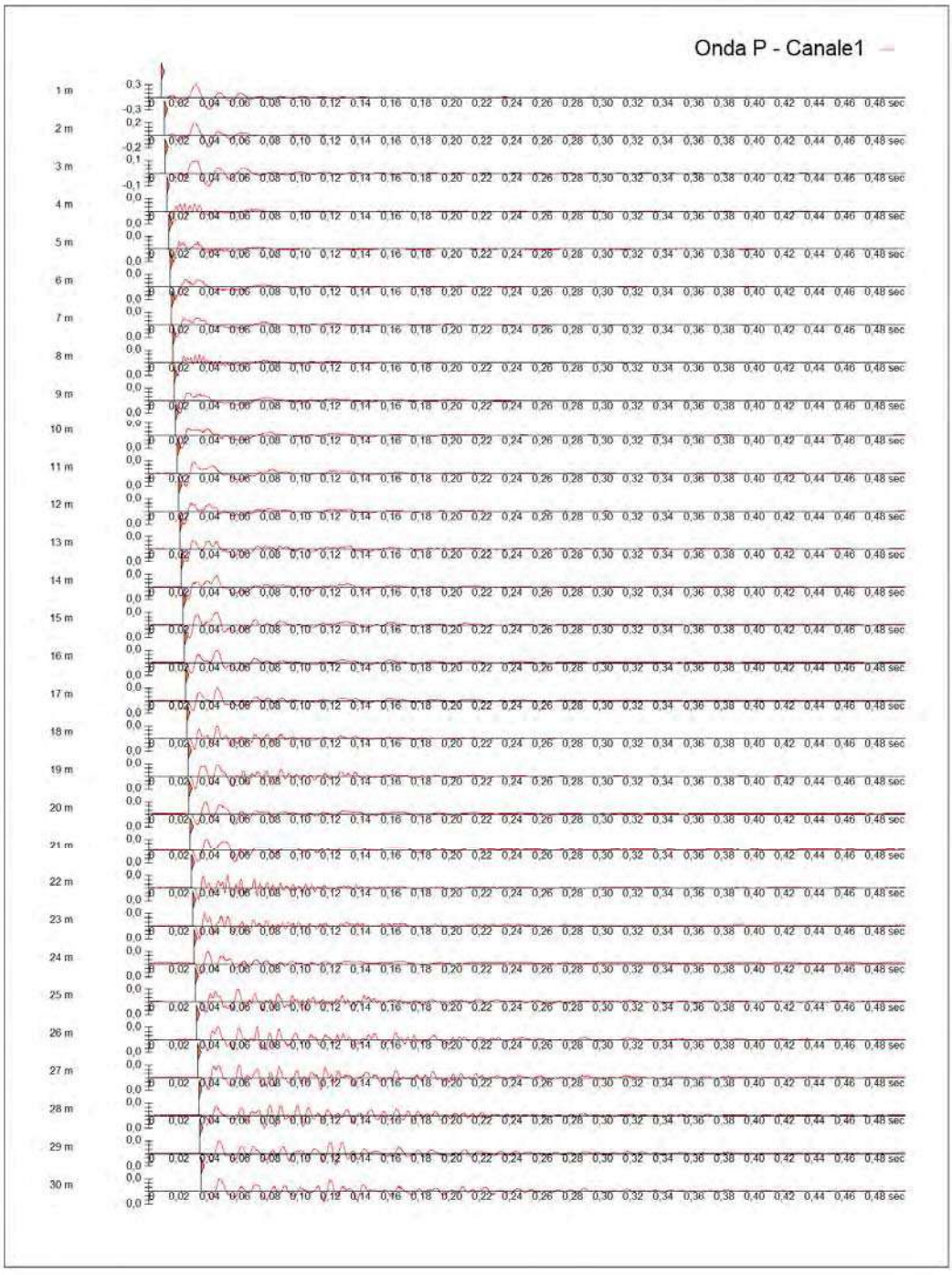
Dromocrone

4.1.3 PROVA SISMICA S1_DH

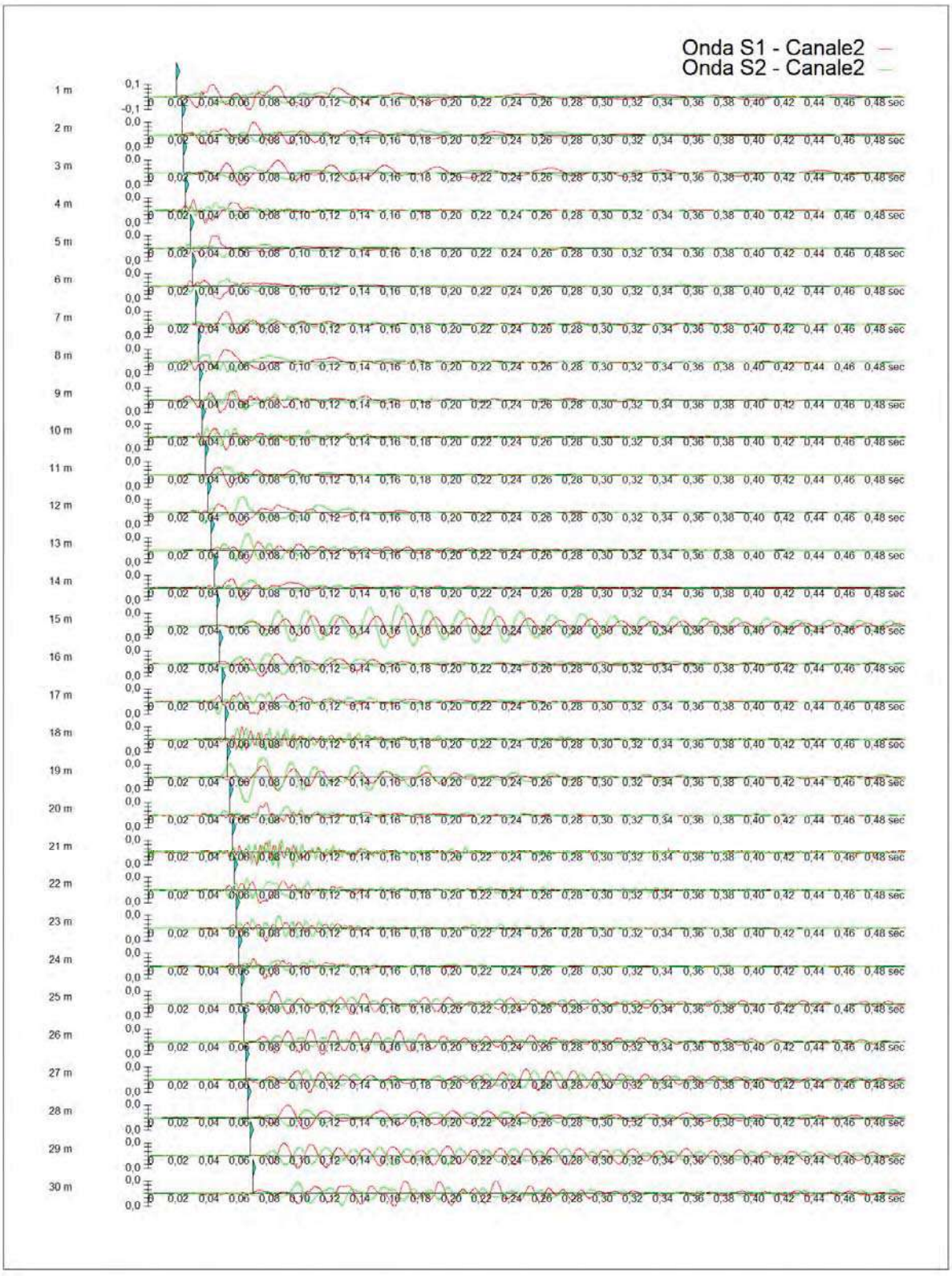
Interpretazione delle misure

Dati iniziali

Offset scoppio (m)	*Numero di ricezioni*	*Posizione primo geofono (m)*	*Interdistanza (m)*
2.00	30	1	1



Registrazione onde P



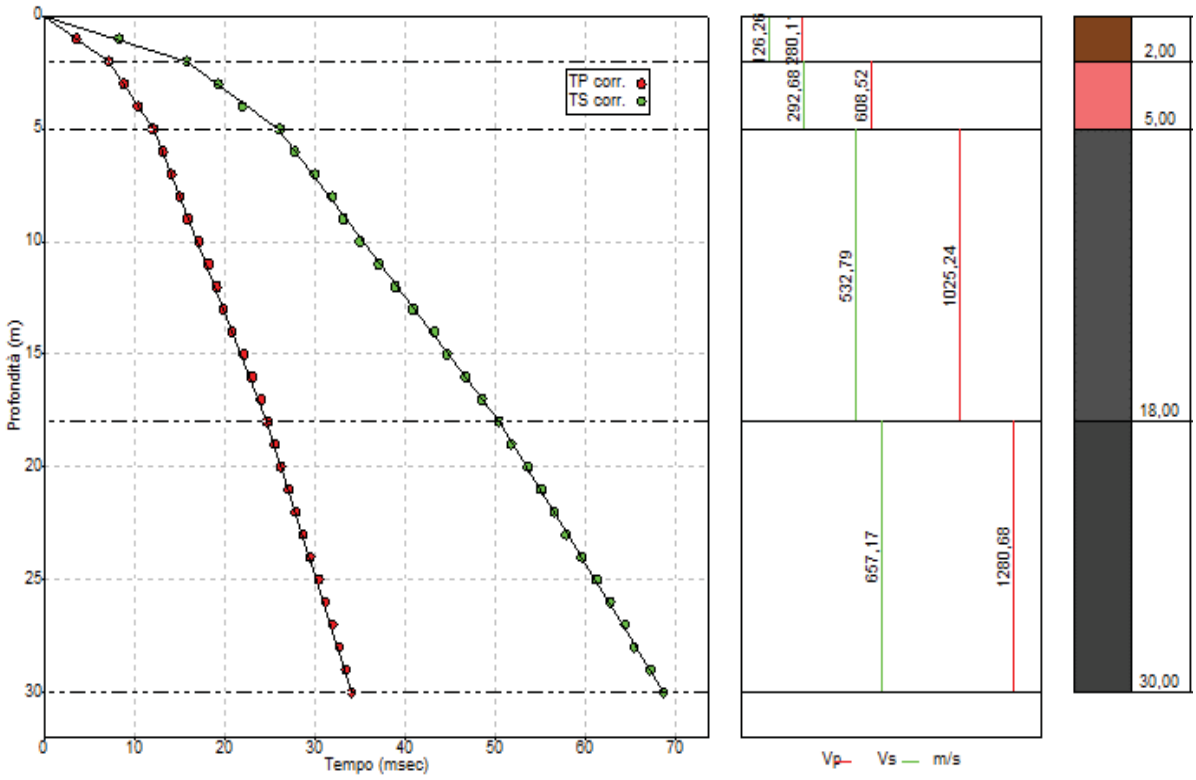
Registrazione onde S1 – S2 (energizzazione da destra e sinistra)

Dati misure Down Hole			
Registrazione Nr.	***Z (m)***	***Tp (msec)***	***Ts (msec)***
1	1,00	8	18,5
2	2,00	10,1	22,4
3	3,00	10,6	23,2
4	4,00	11,6	24,6
5	5,00	13	28,1
6	6,00	13,9	29,3
7	7,00	14,7	31,2
8	8,00	15,5	32,9
9	9,00	16,3	34
10	10,00	17,5	35,7
11	11,00	18,5	37,7
12	12,00	19,4	39,5
13	13,00	20,1	41,4
14	14,00	21	43,7
15	15,00	22,3	45,1
16	16,00	23,2	47,1
17	17,00	24,2	48,9
18	18,00	24,9	50,8
19	19,00	25,7	52,1
20	20,00	26,4	53,9
21	21,00	27,2	55,4
22	22,00	28	56,8
23	23,00	28,8	58,1
24	24,00	29,6	59,8
25	25,00	30,6	61,5
26	26,00	31,3	63
27	27,00	32,1	64,6
28	28,00	32,8	65,6
29	29,00	33,5	67,4
30	30,00	34,2	68,9

Risultati		
SR (m)	***Tpcorr (msec)***	***Tscorr (msec)***
2,2361	3,5777	8,2735
2,8284	7,1418	15,8392
3,6056	8,8197	19,3036
4,4721	10,3754	22,0029
5,3852	12,0702	26,0902
6,3246	13,1867	27,7964
7,2801	14,1344	29,9996
8,2462	15,0372	31,9177
9,2195	15,9119	33,1904
10,1980	17,1602	35,0067
11,1803	18,2016	37,0919
12,1655	19,1360	38,9626
13,1530	19,8663	40,9186
14,1421	20,7889	43,2608
15,1328	22,1044	44,7044
16,1245	23,0209	46,7363
17,1172	24,0342	48,5651
18,1108	24,7477	50,4893
19,1050	25,5588	51,8137
20,0998	26,2690	53,6325
21,0950	27,0775	55,1505
22,0907	27,8850	56,5667
23,0868	28,6917	57,8816
24,0832	29,4978	59,5934
25,0799	30,5026	61,3041
26,0768	31,2078	62,8144
27,0740	32,0123	64,4235
28,0713	32,7166	65,4333
29,0689	33,4206	67,2403
30,0666	34,1243	68,7474

Valori medi con Metodo Diretto

Profondità (m)	*Vp medio (m/s)*	*Vs medio (m/s)*	*ɣ medio (kN/mc)*	*νi medio*	*G medio (MPa)*	*E medio (MPa)*	*Ev medio (MPa)*
2.00	280	126	15,00	0.37	24	65	86
5.00	608	292	17,00	0.35	145	391	436
18.00	1025	532	15,40	0.32	436	1147	1038
30.00	1280	657	15,40	0.32	665	1756	1638



Dromocrone S1_DH

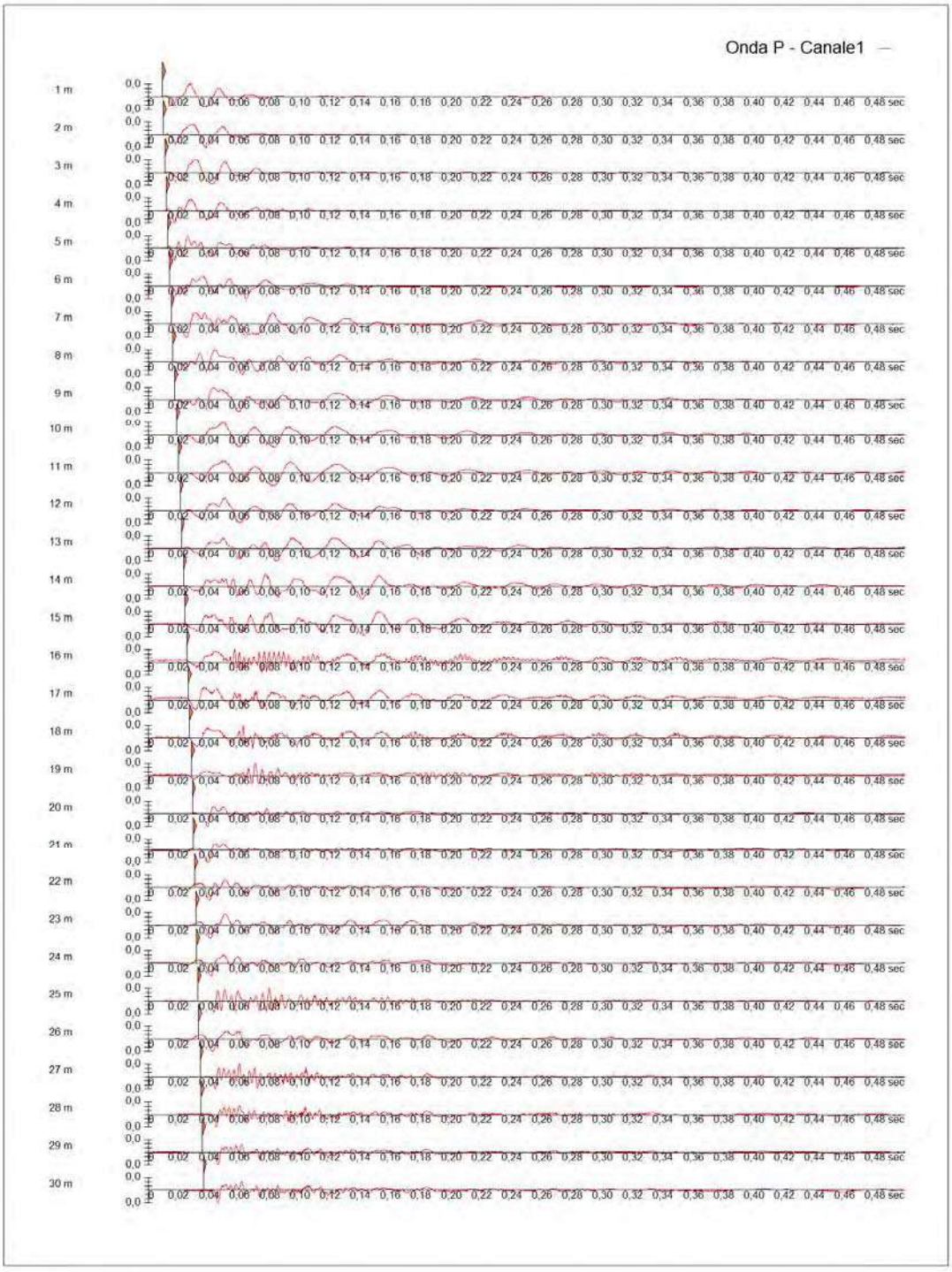
Categoria sismica del sottosuolo	
Valore calcolato Vs eq = Vs30 436 m/s	
Tipo di suolo	***B***

4.1.4 PROVA SISMICA S2_DH

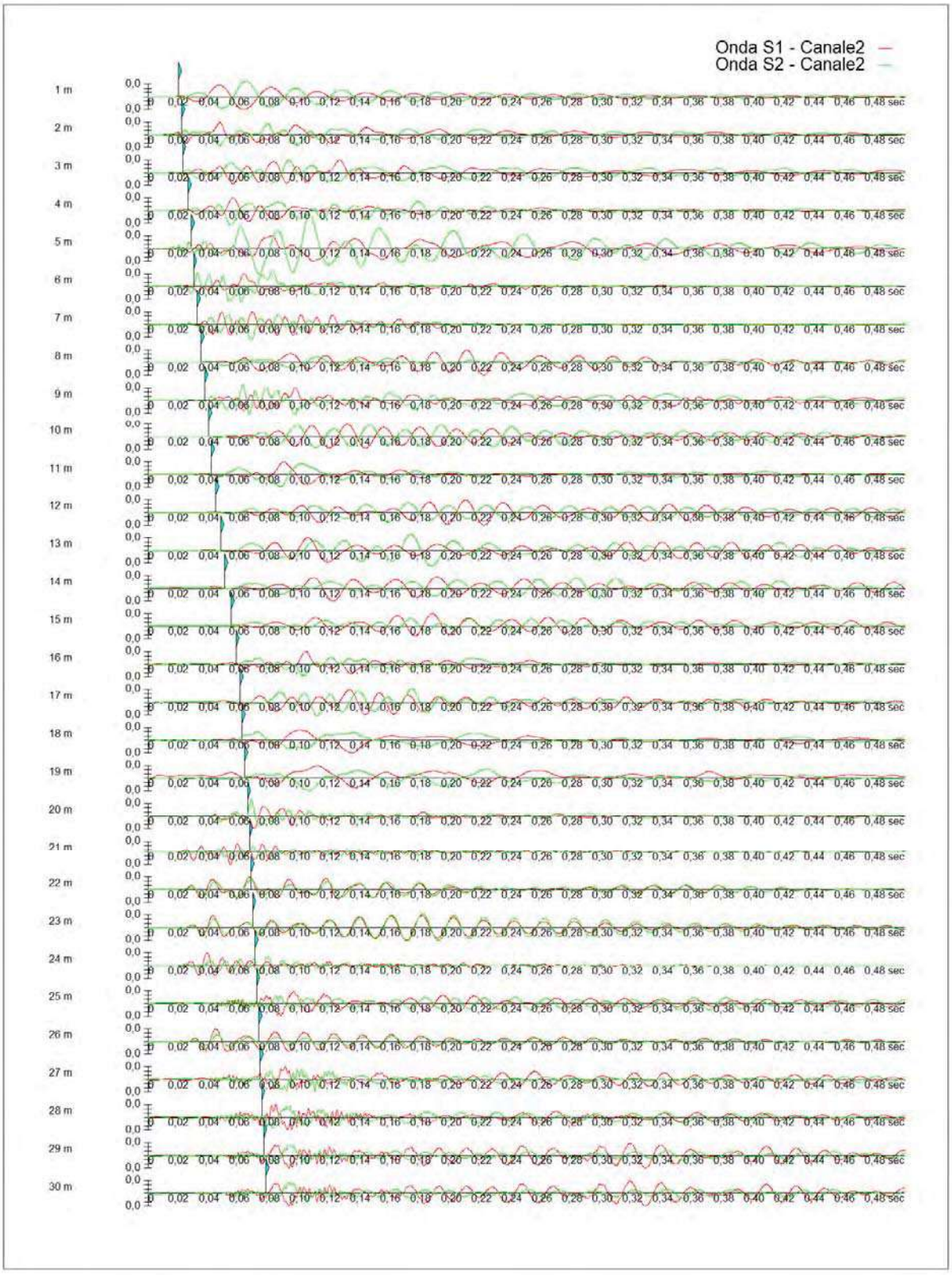
Interpretazione delle misure

Dati iniziali

Offset scoppio (m)	*Numero di ricezioni*	*Posizione primo geofono (m)*	*Interdistanza (m)*
2.00	30	1	1



Registrazione onde P



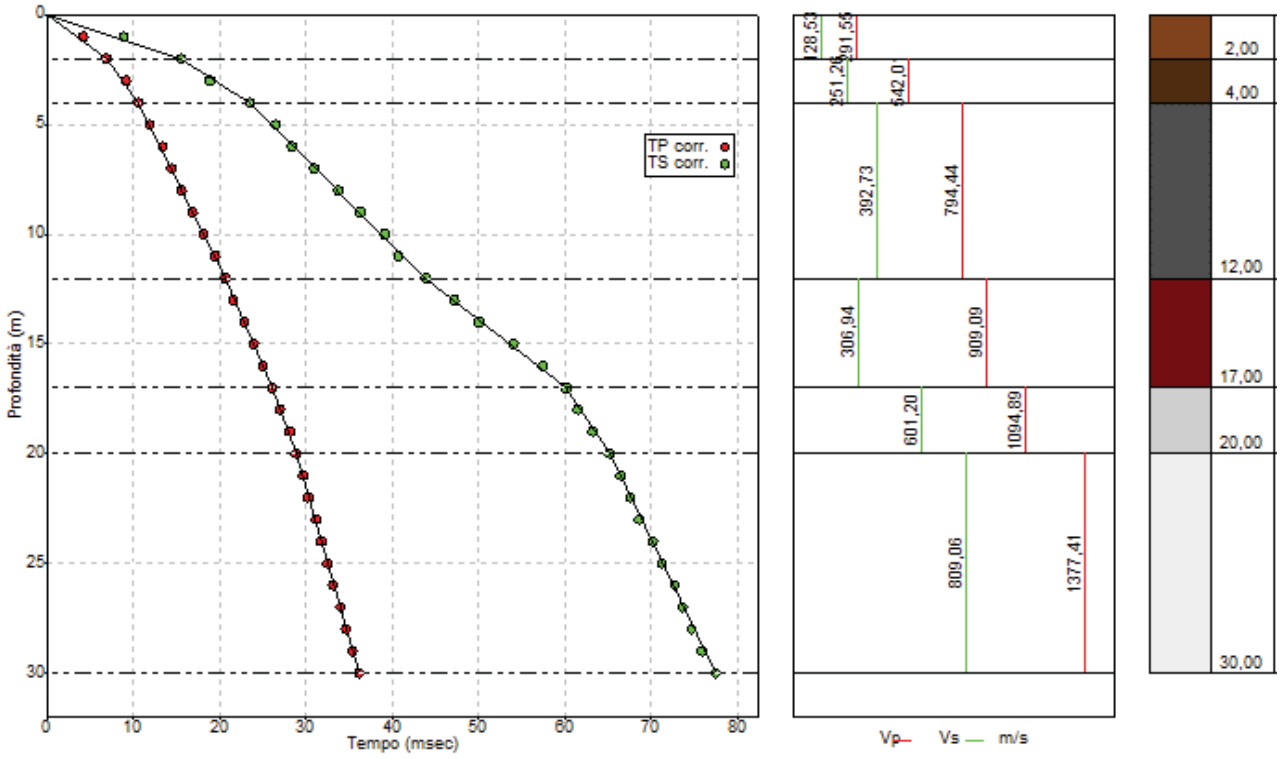
Registrazione onde S1 – S2 (energizzazione da destra e sinistra)

Dati misure Down Hole			
Registrazione Nr.	***Z (m)***	***Tp (msec)***	***Ts (msec)***
1	1,00	9,4	19,8
2	2,00	9,7	22
3	3,00	11	22,7
4	4,00	11,8	26,3
5	5,00	12,8	28,5
6	6,00	14,1	29,9
7	7,00	15	32,2
8	8,00	16,1	34,8
9	9,00	17,3	37,2
10	10,00	18,5	39,9
11	11,00	19,8	41,4
12	12,00	20,9	44,5
13	13,00	21,8	47,8
14	14,00	23,1	50,6
15	15,00	24,2	54,6
16	16,00	25,2	57,9
17	17,00	26,3	60,6
18	18,00	27,2	61,9
19	19,00	28,3	63,6
20	20,00	29	65,5
21	21,00	29,8	66,8
22	22,00	30,4	67,9
23	23,00	31,3	68,9
24	24,00	31,9	70,5
25	25,00	32,6	71,5
26	26,00	33,2	73
27	27,00	34,1	73,9
28	28,00	34,7	74,9
29	29,00	35,5	76,1
30	30,00	36,2	77,7

Risultati		
SR (m)	***Tpcorr (msec)***	***Tscorr (msec)***
2,2361	4,2038	8,8548
2,8284	6,8589	15,5564
3,6056	9,1526	18,8875
4,4721	10,5542	23,5234
5,3852	11,8845	26,4616
6,3246	13,3764	28,3656
7,2801	14,4229	30,9611
8,2462	15,6193	33,7610
9,2195	16,8880	36,3142
10,1980	18,1407	39,1252
11,1803	19,4806	40,7322
12,1655	20,6156	43,8945
13,1530	21,5465	47,2442
14,1421	22,8678	50,0914
15,1328	23,9877	54,1210
16,1245	25,0054	57,4529
17,1172	26,1199	60,1849
18,1108	27,0336	61,5214
19,1050	28,1445	63,2506
20,0998	28,8561	65,1749
21,0950	29,6658	66,4991
22,0907	30,2752	67,6212
23,0868	31,1823	68,6410
24,0832	31,7898	70,2565
25,0799	32,4962	71,2723
26,0768	33,1022	72,7850
27,0740	34,0068	73,6981
28,0713	34,6118	74,7097
29,0689	35,4159	75,9197
30,0666	36,1198	77,5279

Valori medi con Metodo Diretto

Profondità (m)	*Vp medio (m/s)*	*Vs medio (m/s)*	*γ medio (kN/mc)*	*νi medio*	*G medio (MPa)*	*E medio (MPa)*	*Ev medio (MPa)*
2.00	291	128	16,00	0.38	26	72	101
4.00	542	251	18,00	0.36	114	309	378
12.00	794	393	17,00	0.34	263	702	722
17.00	909	307	18,50	0.44	175	501	1297
20.00	1095	601	20,00	0.28	723	1856	1436
30.00	1377	810	22,00	0.24	1445	3567	2249



Dromocrone S2_DH

Categoria sismica del sottosuolo	
Valore calcolato Vs eq a 20 m *306 m/s*	
Tipo di suolo	***C***

4.2 Prove Sismiche MASW

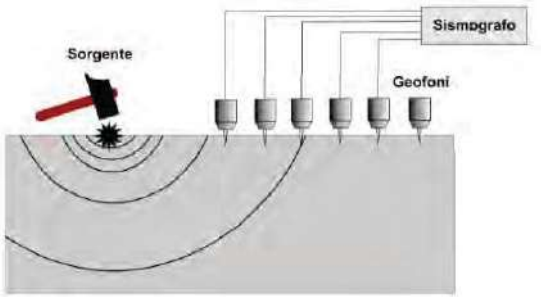
4.2.1 Introduzione MASW

Sono stati eseguiti, utilizzando 24 geofoni a bassa frequenza da 4,5 Hz, n. 8 profili sismici tipo MASW per la determinazione delle velocità Vs e del relativo Vs equivalente.

Classificazione sismica dei suoli con il metodo MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, sulla base del quale valutare, così come stabilito dall'NTC 2018, la velocità equivalente delle onde di taglio verticale - Vseq, sino alla profondità H del substrato sismico (in m) e la corrispondente categoria sismica del sottosuolo. Per substrato sismico si intende quella formazione, costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio Vseq è definita dal parametro Vs30 ottenuto ponendo H = 30 m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

La metodologia MASW si basa sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (24 geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.



In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K.and Richerds, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza, con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazione sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi indagano la porzione di suolo più profonda.

Nel metodo MASW si usano le sole onde di *Rayleigh* e si trascurano gli effetti dovuti alle onde P e SV. Sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche le onde P e le onde S oltre alle onde *Rayleigh*, intervengono due aspetti che rendono il contributo delle onde di Rayleigh prevalente sul contributo delle onde P e SV. Il primo aspetto è che le onde Rayleigh trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente. Il secondo aspetto è che allontanandosi dalla sorgente le onde di Rayleigh subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV, ciò perché le onde Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, mentre le onde P e SV si propagano secondo fronti d'onda sferici.

Mediante l'utilizzo di un opportuno software è possibile ricavare il profilo verticale della Vs tramite inversione della curva di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW.

La procedura si sviluppa in tre operazioni svolte in successione:

1. determinazione dello spettro di velocità, sul quale verrà identificata la curva di dispersione;
2. inversione della curva di dispersione ed individuazione del profilo verticale della Vs, attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici;
3 calcolo della velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità Vs30 e quindi individuazione della categoria di suolo sismico secondo quanto indicato dalla nuova normativa sismica OPCM e dall'Eurocodice 8.

Per ottenere i dati geofisici dell'area di studio, sono state utilizzate le seguenti apparecchiature:

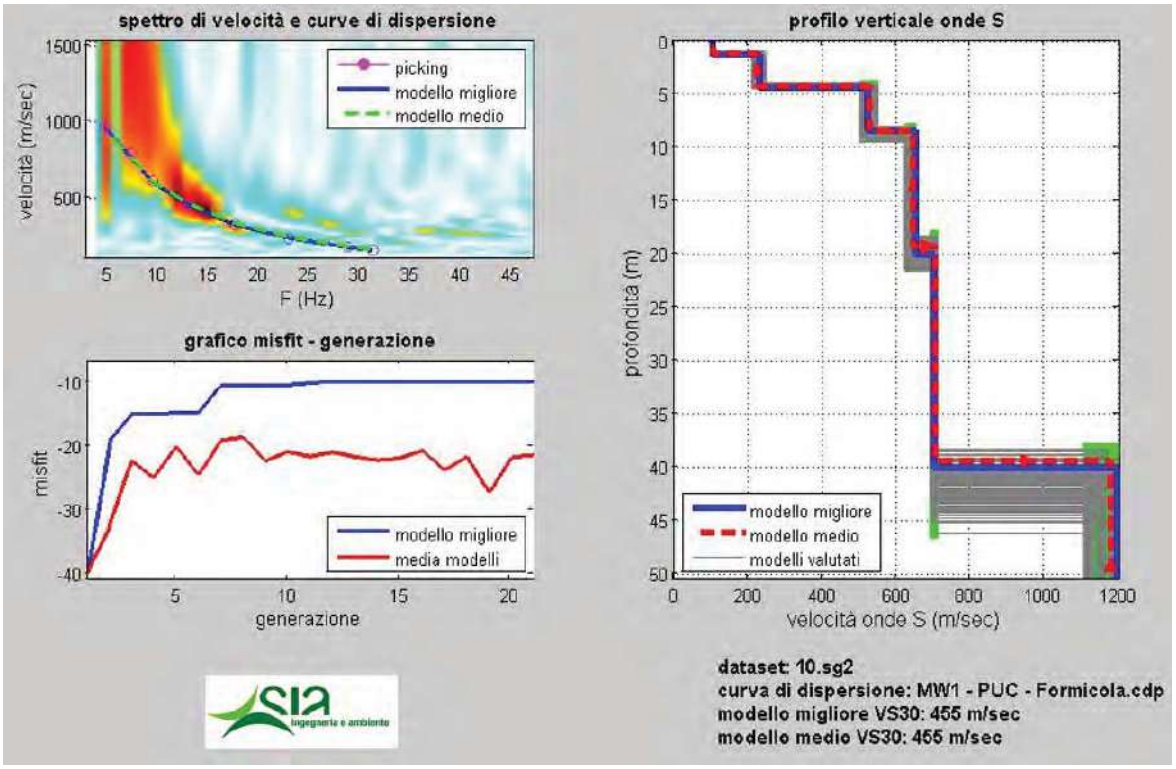
- Sistema di registrazione multicanale (24) "Unità sismica MAE 6000 S;
- Geofoni verticali 4.5 Hz (set di 24)
- Sorgente dell'impatto: una mazza da 8 kg su una piastra metallica 15 cm x 15 cm



Di seguito si riportano i risultati scaturiti dalle prove eseguite:

4.2.2 **Prova sismica MASW 1**

Committente: Comune Formicola (CE)
Cantiere: Formicola (CE)
Data di esecuzione della prova: 24 febbraio 2022



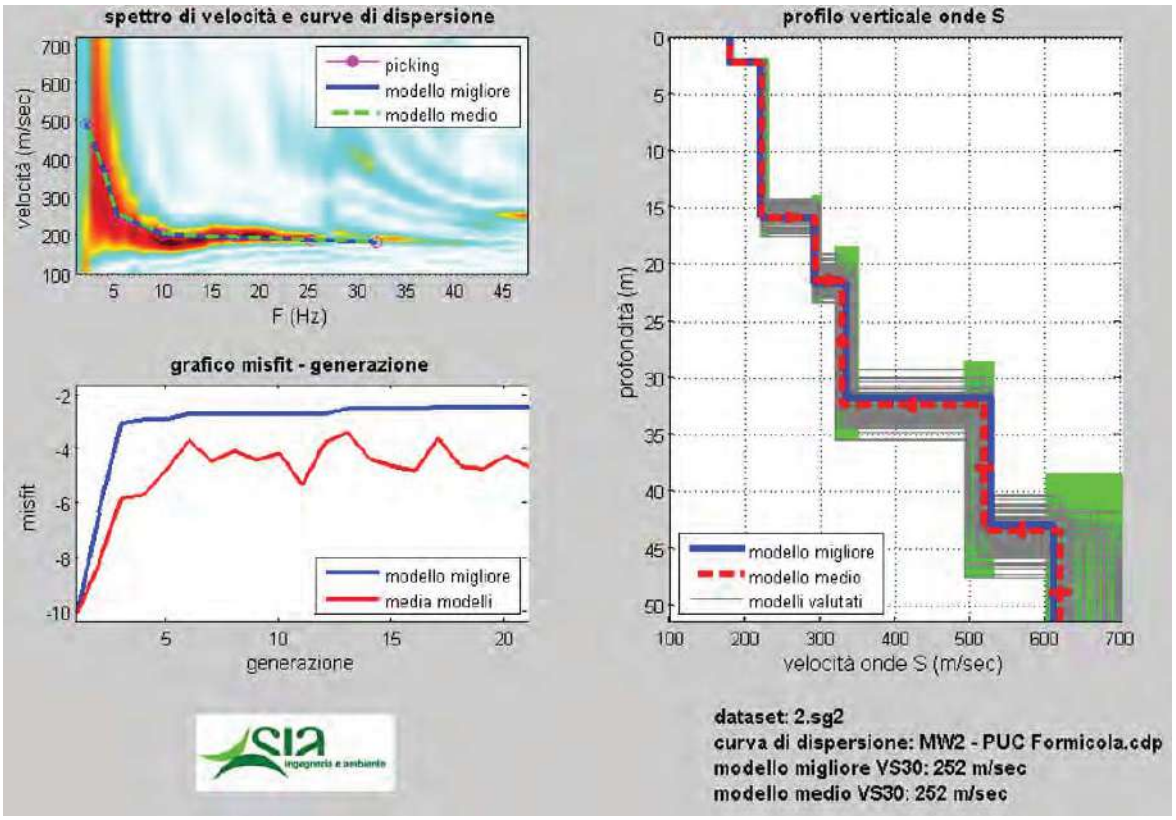


Media MW1	
Vs (m/sec)	Spessore (m)
106	1.30
227	3.00
524	4.20
643	10.90
702	10.60

Valore calcolato Vseq = Vs30 455 m/sec	
Classe del sito	***B***

4.2.3 **Prova sismica MASW 2**

Committente: Comune Formicola (CE)
Cantiere: Formicola (CE)
Data di esecuzione della prova: 24 febbraio 2022



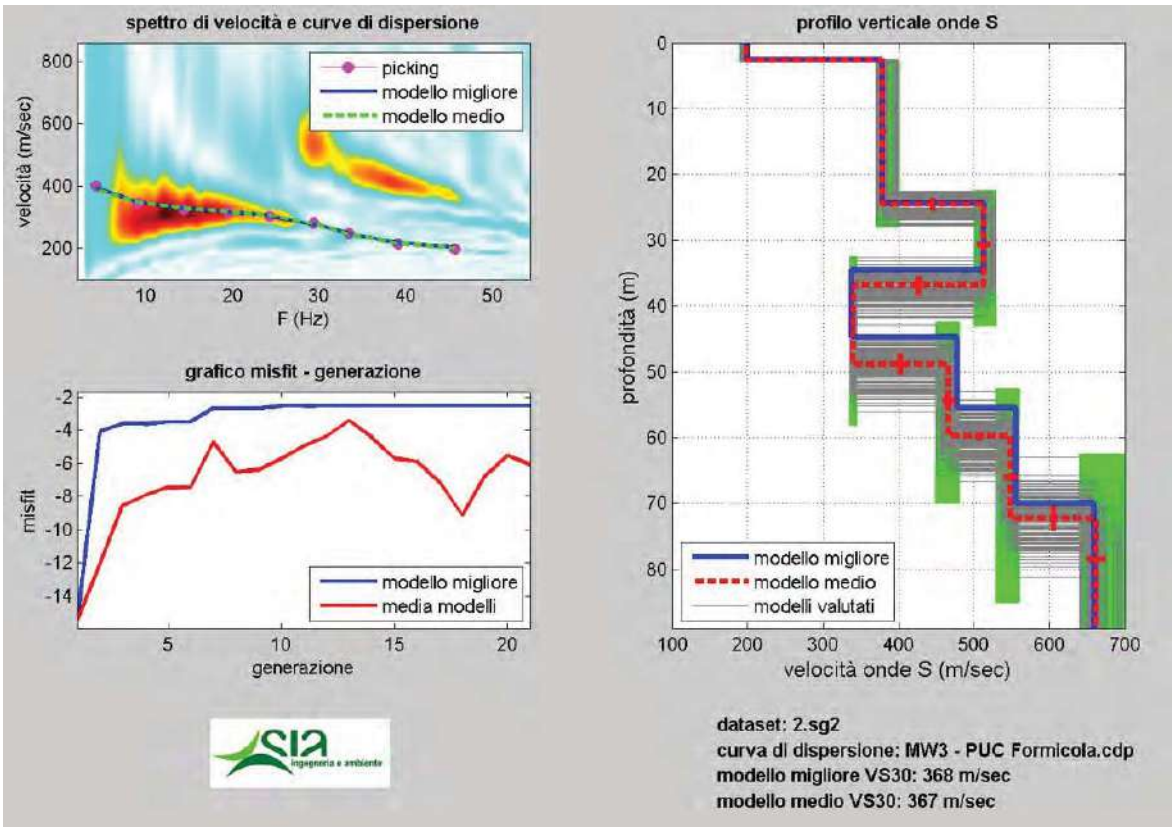


Media MW2	
Vs (m/sec)	Spessore (m)
180	2.30
222	13.60
293	5.60
329	8.50

Valore calcolato Vseq = Vs30 252 m/sec	
Classe del sito	***C***

4.2.4 **Prova sismica MASW 3**

Committente: Comune Formicola (CE)
Cantiere: Formicola (CE)
Data di esecuzione della prova: 24 febbraio 2022



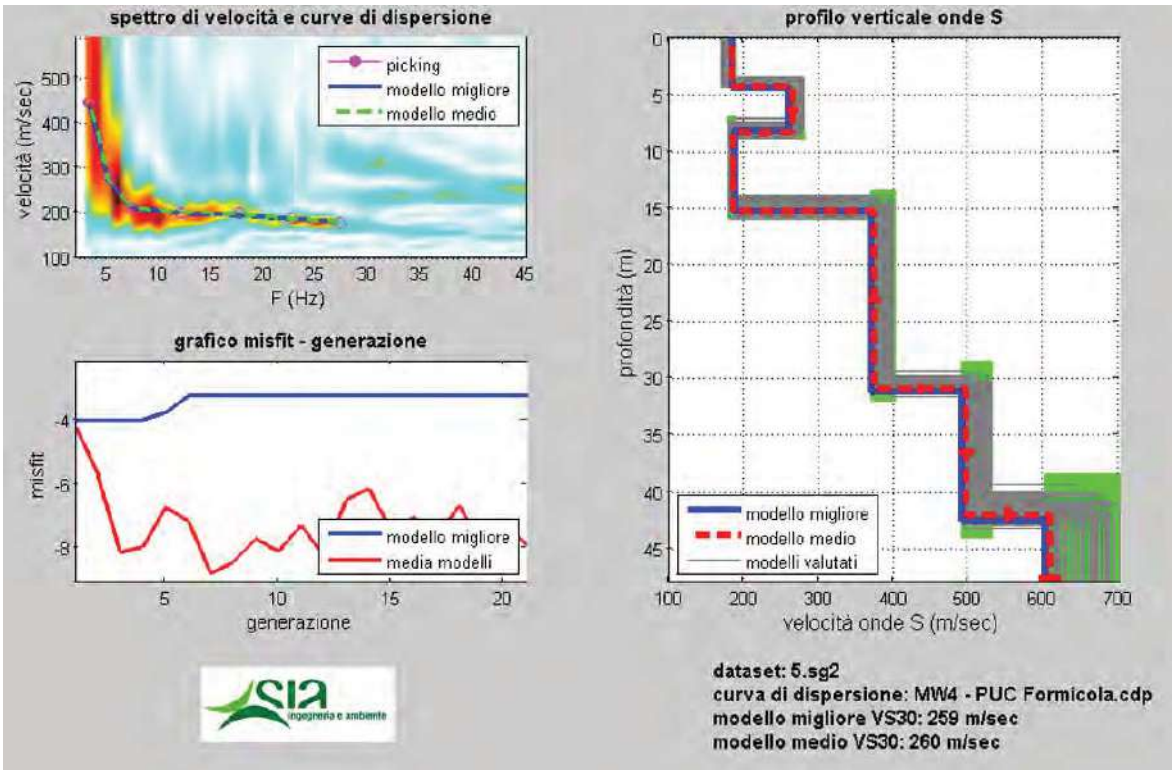


Media MW3	
Vs (m/sec)	Spessore (m)
199	2.60
379	22.00
513	5.40

Valore calcolato Vseq = Vs30 367 m/sec	
Classe del sito	***B***

4.2.5 **Prova sismica MASW 4**

Committente: Comune Formicola (CE)
Cantiere: Formicola (CE)
Data di esecuzione della prova: 24 febbraio 2022



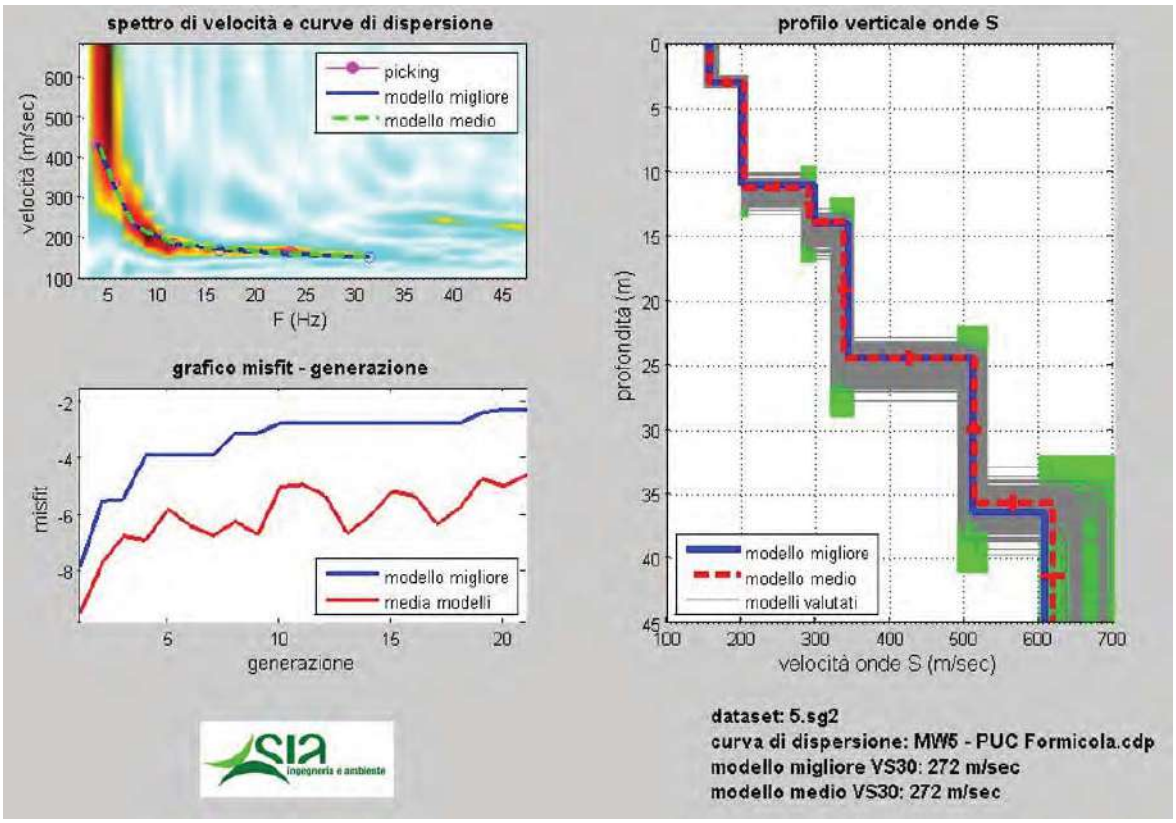


Media MW4	
Vs (m/sec)	Spessore (m)
185	4.40
265	4.00
187	6.90
374	14.70

Valore calcolato Vseq = Vs30 260 m/sec	
Classe del sito	***C***

4.2.6 **Prova sismica MASW 5**

Committente: Comune Formicola (CE)
Cantiere: località Lautoni - Formicola *(CE)*
Data di esecuzione della prova: 24 febbraio 2022



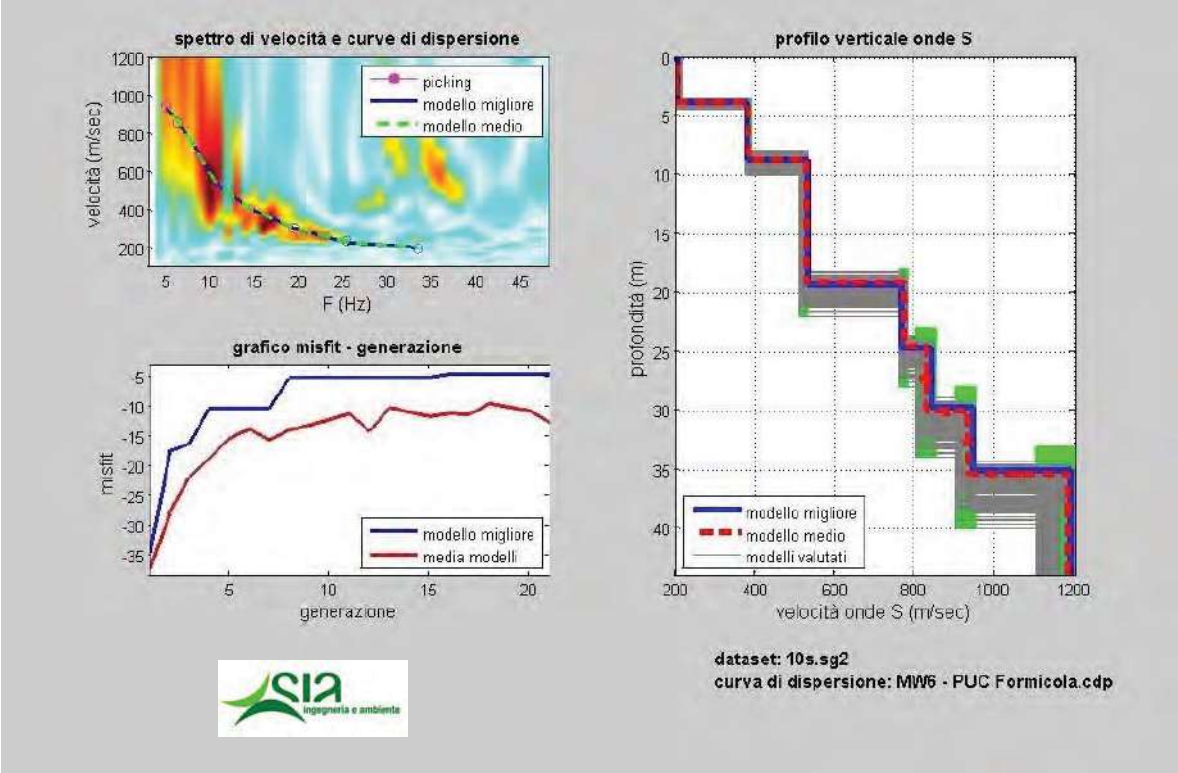


Media MW5	
Vs (m/sec)	Spessore (m)
158	3.10
204	8.10
292	2.80
338	10.50
512	5.50

Valore calcolato Vseq = Vs30 272 m/sec	
Classe del sito	***C***

4.2.7 **Prova sismica MASW 6**

Committente: Comune Formicola (CE)
Cantiere: S.P.270- Formicola (CE)
Data di esecuzione della prova: 24 febbraio 2022



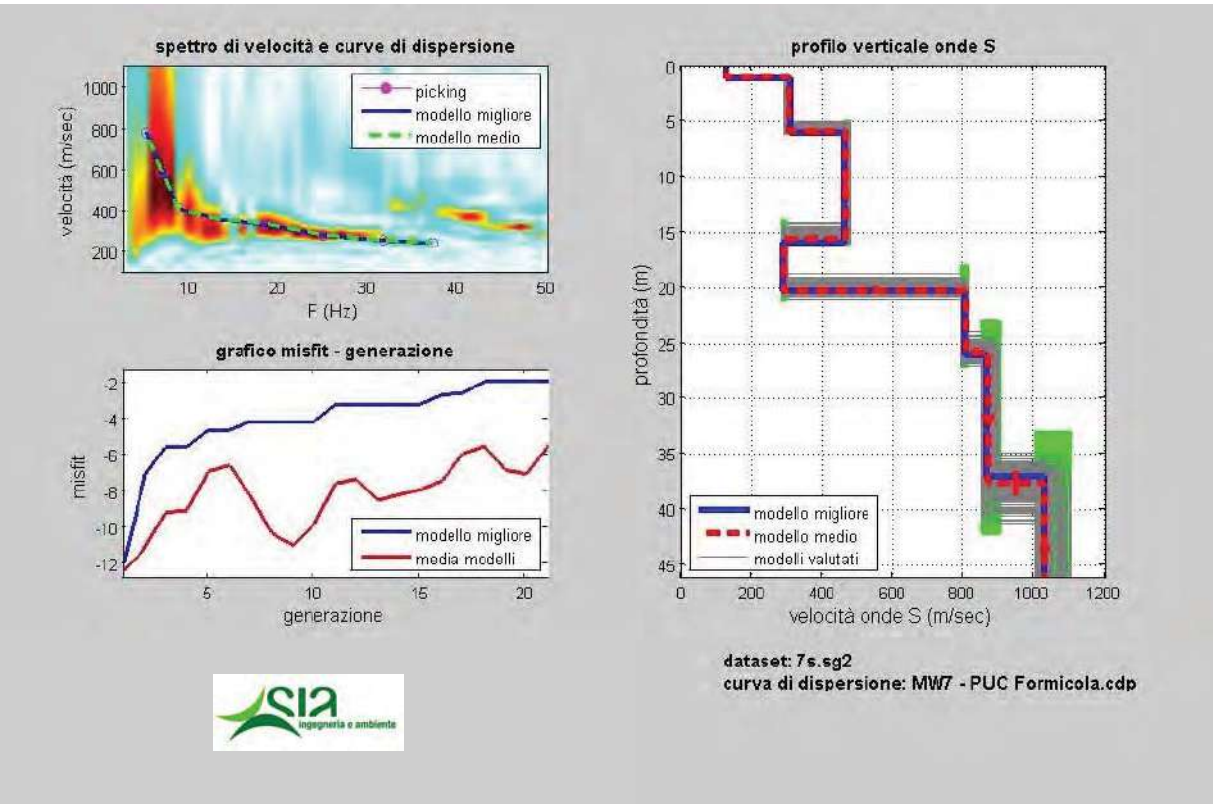


Media MW6	
Vs (m/sec)	Spessore (m)
206	3.90
382	4.80
528	10.40
770	5.40
826	> 5.00

Valore calcolato Vseq a 24.50 m 421 m/sec	
Classe del sito	***B***

4.2.8 **Prova sismica MASW 7**

Committente: Comune Formicola (CE)
Cantiere: località Fondola - Formicola (CE)
Data di esecuzione della prova: 24 febbraio 2022



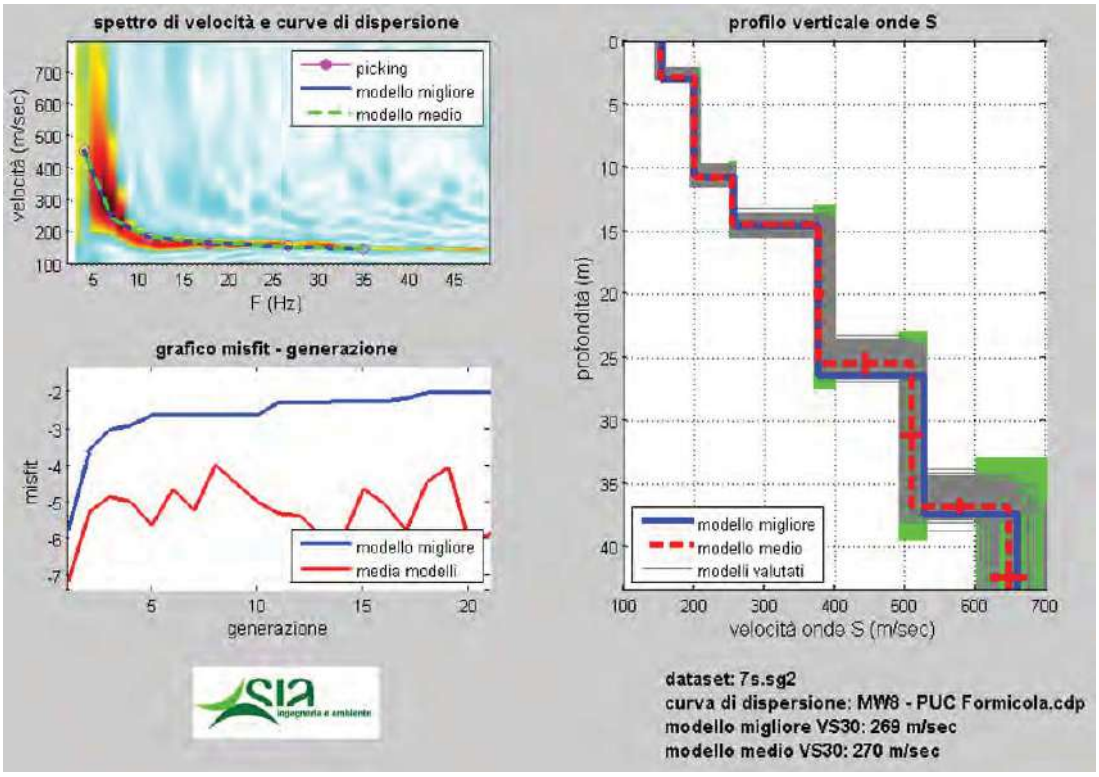


Media MW7	
Vs (m/sec)	Spessore (m)
127	1.10
306	4.90
465	9.60
293	4.70
803	> 5.00

Valore calcolato Vseq a 20.30 m 330 m/sec	
Classe del sito	***C***

4.2.9 **Prova sismica MASW 8**

Committente: Comune Formicola (CE)
Cantiere: Formicola (CE)
Data di esecuzione della prova: 24 febbraio 2022





Media MW8	
Vs (m/sec)	Spessore (m)
153	2.90
200	7.90
254	3.80
377	11.00
508	4.40

Valore calcolato Vseq = Vs30 270 m/sec	
Classe del sito	***C***

4.3 SISMICA PASSIVA DI TIPO HVSR

Per la stima del $Vs_{equivalente}$ e la determinazione dell'eventuale comportamento amplificativo del terreno, in base alla nuova normativa sismica del NTC 2018, D.M. 17 gennaio 2018, sono state eseguite n. 12 indagini di sismica passiva di tipo HVSR.

4.3.1 Descrizione del metodo HVSR

La tecnica, universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo f_0, grazie anche al lavoro di standardizzazione fatto dal gruppo di studio SESAME in origine proposta da Nogoshi e Igarashi (1971), in seguito diffusa da Nakamura (1989), consiste nella stima del rapporto fra lo spettro di ampiezza delle componenti orizzontali e quello della componente verticale dei microtremori sismici ambientali registrati da una singola stazione.

Il calcolo del rapporto H/V segue queste fasi:

1. Registrazione del segnale ambientale nelle 3 componenti;
2. Scomposizione del segnale in finestre temporali, con l'obiettivo di isolare le parti della registrazione in cui il segnale risulta maggiormente stazionario ed eliminare i rumori transitori, o transienti;
3. Calcolo e smussamento dello spettro di ampiezza ricavato tramite la trasformata di Fourier per ognuna delle finestre selezionate su tutte e tre le componenti;
4. Combinazione, con un'operazione di media, delle due componenti orizzontali per ognuna delle finestre selezionate;
5. Calcolo del rapporto H/V per ogni finestra;
6. Calcolo della media dei rapporti H/V delle singole finestre, che rappresenterà la curva H/V definitiva.

Vale la pena di aggiungere una nota breve ma fondamentale. L'apparente semplicità di un'indagine HVSR, sia in fase di acquisizione che di elaborazione dei dati, non deve far pensare che sia una misura priva di insidie. L'acquisizione è infatti un'operazione da eseguire con grande accortezza: tanto il posizionamento dello strumento che la valutazione consapevole del livello e della natura del rumore ambientale che si sta registrando sono molto importanti per la riuscita del sondaggio.

In fase di elaborazione occorre invece grande attenzione nella verifica della qualità e dell'affidabilità della curva ottenuta. Ad esempio, il fatto che i criteri SESAME, siano rispettati non implica necessariamente che il risultato sia aderente alla situazione reale, né che l'acquisizione sia stata eseguita correttamente. D'altro canto, quando i criteri non sono rispettati non si può concludere immediatamente che l'acquisizione o l'elaborazione siano errate, ma la curva ottenuta potrebbe semplicemente stare ad indicare, a titolo esemplificativo, un terreno omogeneo e compatto che non dà luogo a fenomeni di amplificazione. I criteri quindi indicano se la curva contiene o meno elementi significativi dal punto di vista geofisico, ma possono dire poco sulla sua correttezza e coerenza. Attraverso alcune metodologie (FK, SPAC) con l'impiego di opportuni algoritmi, è possibile ottenere l'inversione della curve dei rapporti H/V finalizzata alla determinazione dei profili di velocità delle onde S nel sottosuolo e quindi della Vs_{30} richiesta dalle NTC vigente.

4.3.2 Strumentazione Impiegata e procedure di analisi

La registrazioni dei microtremori presentata in questo studio è stata effettuata con il digitalizzatore SR04 GeoBox della sara electronic instruments, gestito dal modulo software LOG-MT di SEISMOWIN attraverso il quale si può trasformare un comune PC in una stazione sismica che consente, attraverso l'acquisizione del rumore sismico, di eseguire prove HVSR con calcolo della curva in tempo reale. Si tratta di un apparecchio portatile compatto di circa 155 x 140 x 110 mm e 3.10 kg di peso dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da batteria interna <1w. L'estrema portabilità dello strumento ha reso possibile la sua messa in opera nel sito in esame altrimenti, considerata la sua posizione logistica, non monitorabile con i sismografi classici.





I risultati presentati in questo lavoro sono stati ottenuti col modulo software LOG-MT di SEISMOWIN (il segnale dei velocimetri è acquisito per un tempo rispettivamente di t = 30 min e digitalizzato a 24 bit) ed elaborati mediante software GeoExplorer HVSR.

Il software, per ciascuna delle tre componenti del moto consente:

- la divisione del tracciato acquisito in finestre temporali mediante selezione manuale o automatica;
- l'esclusione opzionale dei transienti con soglia in ampiezza;
- l'inserimento/disinserimento finestre;
- il calcolo della trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;
- il calcolo dello spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
- lo smoothing dello spettro di ogni finestra secondo la funzione di lisciamento f, e calcola il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza, per ciascuna finestra.

La funzione HVSR finale è data dalle media degli HVSR di ciascuna finestra. Per produrre l'HVSR finale le componenti orizzontali (NS e EW) sono mediate tra loro con la media quadratica e vengono poi divise per la componente verticale (UP).

$$\textbf{HVSR} = \frac{\left(\sqrt{\frac{\left((Avg.Ampl.Spec.NS)^2+(Avg.Ampl.Spec.EW)^2\right)}{2}}\right)}{(Avg.Ampl.Spec.UD)}$$

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di contrasto di impedenza. Per strato si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Di seguito si riportano le risultanze scaturite dalle indagini eseguite:

4.3.3 **Prova HVSR1 - Formicola**

STATION INFORMATION:

Station code: 0989

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45 (external 4.5 Hz sensors)

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 600 Hz

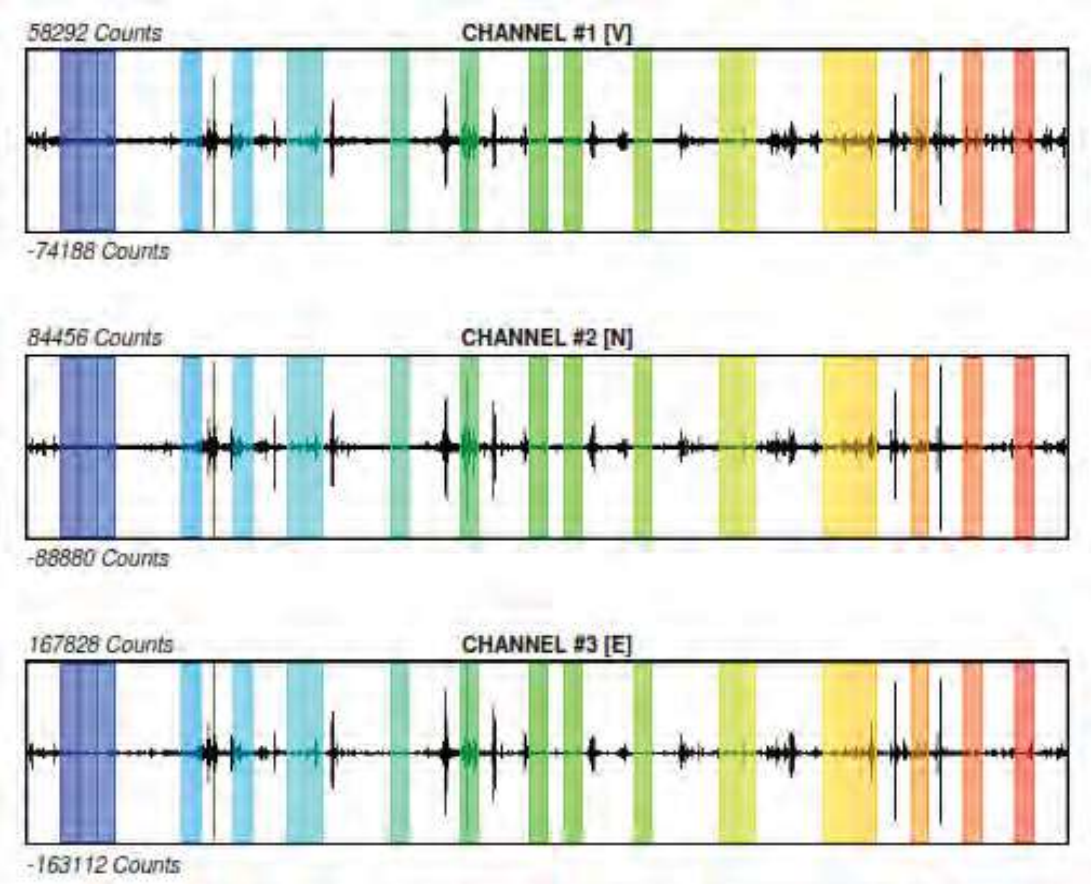
Recording start time: 2022/03/09 12:13:51

Recording length: 30 min

Windows count: 20

Average windows length: 30

Signal coverage: 33.33%



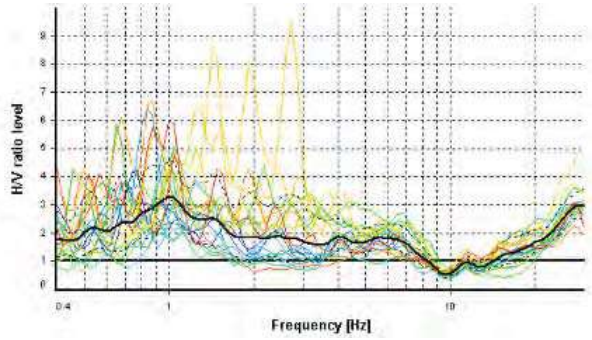
HVSR ANALYSIS

Tapering:Enabled (Bandwith = 5%)

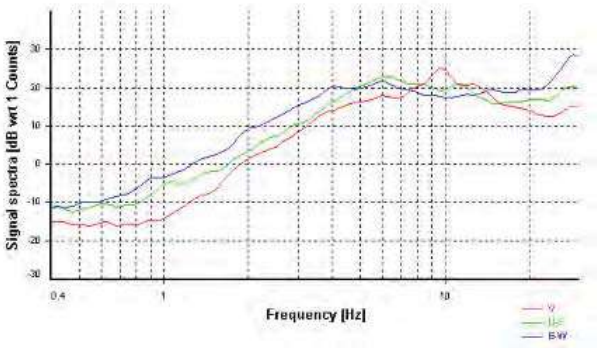
Smoothing:Konno-Ohmachi (Bandwith coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

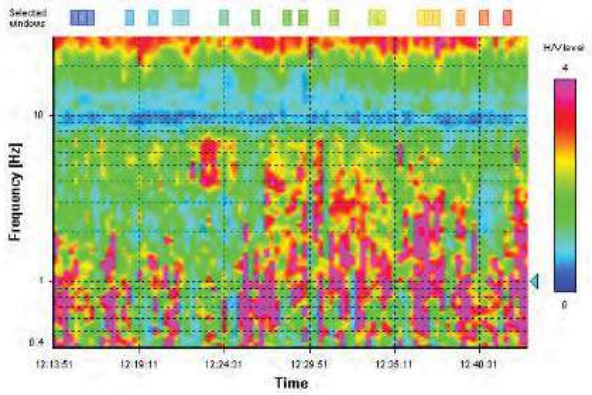
HVSR average



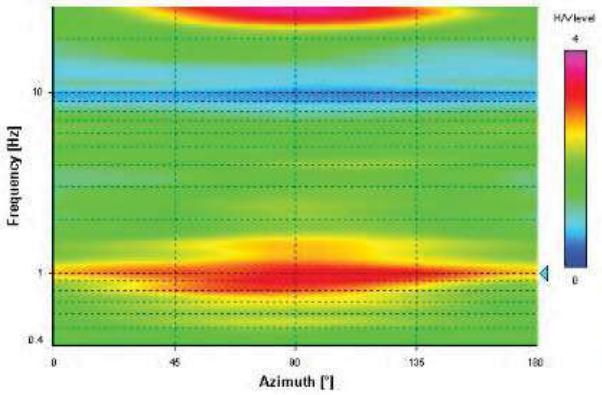
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (20 seconds windows)



HVSR directional analysis



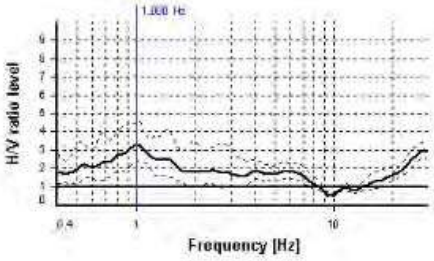
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

1.000 Hz

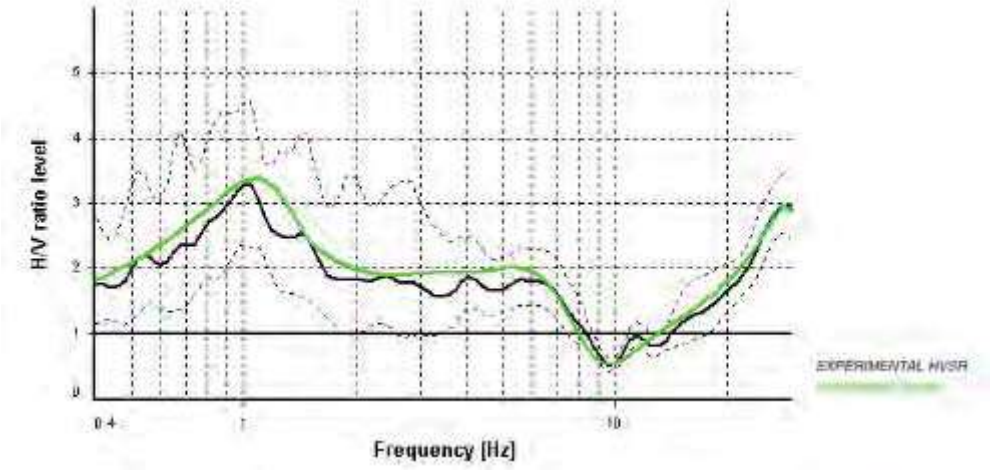
A_0 amplitude = 3.285

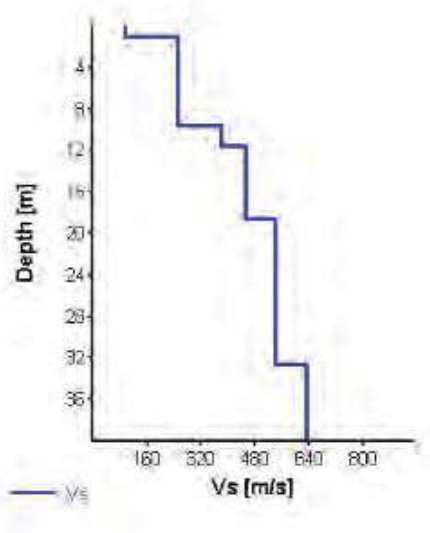
Average f_0 = 0.985 ± 0.214



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_{wa}$	20 valid windows (length > 10 s) out of 20	OK
$n_c(f_0) > 200$	599.72 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 31	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	1.28 Hz	OK
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	3.24475 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.28 > 2	OK
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	4.46% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.21385 >= 0.14993	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.38101 < 2	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling





Modello sismostratigrafico	
Spessori (m)	**Vs (m/s)**
1.10	94
8.50	250
2.00	380
7.00	450
14.00	540
7.40	630



Valore calcolato Vseq = Vs30 342 m/s	
Tipo di suolo	**C**

4.3.4 **Prova HVSR2 - Formicola**

STATION INFORMATION:

Station code: 0989

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45 (external 4.5 Hz sensors)

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 600 Hz

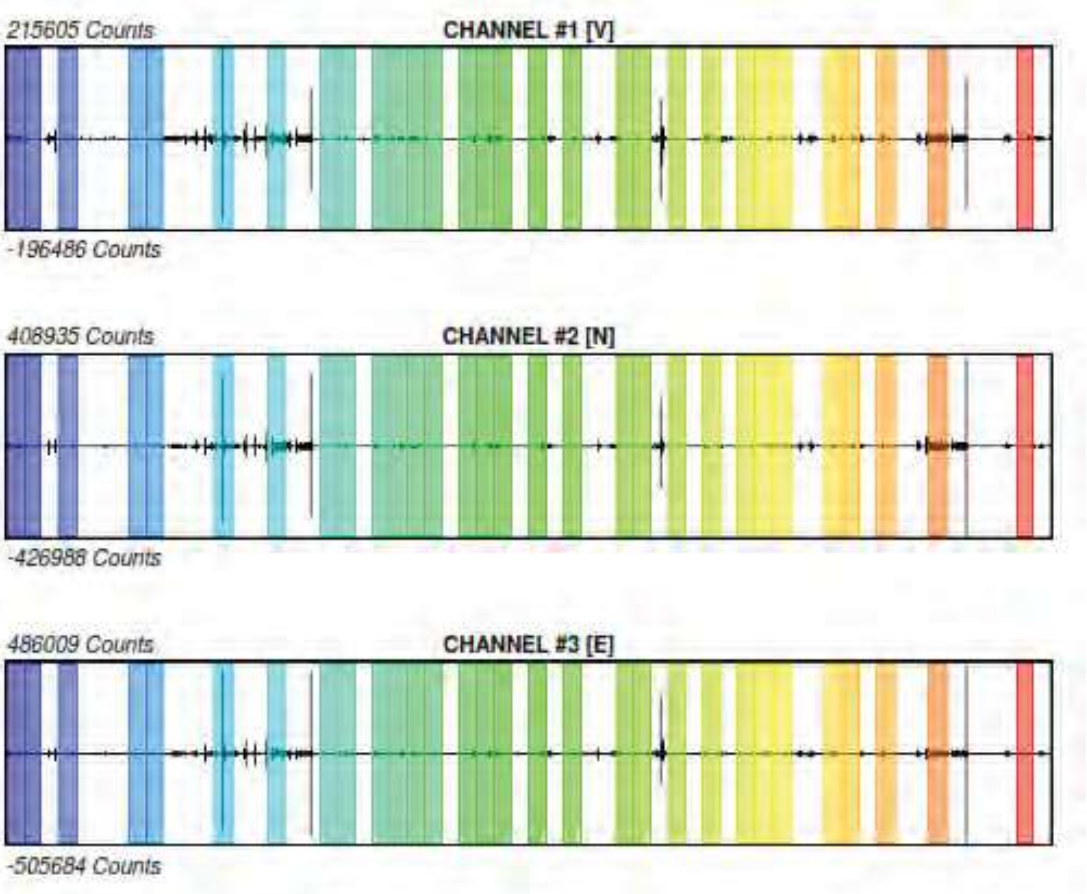
Recording start time: 2022/02/24 10:01:46

Recording length: 30 min

Windows count: 30

Average windows length: 30

Signal coverage: 50%



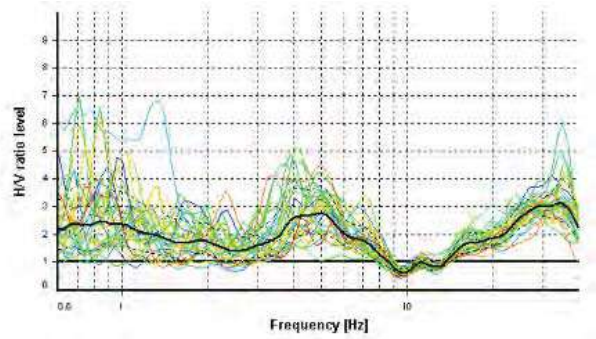
HVSR ANALYSIS

Tapering:Enabled (Bandwith = 5%)

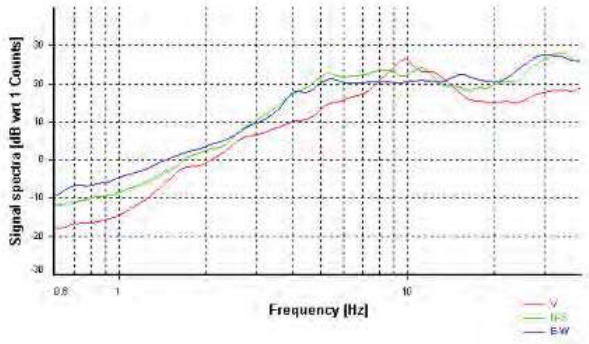
Smoothing:Konno-Ohmachi (Bandwith coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

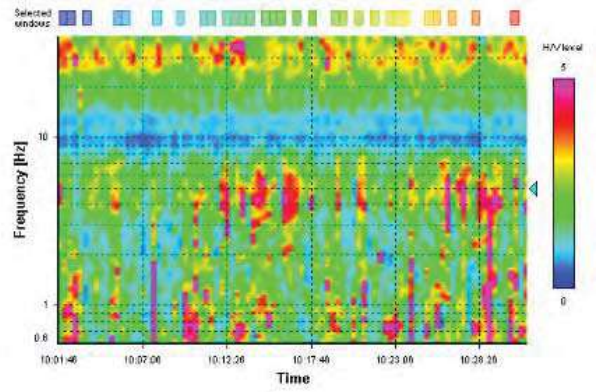
HVSR average



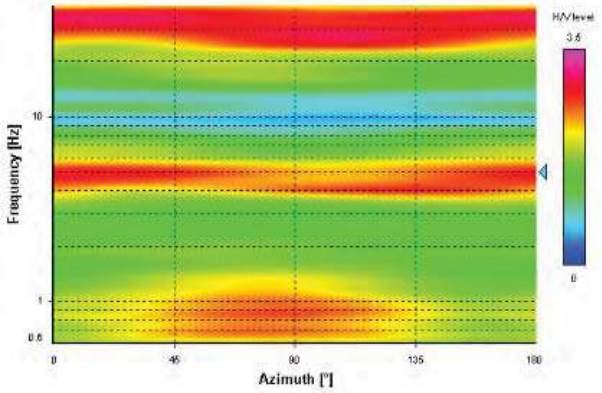
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



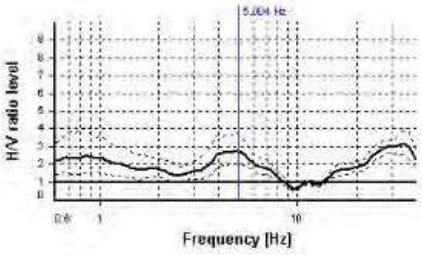
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

5.004 Hz

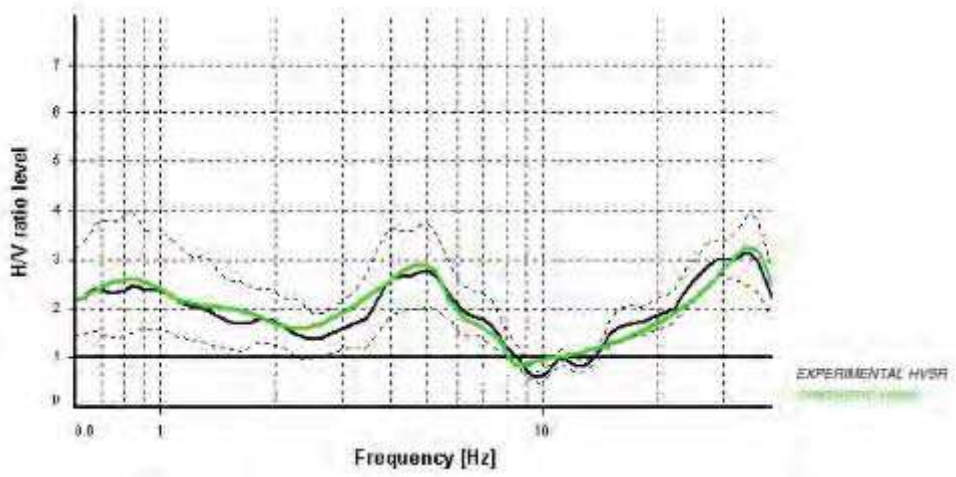
***A_0 amplitude** = 2.755*

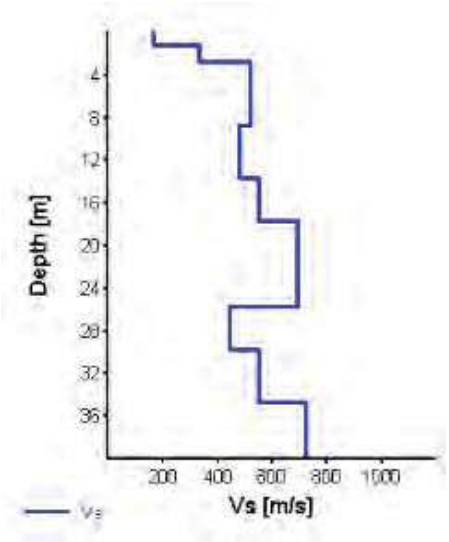
***Average f_0** = 4.514 ± 0.722*



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_{wa}$	30 valid windows (length > 2 s) out of 30	OK
$n_c(f_0) > 200$	4503.6 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 33	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	2.53831 Hz	OK
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	7.97947 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.76 > 2	OK
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.72193 >= 0.2502	ND
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.36476 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling





Modello sismostratigrafico	
Spessori (m)	**Vs (m/s)**
1.20	165
1.50	330
6.00	520
5.00	480
4.00	550
8.00	690
4.00	440
5.00	550
5.30	720



Valore calcolato Vseq = Vs30 **482 m/s**	
Tipo di suolo	**B**

4.3.5 **Prova HVSR3 - Formicola**

STATION INFORMATION:

Station code: 0989

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45 (external 4.5 Hz sensors)

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 600 Hz

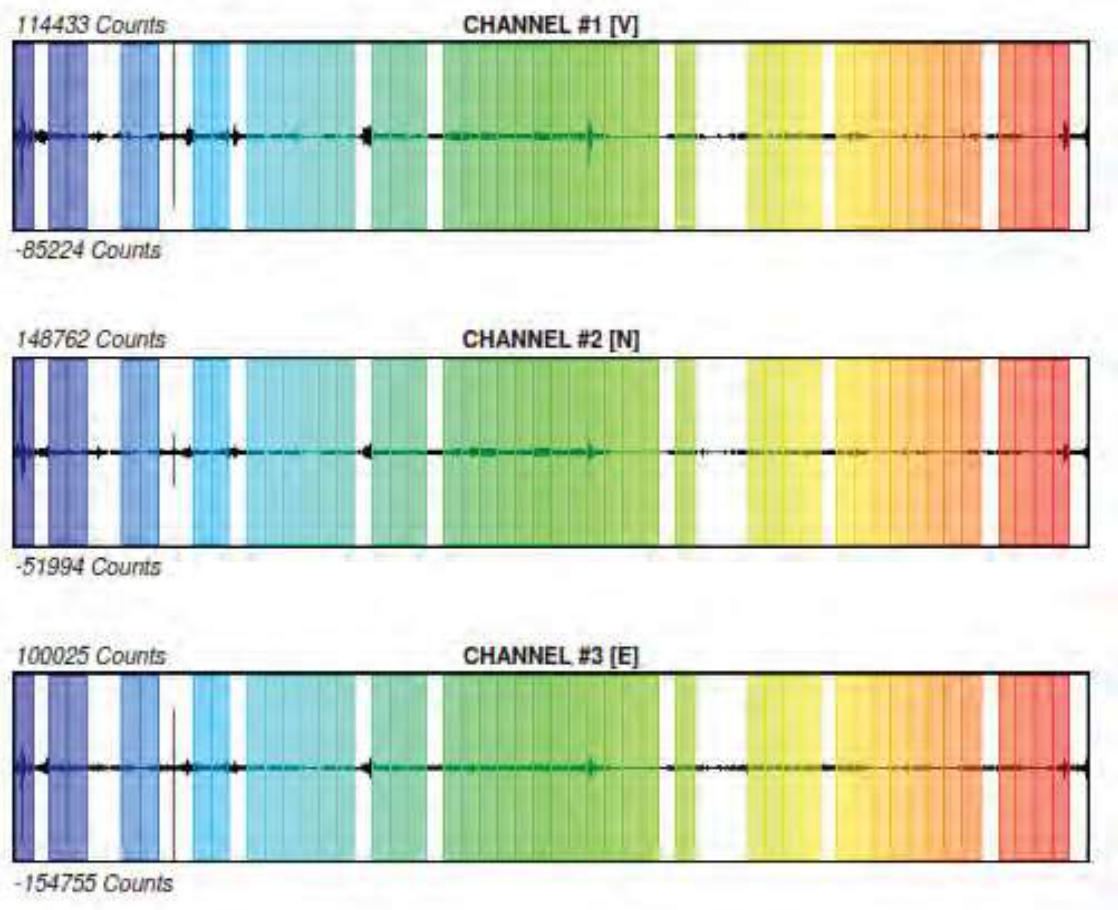
Recording start time: 2022/02/24 08:17:45

Recording length: 30 min

Windows count: 45

Average windows length: 20

Signal coverage: 75%



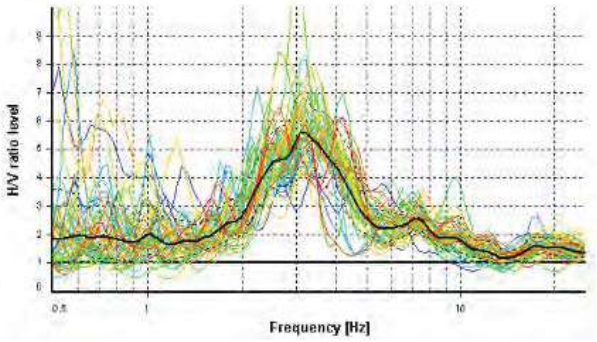
HVSR ANALYSIS

Tapering:Enabled (Bandwith = 5%)

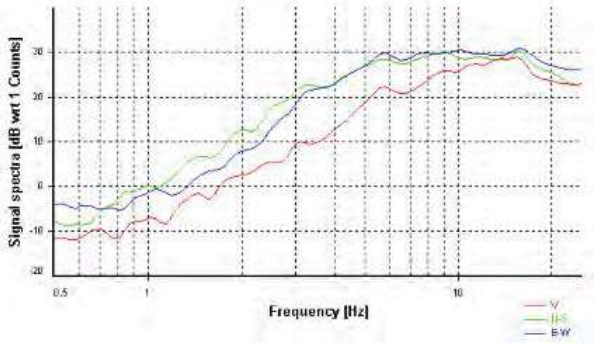
Smoothing:Konno-Ohmachi (Bandwith coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

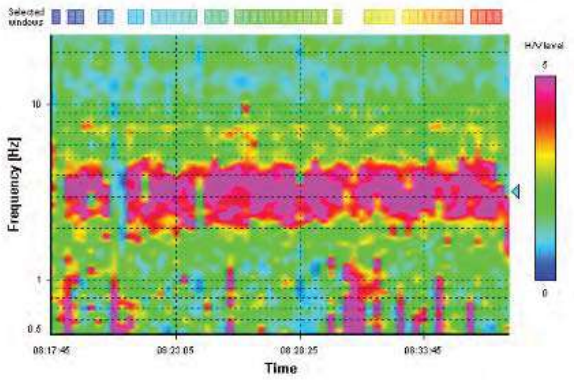
HVSR average



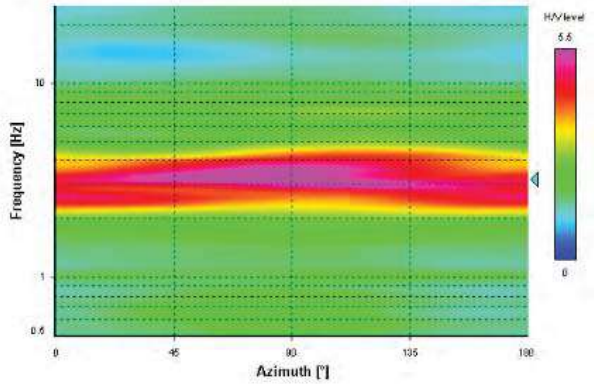
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



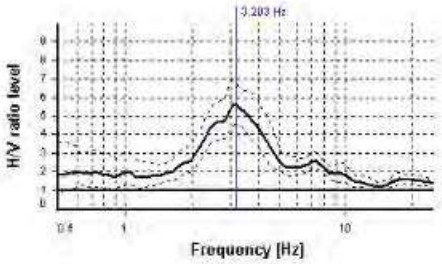
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

3.203 Hz

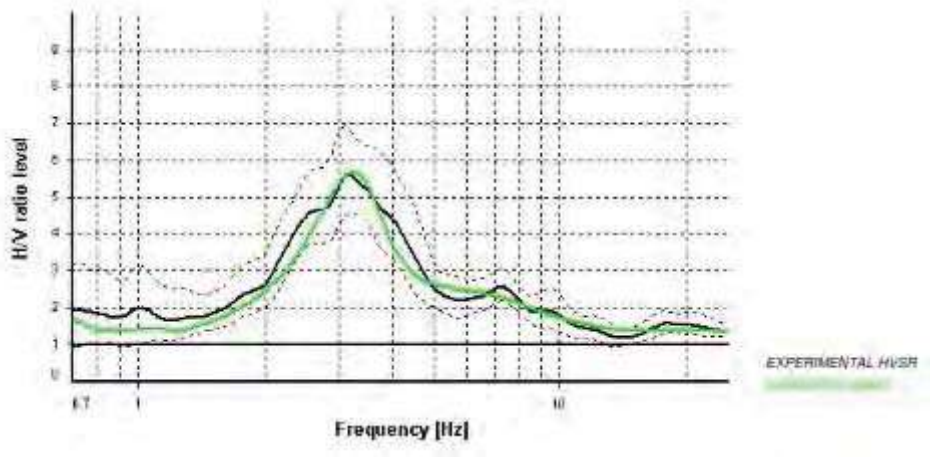
A_0 amplitude = *5.569*

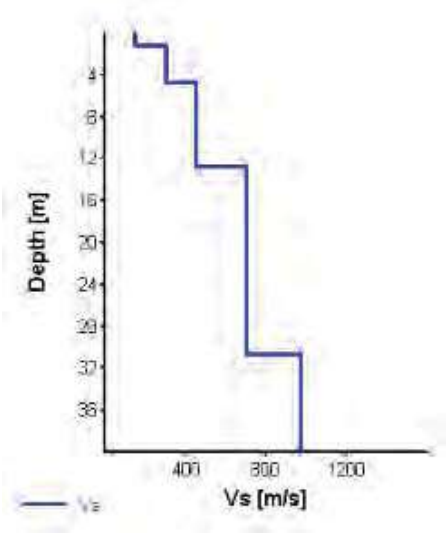
Average f_0 = *3.259 ± 0.429*



HVSR curve reliability criteria		
$f_c > 10 / L_w$	45 valid windows (length > 3.12 s) out of 45	OK
$n_c(f_0) > 200$	2882.67 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 35	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f^-$ in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.9935 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	4.94682 Hz	OK
$A_0 > 2$	5.57 > 2	OK
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.87% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.42903 >= 0.16015	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.20768 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling





Modello sismostratigrafico	
Spessori (m)	**Vs (m/s)**
1.20	140
3.50	300
8.00	450
18.00	695
9.30	> 800



Valore calcolato Vseq = Vs30 477 m/s	
Tipo di suolo	**B**

4.3.6 **Prova HVSR4 - Formicola**

STATION INFORMATION:

Station code: 0989

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45 (external 4.5 Hz sensors)

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 600 Hz

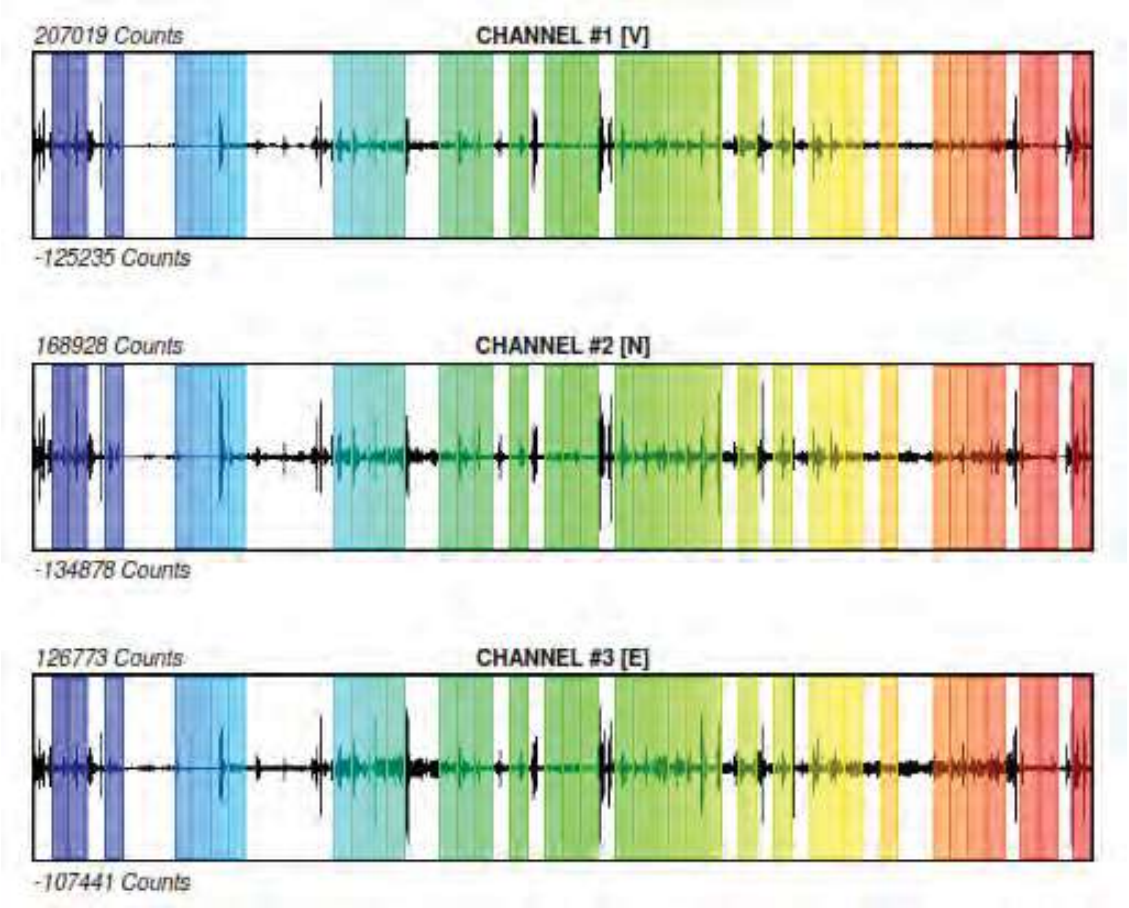
Recording start time: 2022/02/24 11:06:13

Recording length: 30 min

Windows count: 37

Average windows length: 30

Signal coverage: 61.67%



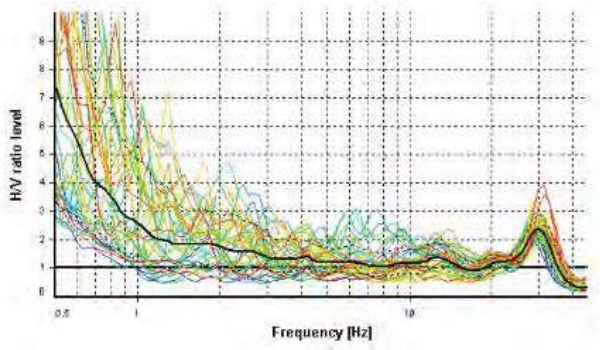
HVSR ANALYSIS

Tapering:Enabled (Bandwith = 5%)

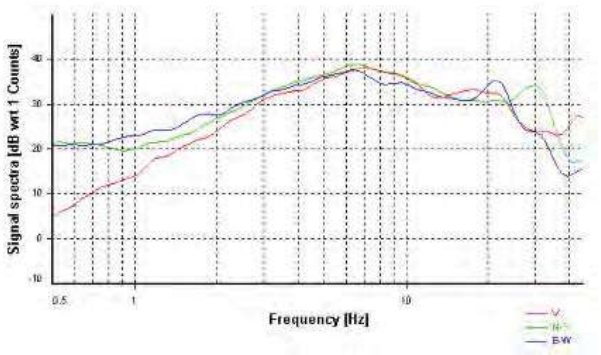
Smoothing:Konno-Ohmachi (Bandwith coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

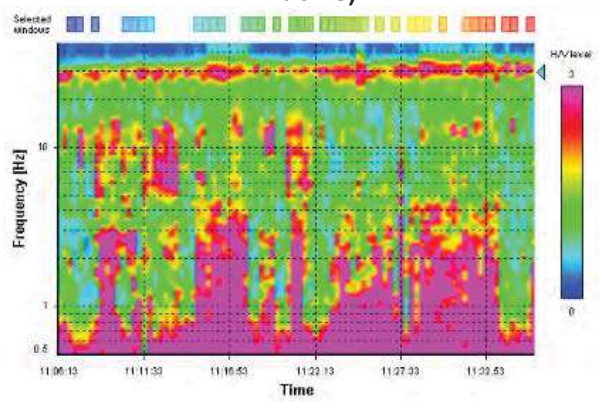
HVSR average



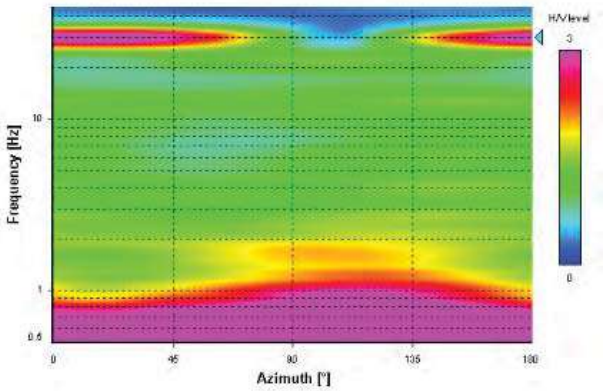
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



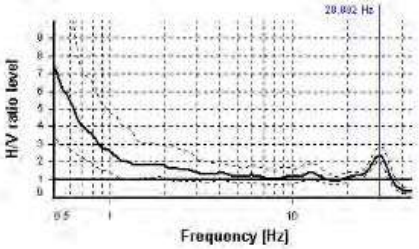
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

29.892 Hz

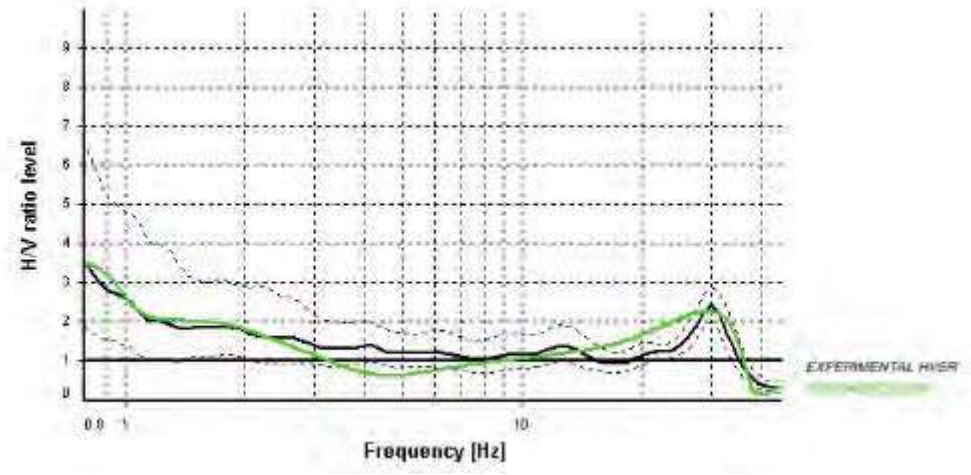
A_0 amplitude = 2.406

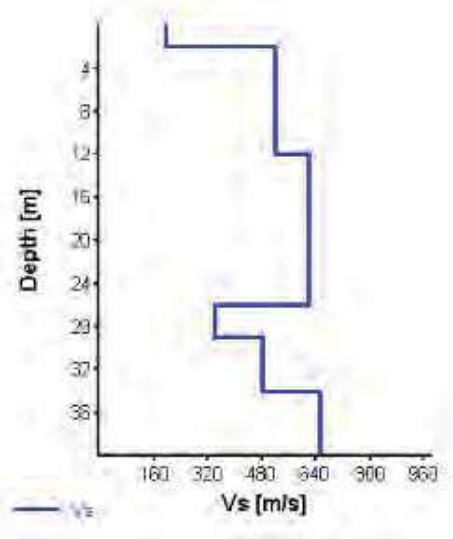
Average f_0 = 29.806 ± 1.196



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	37 valid windows (length > 0.33 s) out of 37	OK
$n_c(f_0) > 200$	33180.05 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	20.77952 Hz	OK
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	35.852 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.41 > 2	OK
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.19765 < 1.4946	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.19176 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling





Modello sismostratigrafico	
Spessori (m)	**Vs (m/s)**
2.00	195
10.00	520
14.00	620
3.00	340
5.00	480
6.00	650



Valore calcolato Vseq = Vs30 476 m/s	
Tipo di suolo	**B**

4.3.7 **Prova HVSR5 - Formicola**

STATION INFORMATION:

Station code: 0989

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45 (external 4.5 Hz sensors)

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 600 Hz

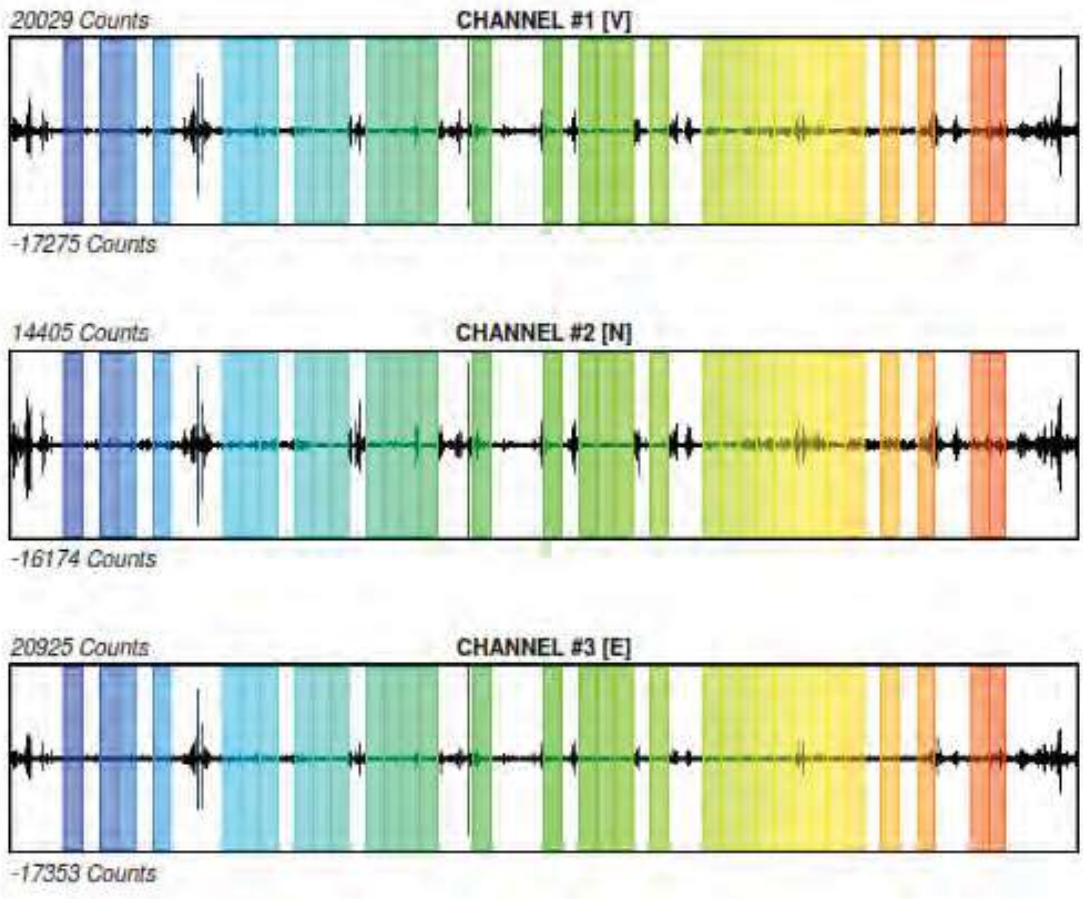
Recording start time: 2022/02/24 16:17:32

Recording length: 30 min

Windows count: 33

Average windows length: 30

Signal coverage: 55%



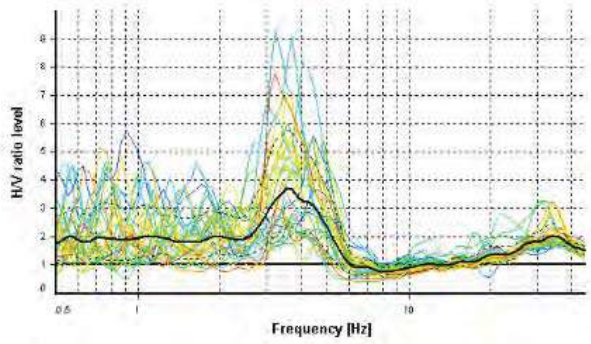
HVSR ANALYSIS

Tapering:Enabled (Bandwith = 5%)

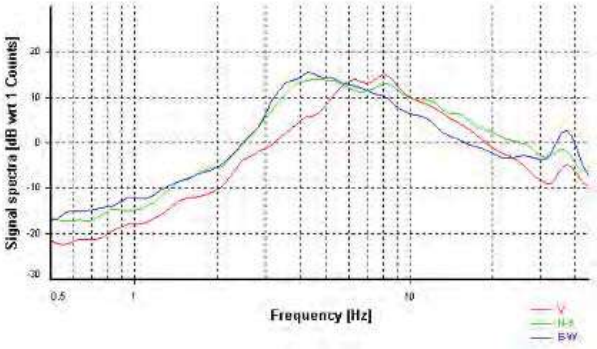
Smoothing:Konno-Ohmachi (Bandwith coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

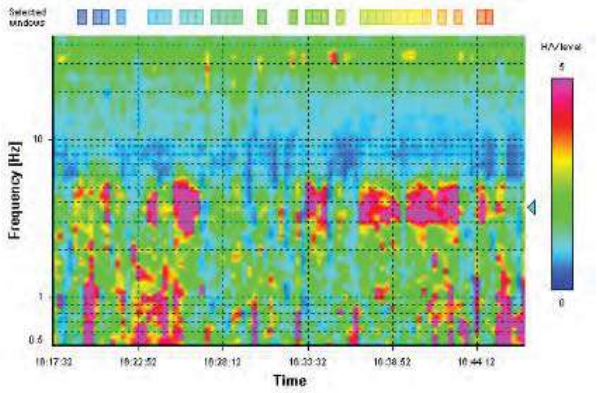
HVSR average



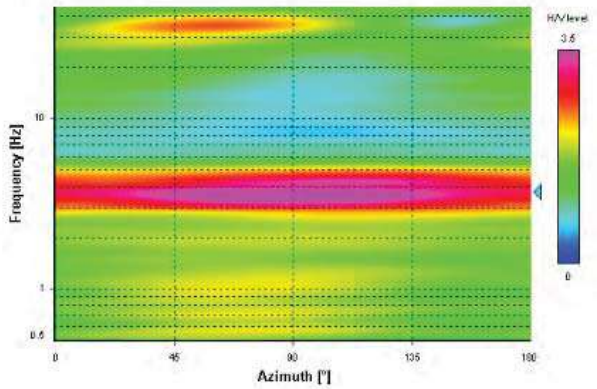
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



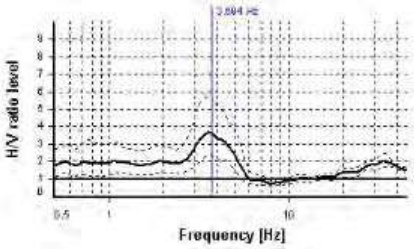
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

3.694 Hz

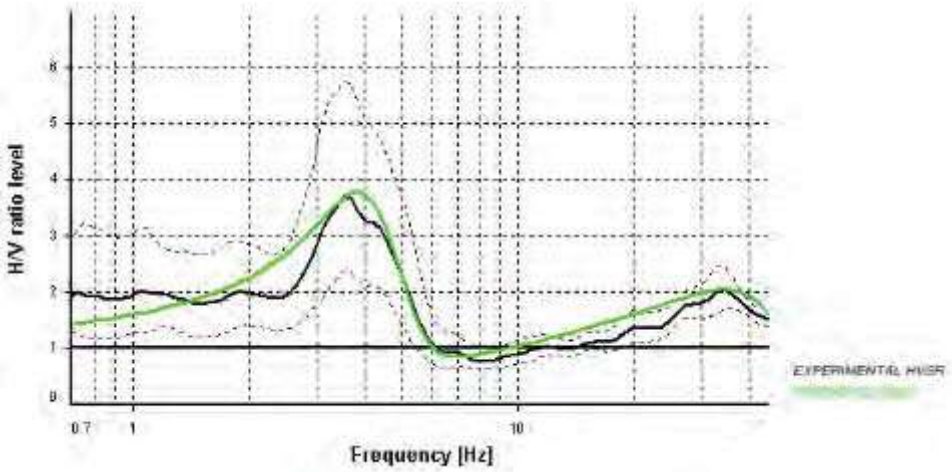
A_0 amplitude = 3.659

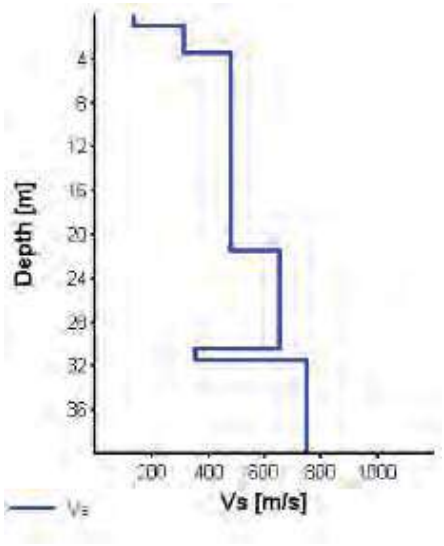
Average f_0 = 3.679 ± 0.516



HVSR curve reliability criteria		
$f_c > 10 / L_{w}$	33 valid windows (length > 2.71 s) out of 33	OK
$n_c(f_0) > 200$	3657.27 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 31	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f^-$ in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.63007 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	5.56136 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.66 > 2	OK
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	4.44% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.51592 >= 0.18471	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.56504 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling





Modello sismostratigrafico	
Spessori (m)	**Vs (m/s)**
0.90	134
2.50	310
18.00	480
9.00	650
1.00	350
8.60	750



Valore calcolato Vseq = Vs30 458 m/s	
Tipo di suolo	**B**

4.3.8 **Prova HVSR6 - Formicola**

STATION INFORMATION:

Station code: 0989

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45 (external 4.5 Hz sensors)

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 600 Hz

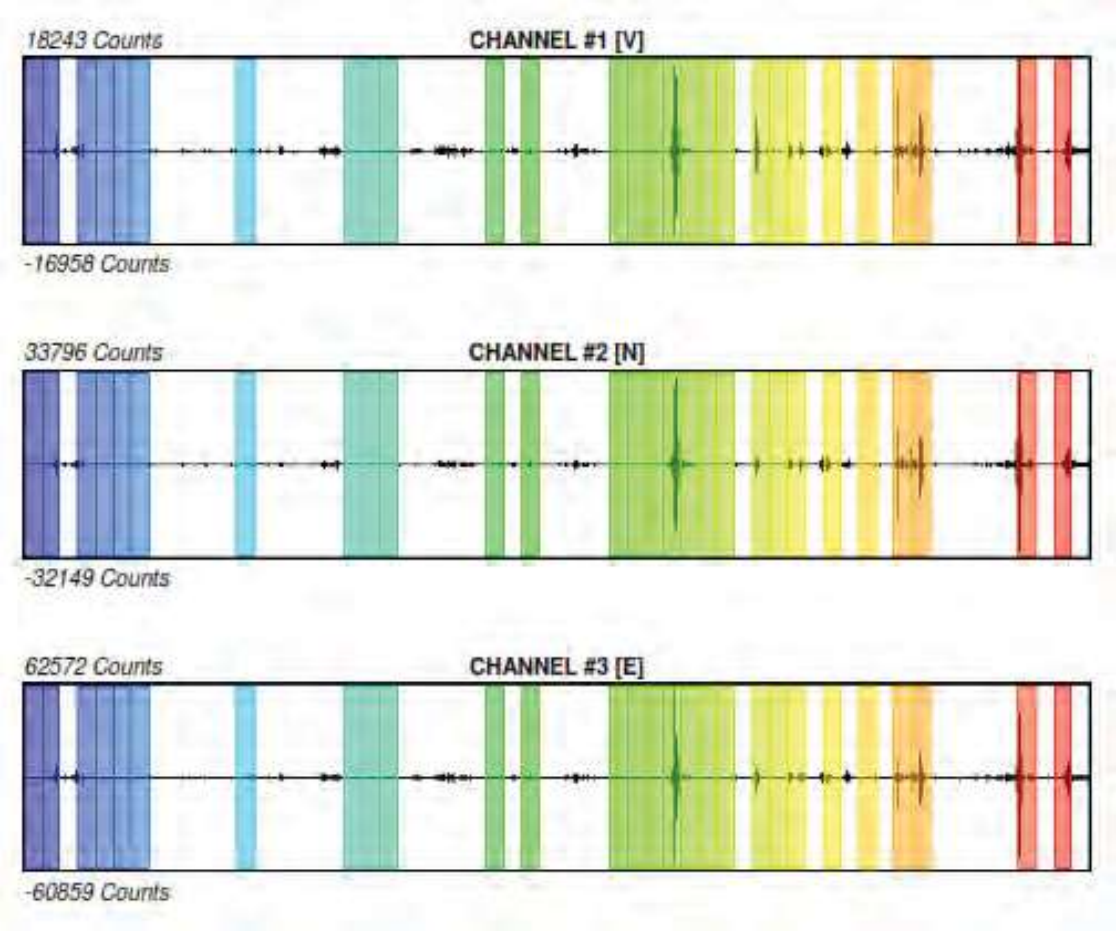
Recording start time: 2022/02/24 12:49:58

Recording length: 30 min

Windows count: 28

Average windows length: 30

Signal coverage: 46.67%



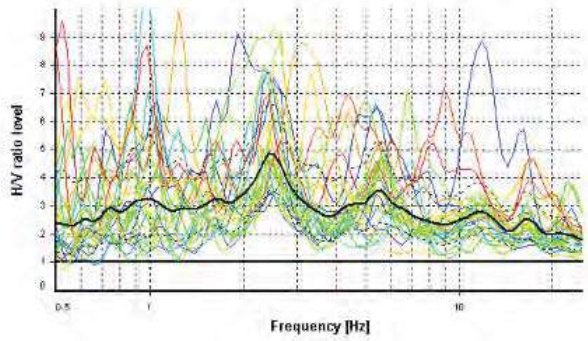
HVSR ANALYSIS

Tapering:Enabled (Bandwith = 5%)

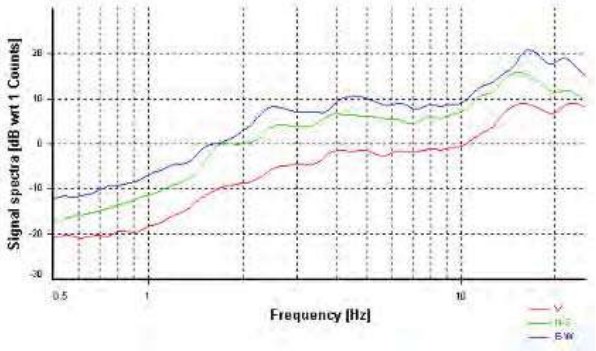
Smoothing:Konno-Ohmachi (Bandwith coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

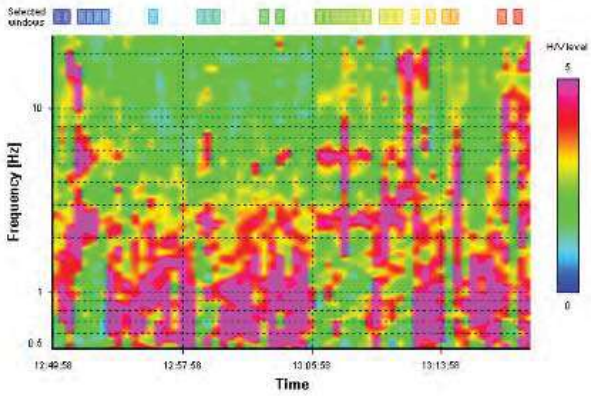
HVSR average



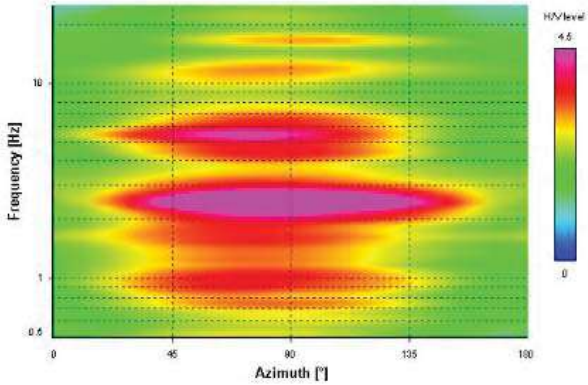
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



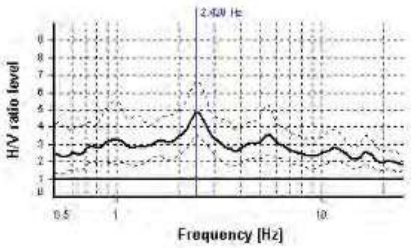
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

2.429 Hz

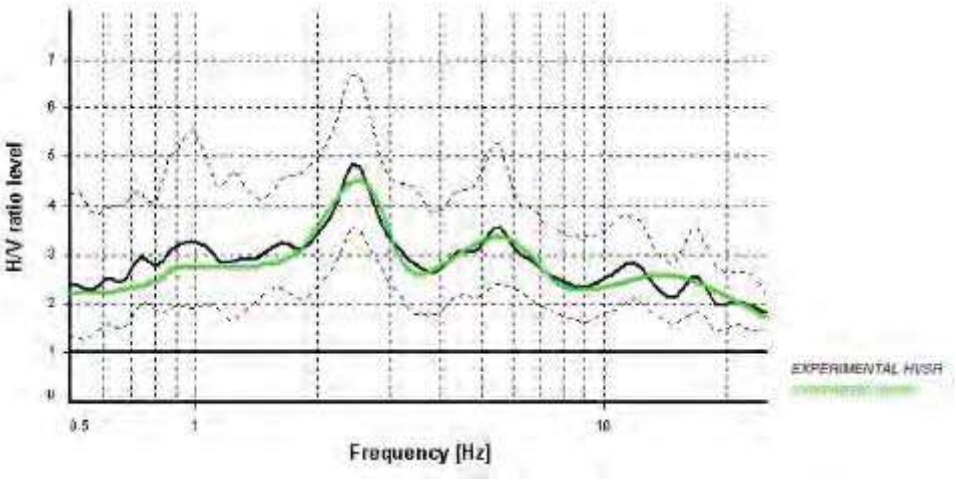
A_0 amplitude = 4.860

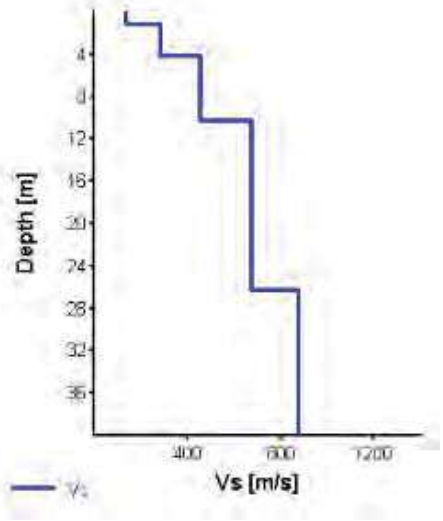
Average f_0 = 2.530 ± 0.411



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	28 valid windows (length > 4.12 s) out of 28	OK
$n_c(f_0) > 200$	2040.34 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 35	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f^-$ in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0$	0.65932 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0$	8.26843 Hz	OK
$A_0 > 2$	4.86 > 2	OK
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.41075 >= 0.12145	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.3652 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling





Modello sismostratigrafico	
Spessori (m)	**Vs (m/s)**
1.20	131
3.00	280
6.00	450
16.00	670
13.80	> 800



Valore calcolato Vseq a 26.20 m 459 m/s	
Tipo di suolo	**B**

4.3.9 **Prova HVSR7 - Formicola**

STATION INFORMATION:

Station code: 0989

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45 (external 4.5 Hz sensors)

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 600 Hz

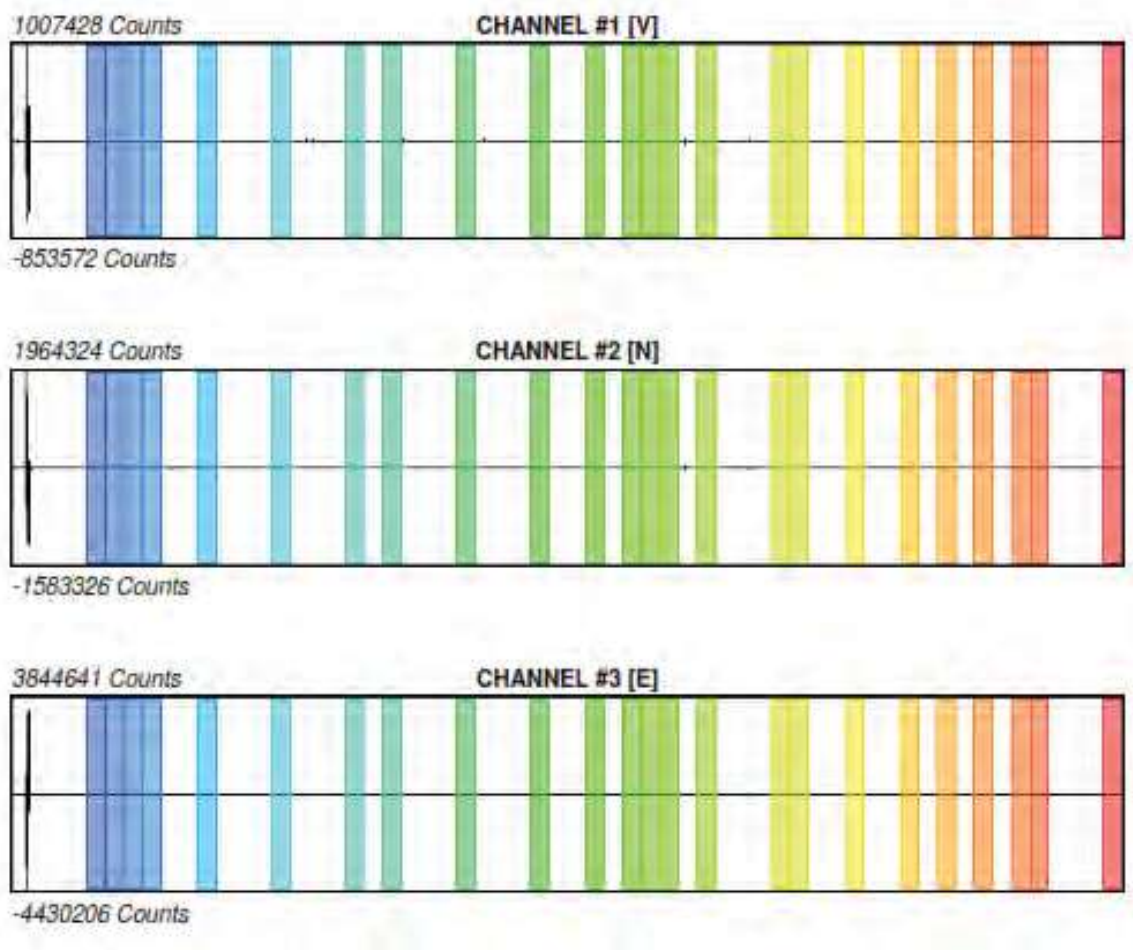
Recording start time: 2022/02/24 15:32:26

Recording length: 30 min

Windows count: 24

Average windows length: 30

Signal coverage: 40%



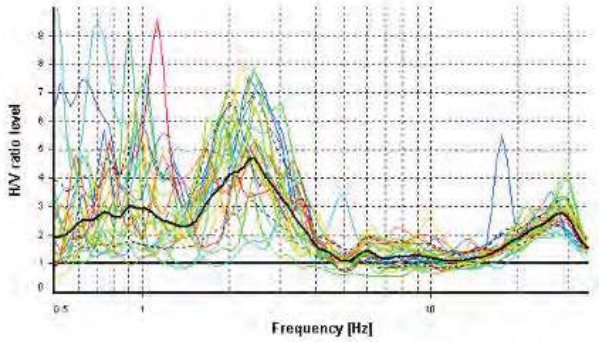
HVSR ANALYSIS

Tapering:Enabled (Bandwith = 5%)

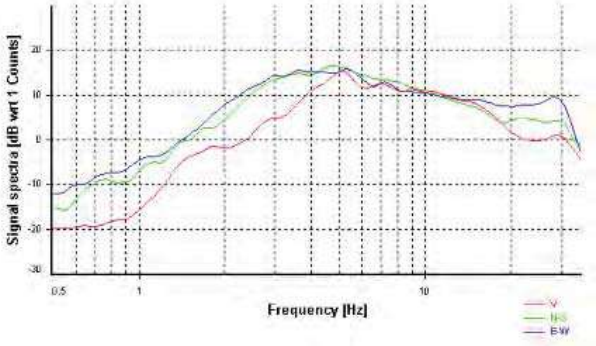
Smoothing:Konno-Ohmachi (Bandwith coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

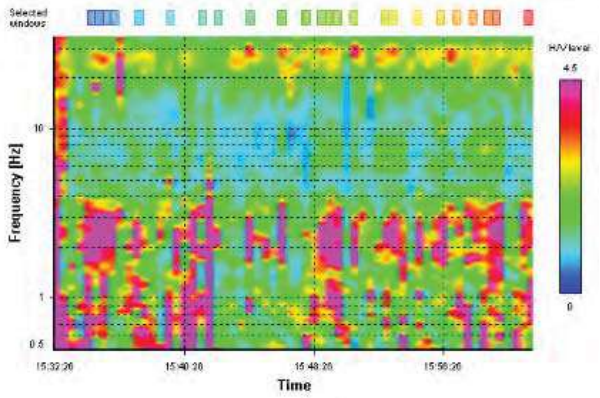
HVSR average



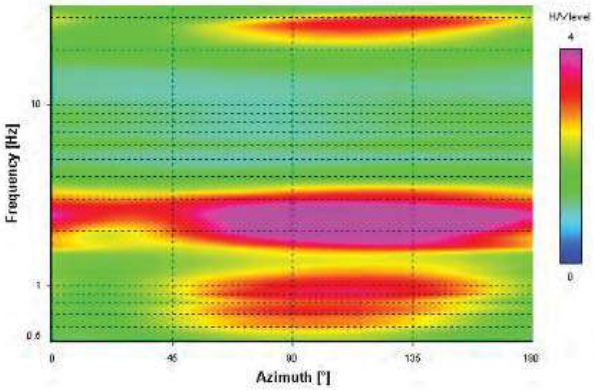
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



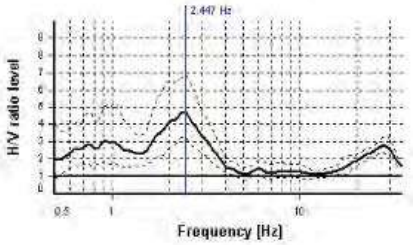
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

2.447 Hz

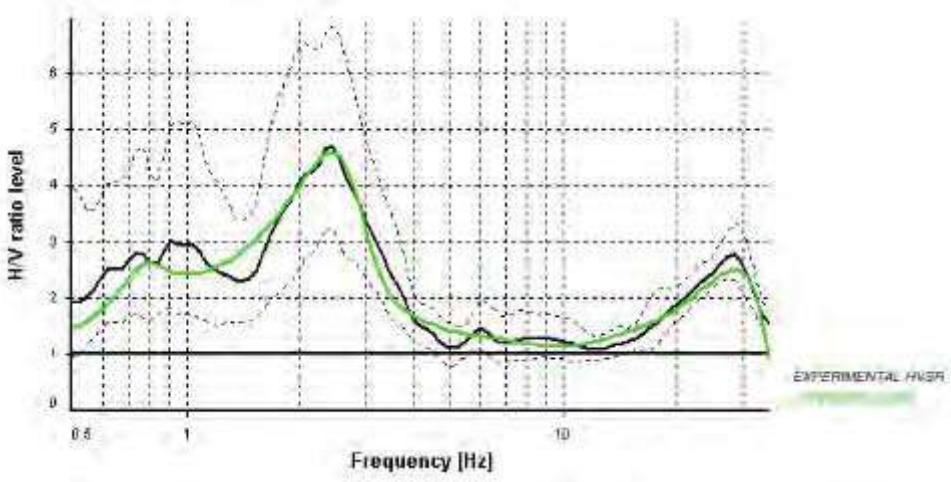
A_0 amplitude = 4.713

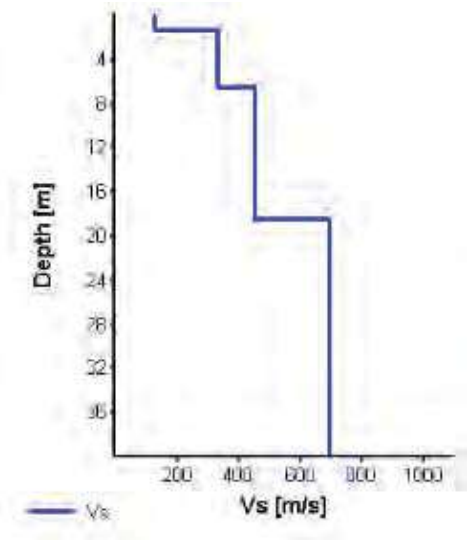
Average f_0 = 2.260 ± 0.337



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	24 valid windows (length > 4.09 s) out of 24	OK
$n_c(f_0) > 200$	1761.51 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 33	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0$	1.46185 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	3.59988 Hz	OK
$A_0 > 2$	4.71 > 2	OK
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.33678 >= 0.12233	ND
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.45787 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling





Modello sismostratigrafico	
Spessori (m)	**Vs (m/s)**
1.35	127
5.10	330
12.00	450
21.60	695



Valore calcolato Vseq = Vs30 432 m/s	
Tipo di suolo	**B**

4.3.10 **Prova HVSR8 - Formicola**

STATION INFORMATION:

Station code: 0989

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45 (external 4.5 Hz sensors)

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 600 Hz

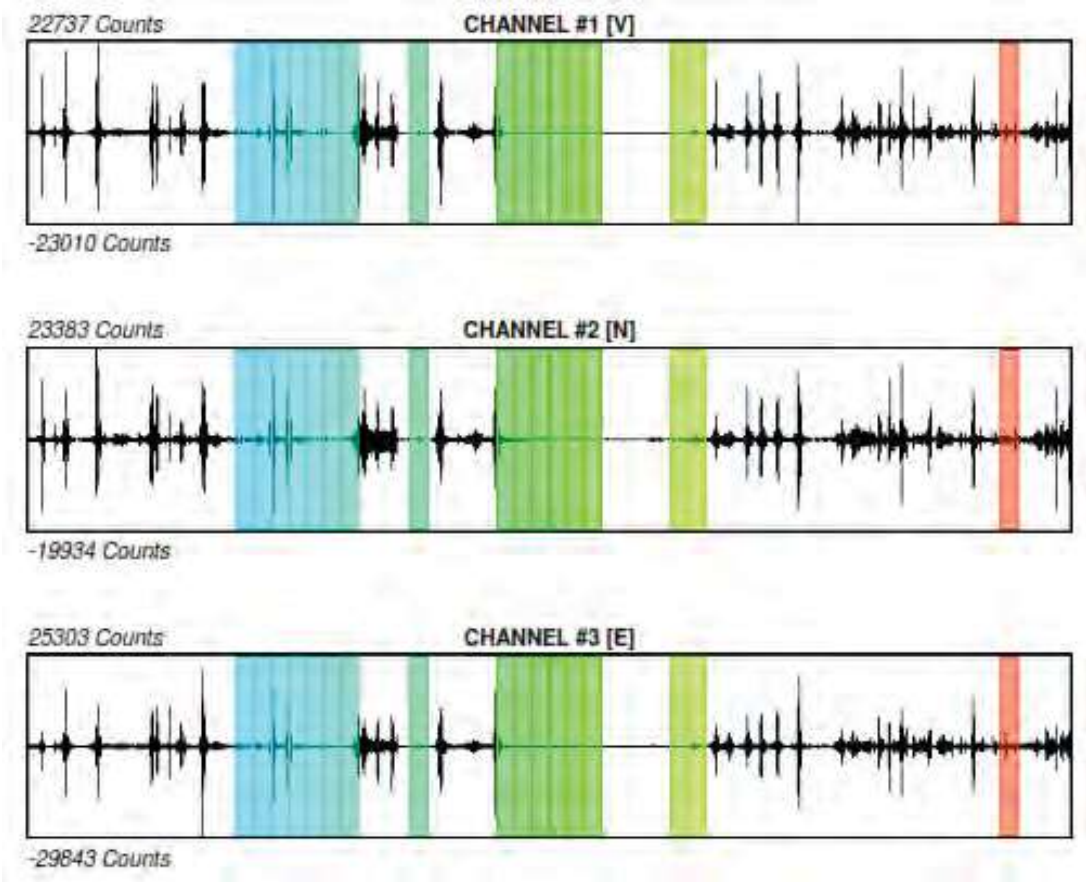
Recording start time: 2022/02/24 17:05:38

Recording length: 30 min

Windows count: 17

Average windows length: 30

Signal coverage: 28.33%



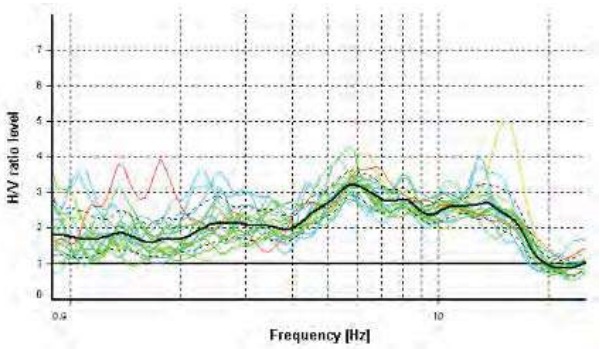
HVSR ANALYSIS

Tapering:Enabled (Bandwith = 5%)

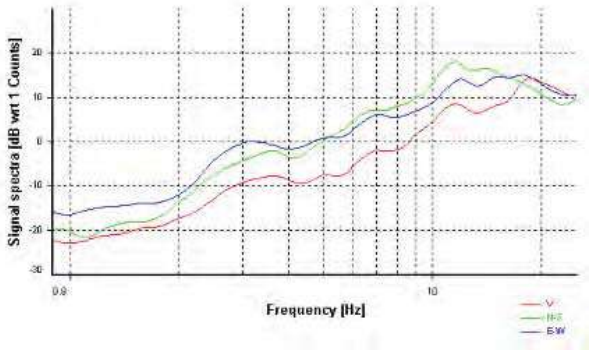
Smoothing:Konno-Ohmachi (Bandwith coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

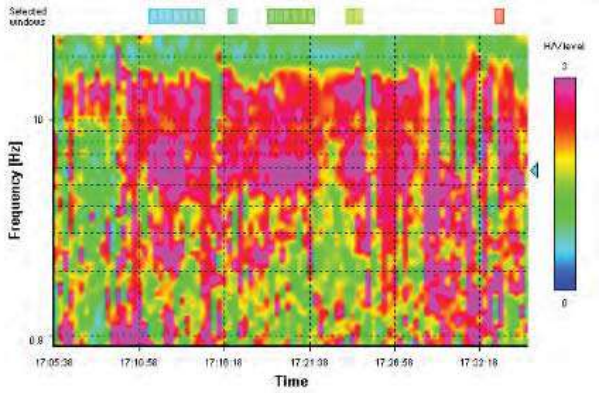
HVSR average



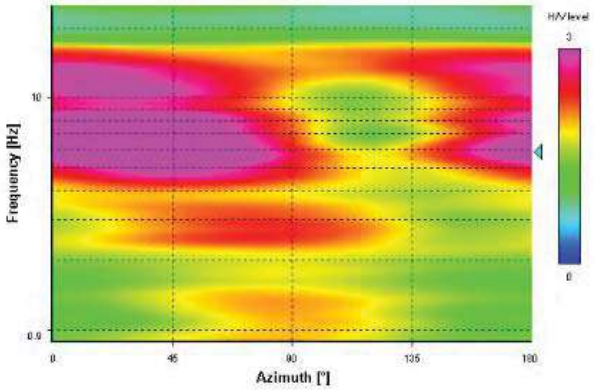
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



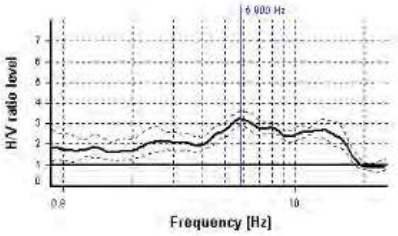
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

5.900 Hz

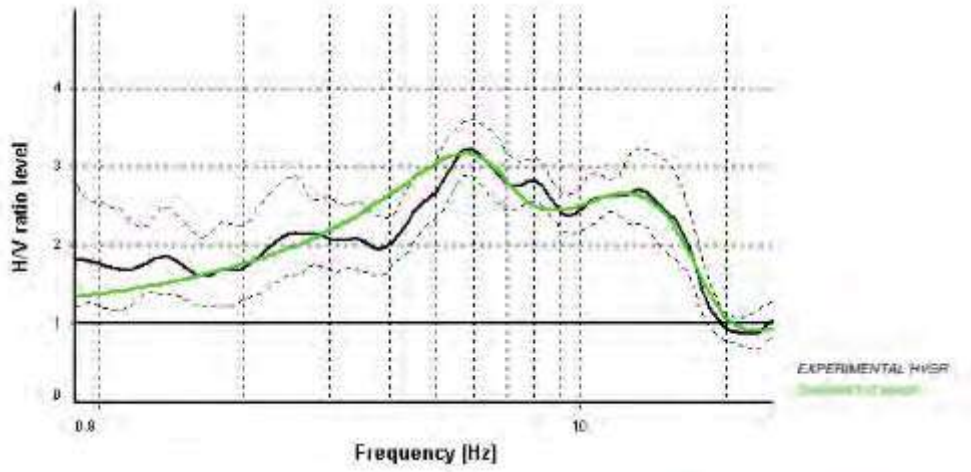
A_0 amplitude = 3.237

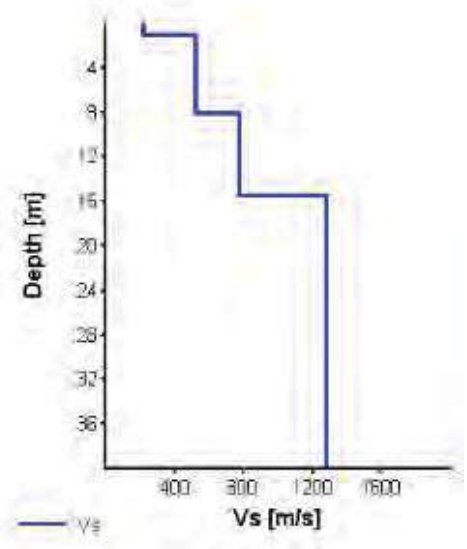
Average f_0 = 5.779 ± 0.681



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	17 valid windows (length > 1.69 s) out of 17	OK
$n_c(f_0) > 200$	3009.19 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 41	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f^-$ in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.64715 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	17.86948 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.24 > 2	OK
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.68129 >= 0.29502	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.11561 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling





Modello sismostratigrafico	
Spessori (m)	**Vs (m/s)**
1.00	210
7.00	520
7.50	770
24.50	> 800

Valore calcolato Vseq a 15.50 m 554 m/s	
Tipo di suolo	**B**



4.3.11 **Prova HVSR9 - Formicola**

STATION INFORMATION:

Station code: 0989

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45 (external 4.5 Hz sensors)

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 600 Hz

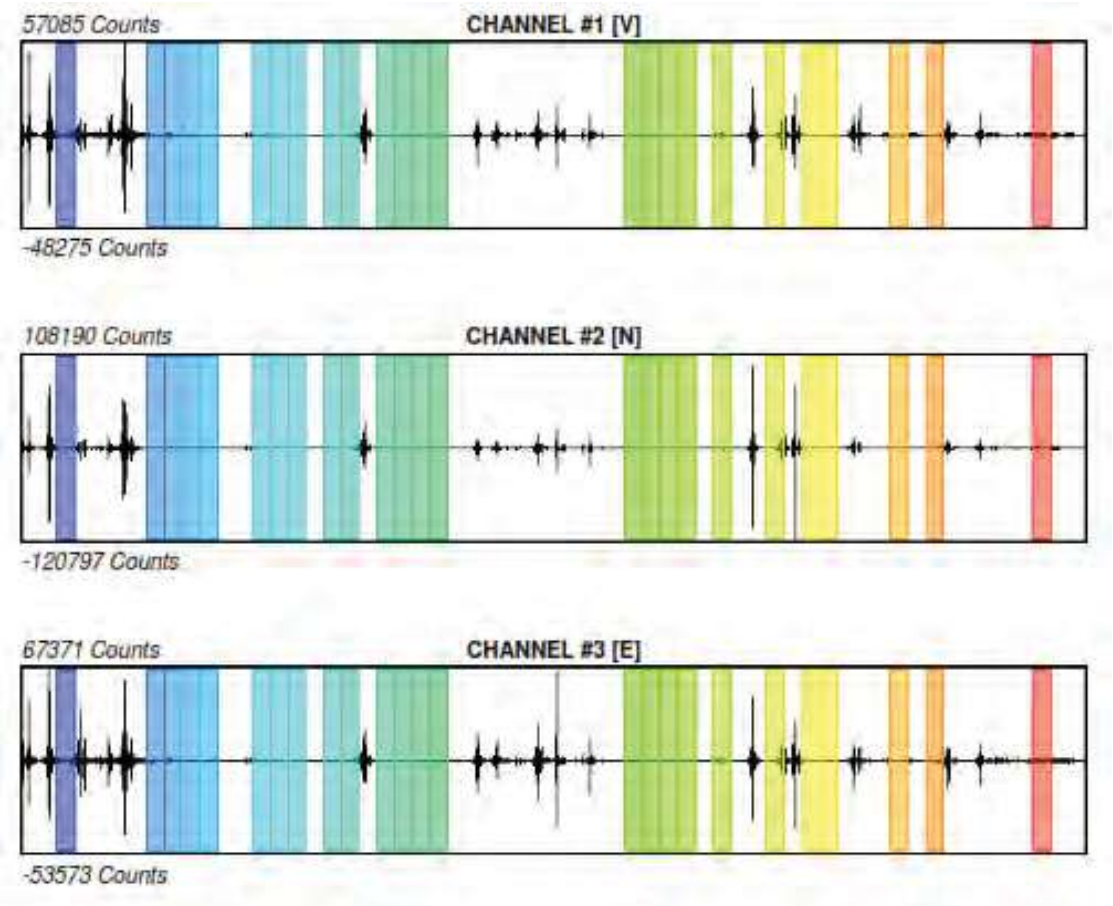
Recording start time: 2022/02/24 18:43:09

Recording length: 30 min

Windows count: 25

Average windows length: 30

Signal coverage: 41.67%



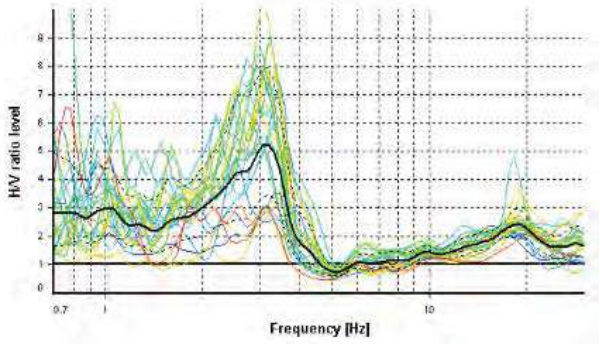
HVSR ANALYSIS

Tapering:Enabled (Bandwith = 5%)

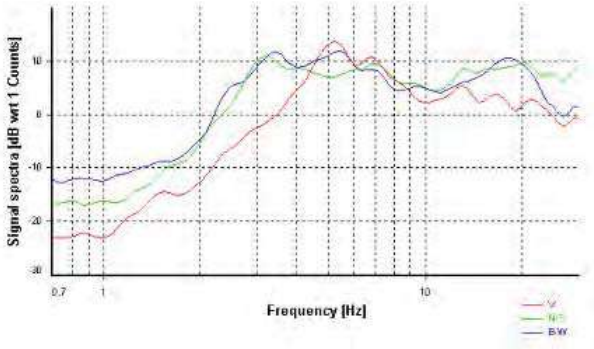
Smoothing:Konno-Ohmachi (Bandwith coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

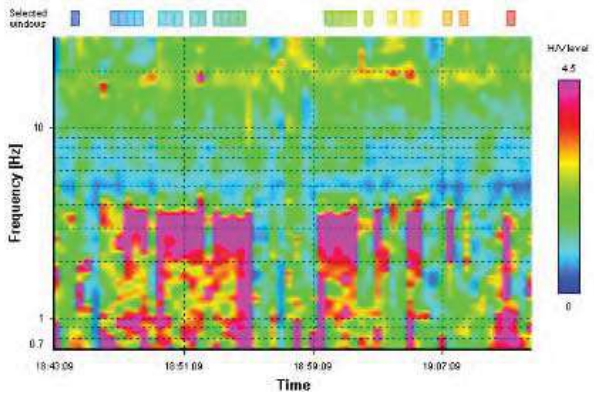
HVSR average



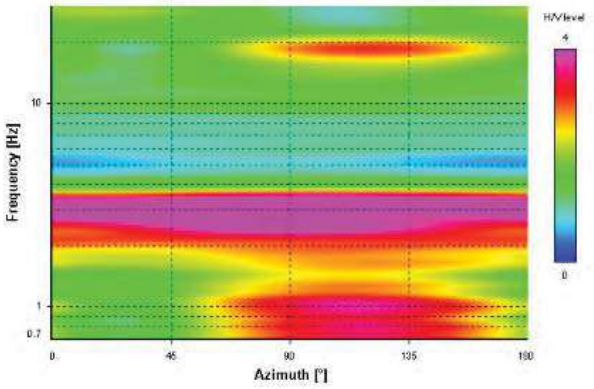
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



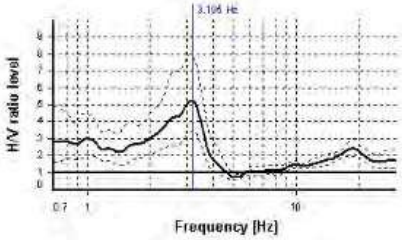
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

3.195 Hz

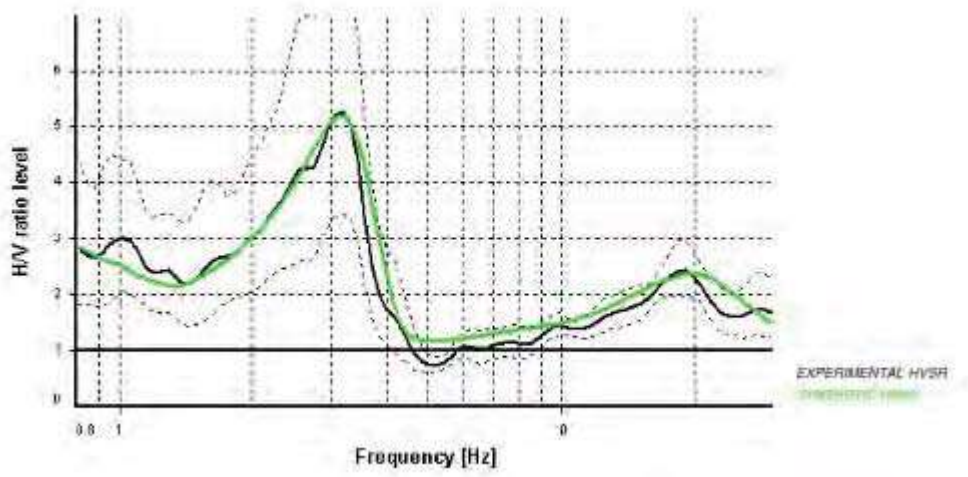
***A_0 amplitude** = 5.243*

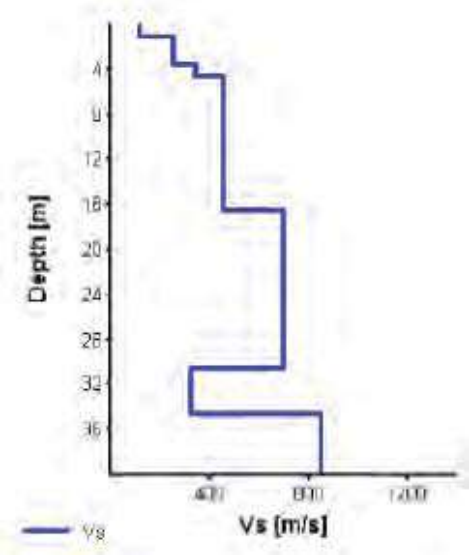
***Average f_0** = 3.065 ± 0.317*



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	25 valid windows (length > 3.13 s) out of 25	OK
$n_c(f_0) > 200$	2396.42 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0$	1.6135 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	3.71913 Hz	OK
$A_0 > 2$	5.24 > 2	OK
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.72% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.31662 >= 0.15976	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.51606 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling





Modello sismostratigrafico	
Spessori (m)	**Vs (m/s)**
1.00	115
2.50	250
1.00	340
12.00	450
14.00	695
4.00	320
5.50	> 800



Valore calcolato Vseq = Vs30 443 m/s	
Tipo di suolo	**B**

4.3.12 **Prova HVSR10 - Formicola**

STATION INFORMATION:

Station code: 0989

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45 (external 4.5 Hz sensors)

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 600 Hz

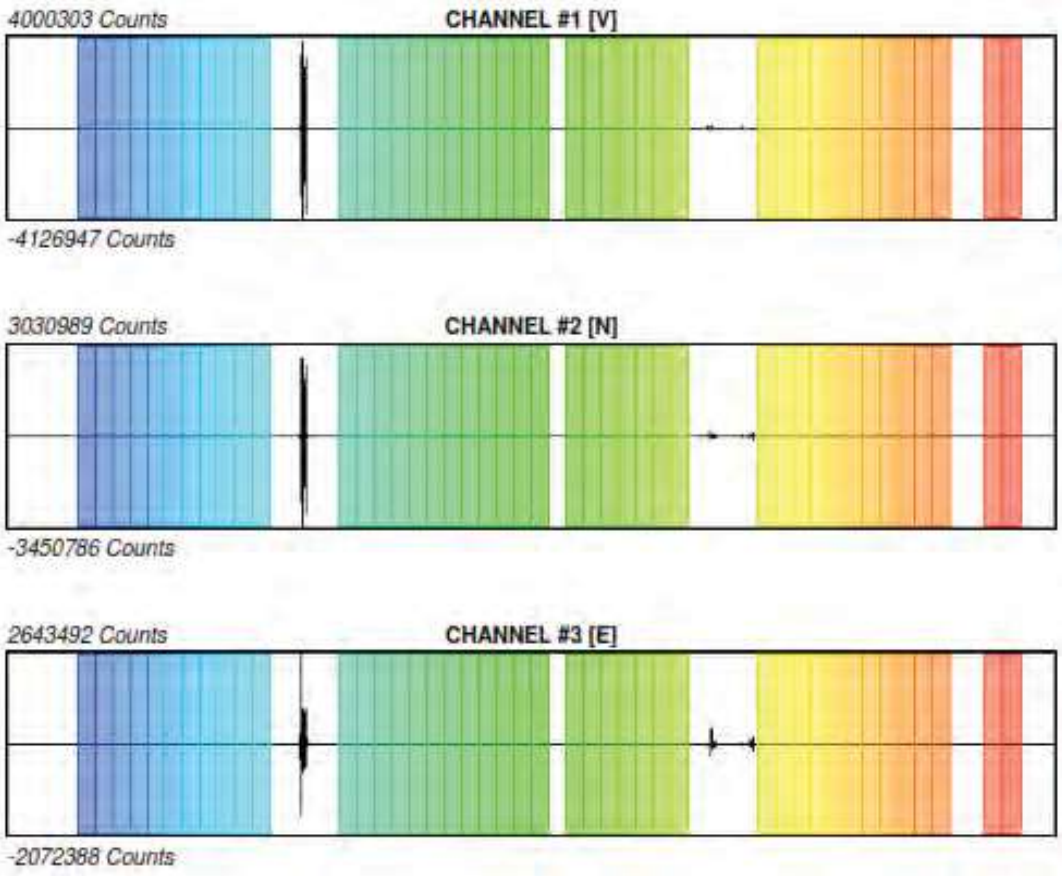
Recording start time: 2022/02/24 19:25:35

Recording length: 30 min

Windows count: 43

Average windows length: 30

Signal coverage: 71.67%



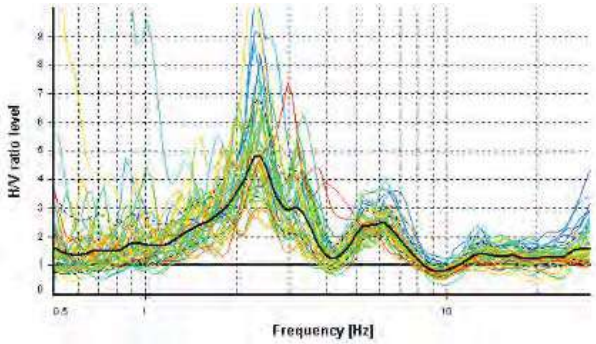
HVSR ANALYSIS

Tapering:Enabled (Bandwith = 5%)

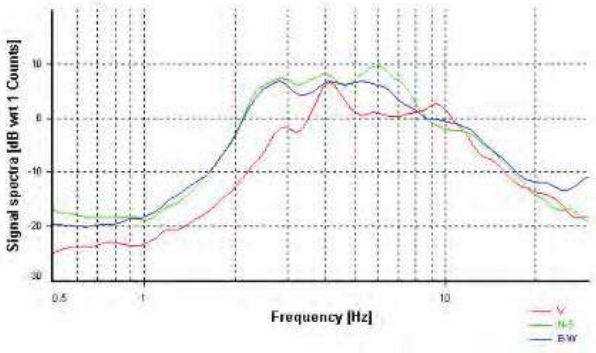
Smoothing:Konno-Ohmachi (Bandwith coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

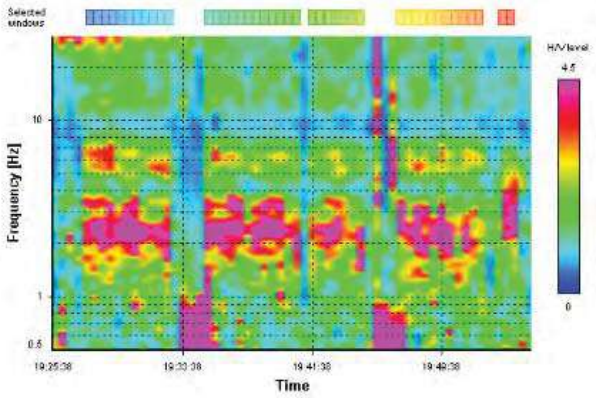
HVSR average



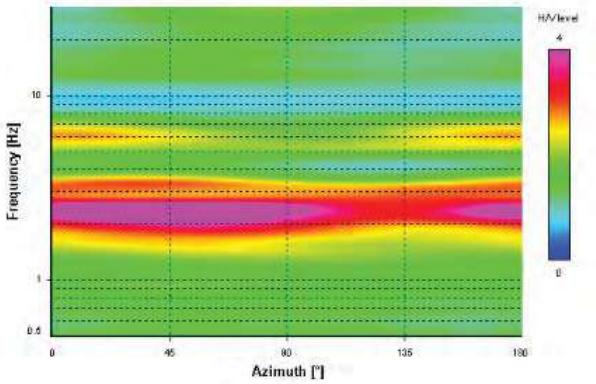
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



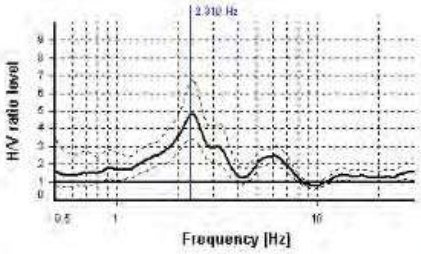
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

2.310 Hz

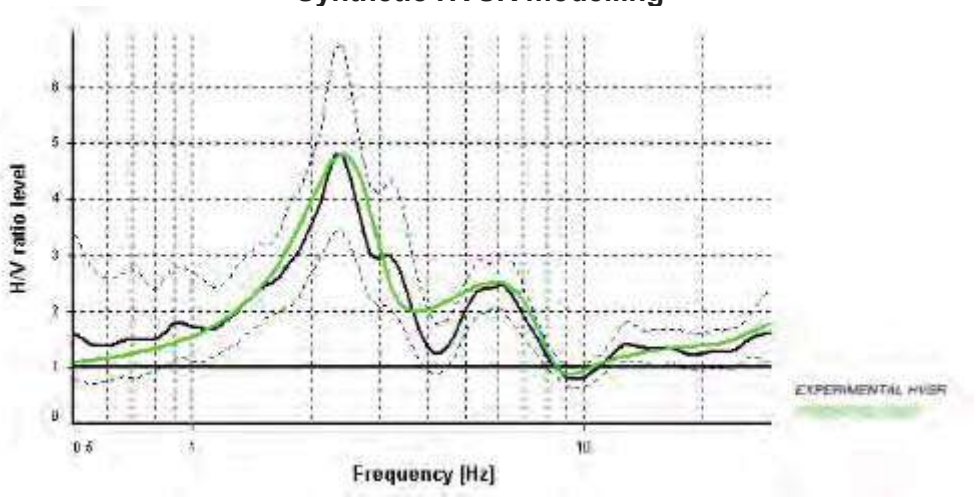
A_0 amplitude = 4.780

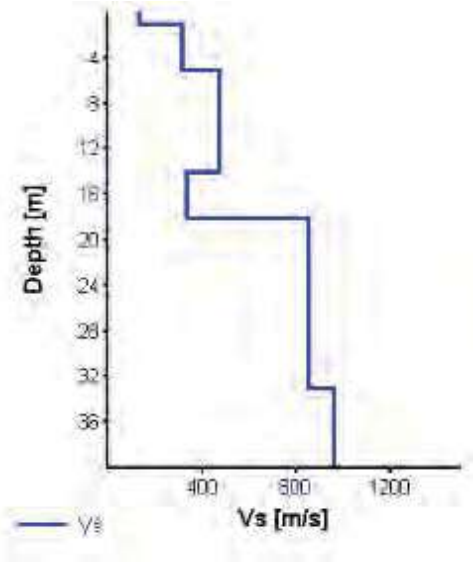
Average f_0 = 2.376 ± 0.311



HVSR curve reliability criteria		
$f_c > 10 / L_w$	43 valid windows (length > 4.33 s) out of 43	OK
$n_c(f_0) > 200$	2979.35 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 33	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f^-$ in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.46541 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	3.64002 Hz	OK
$A_0 > 2$	4.78 > 2	OK
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	4.22% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.31091 >= 0.11548	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.40164 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling





Modello sismostratigrafico	
Spessori (m)	**Vs (m/s)**
1.00	125
4.00	310
9.00	470
4.00	330
22.00	> 800



Valore calcolato Vseq a 18.00 m **345 m/s**	
Tipo di suolo	**C**

4.3.13 **Prova HVSR11 - Formicola**

STATION INFORMATION:

Station code: 0989

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45 (external 4.5 Hz sensors)

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 600 Hz

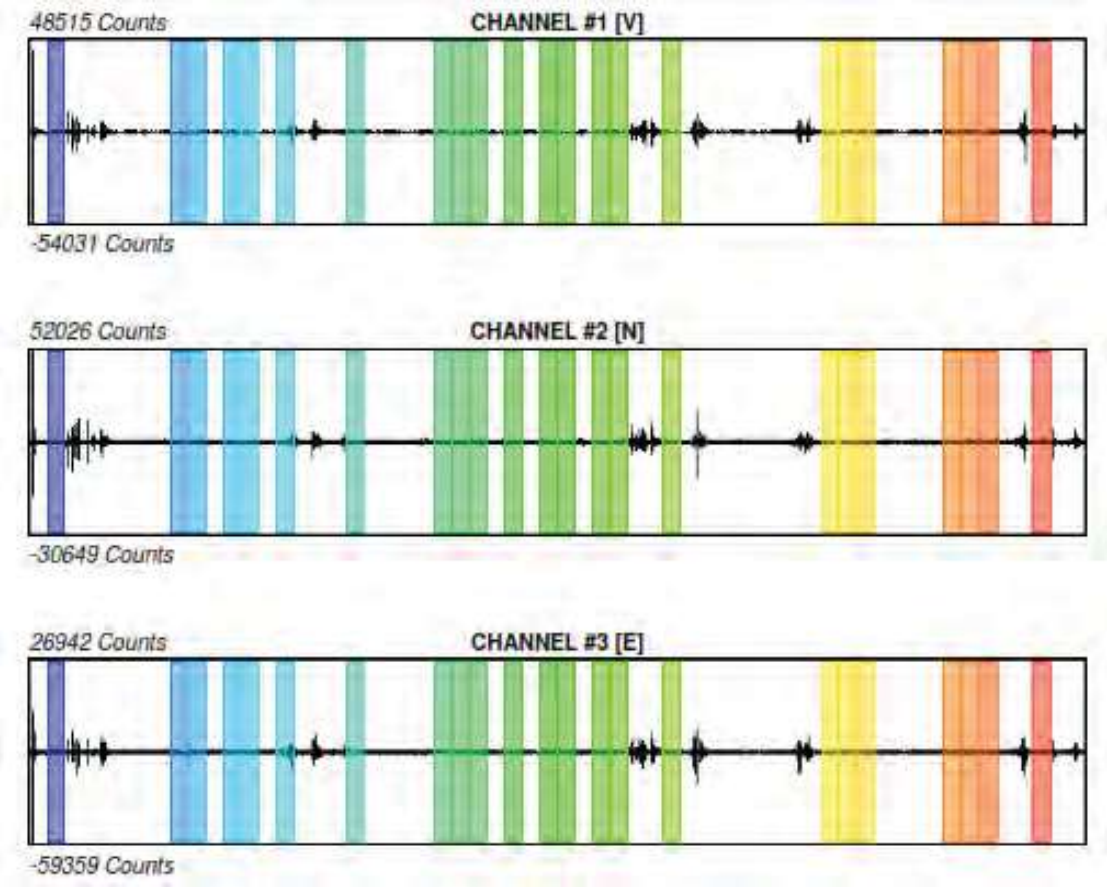
Recording start time: 2022/02/24 12:01:32

Recording length: 30 min

Windows count: 23

Average windows length: 30

Signal coverage: 38.33%



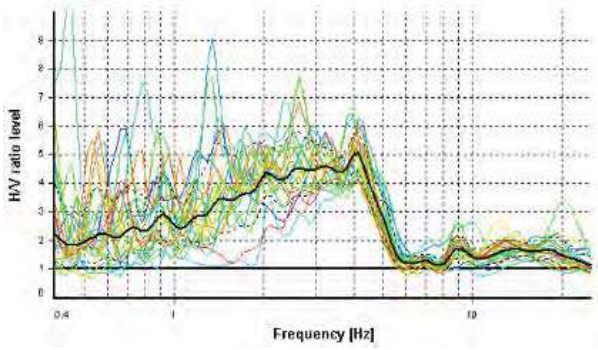
HVSR ANALYSIS

Tapering:Enabled (Bandwith = 5%)

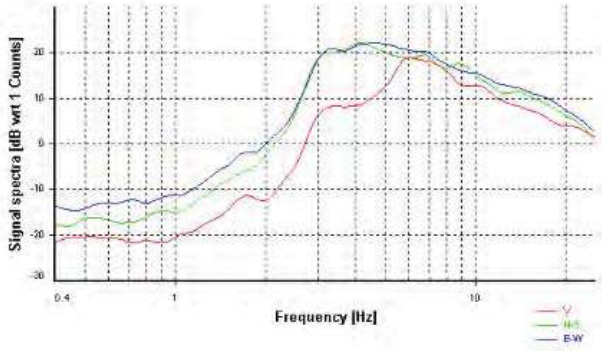
Smoothing:Konno-Ohmachi (Bandwith coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

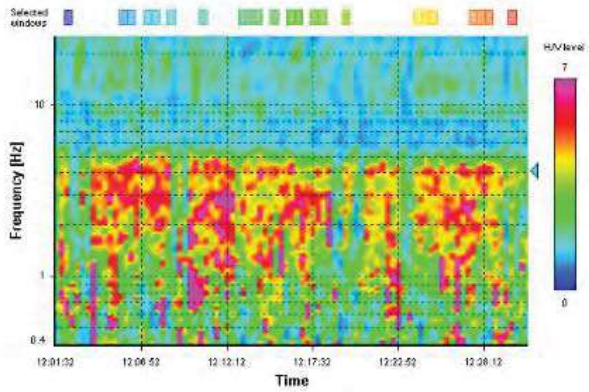
HVSR average



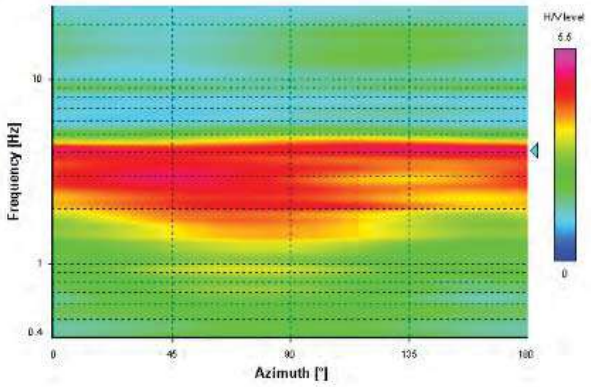
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



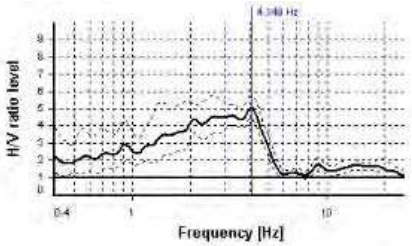
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

4.149 Hz

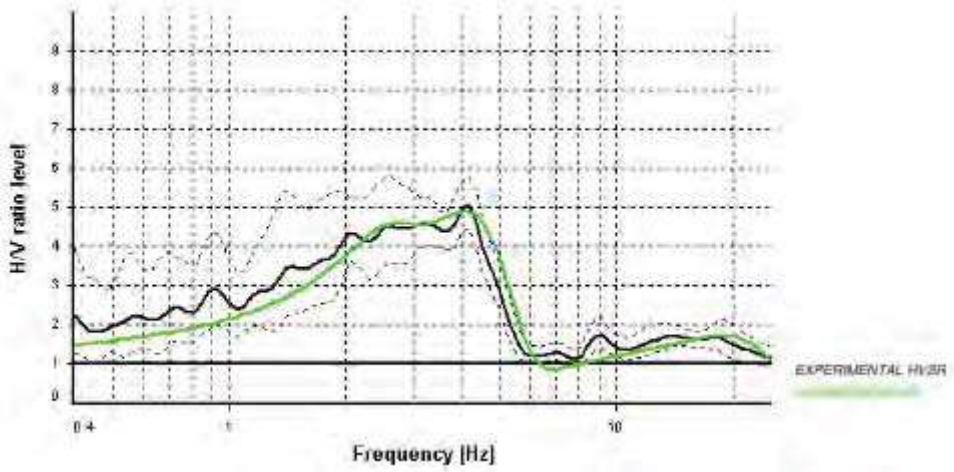
A_0 amplitude = *5.083*

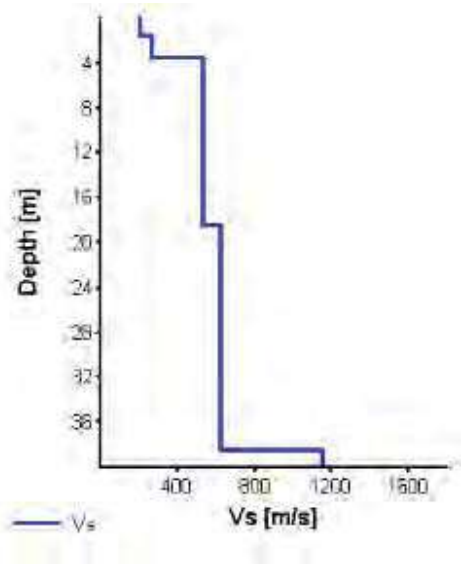
Average f_0 = *3.640 ± 0.578*



HVSR curve reliability criteria		
$f_c > 10 / L_w$	23 valid windows (length > 2.41 s) out of 23	OK
$n_c(f_0) > 200$	2862.6 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 33	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f^-$ in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.09 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	5.11225 Hz	OK
$A_0 > 2$	5.08 > 2	OK
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.57793 >= 0.20743	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.1418 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling





Modello sismostratigrafico	
Spessori (m)	**Vs (m/s)**
1.50	200
2.00	260
15.00	530
20.00	620
1.50	> 800



Valore calcolato Vseq = Vs30 484 m/s	
Tipo di suolo	**B**

4.3.14 **Prova HVSR12 - Formicola**

STATION INFORMATION:

Station code: 0989

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45 (external 4.5 Hz sensors)

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 600 Hz

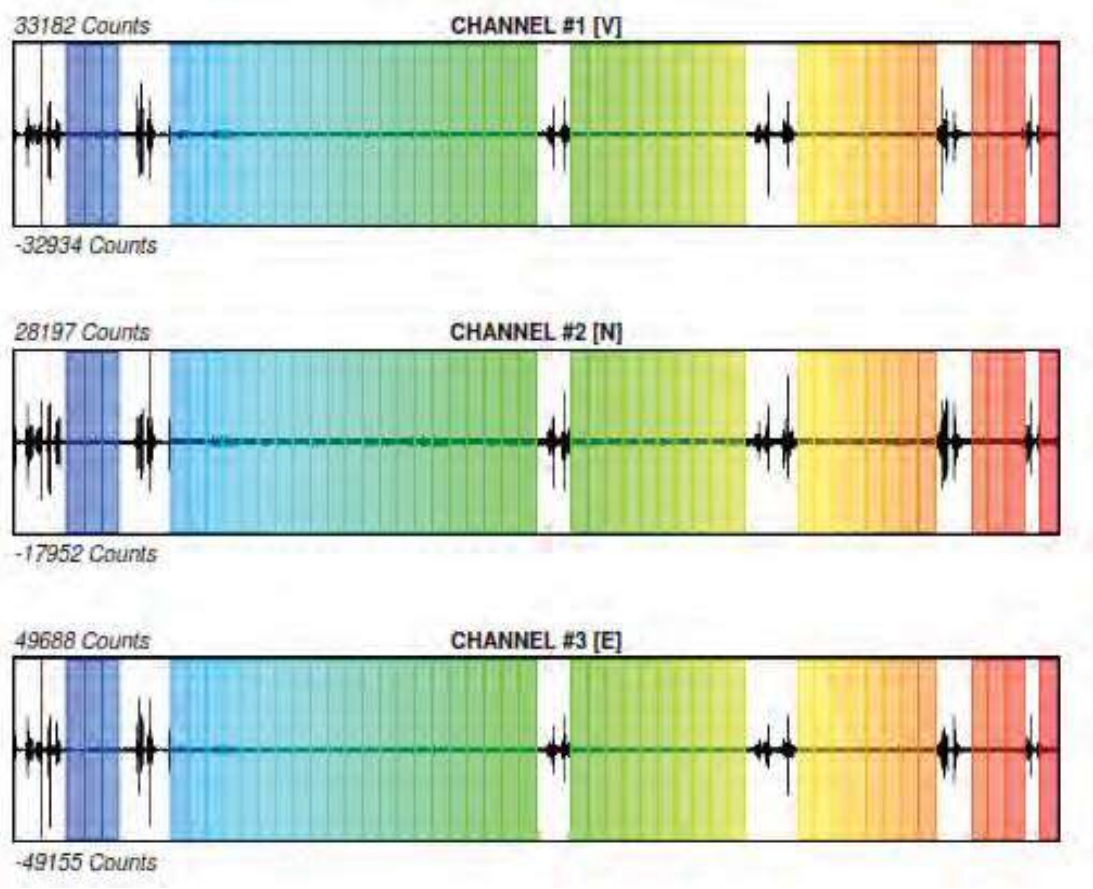
Recording start time: 2022/02/24 17:51:51

Recording length: 30 min

Windows count: 46

Average windows length: 30

Signal coverage: 76.67%



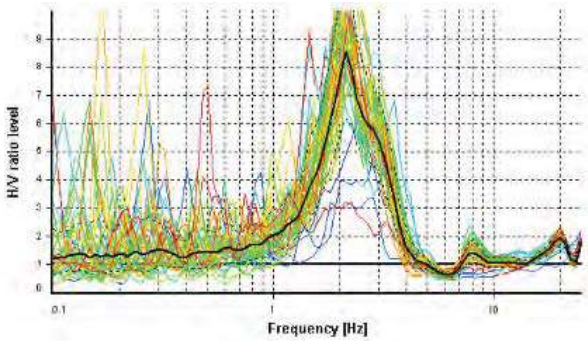
HVSR ANALYSIS

Tapering:Enabled (Bandwith = 5%)

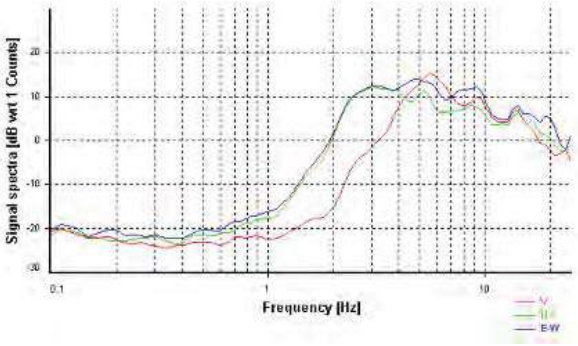
Smoothing:Konno-Ohmachi (Bandwith coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

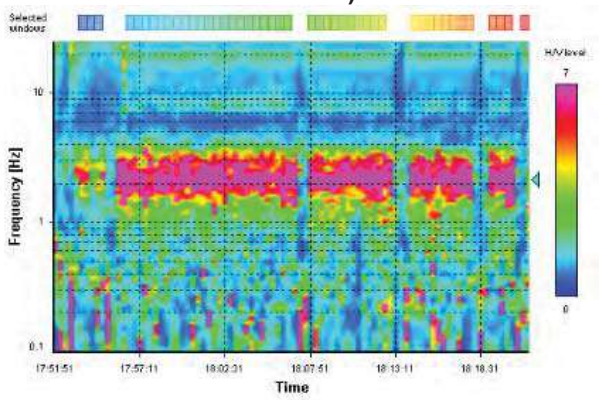
HVSR average



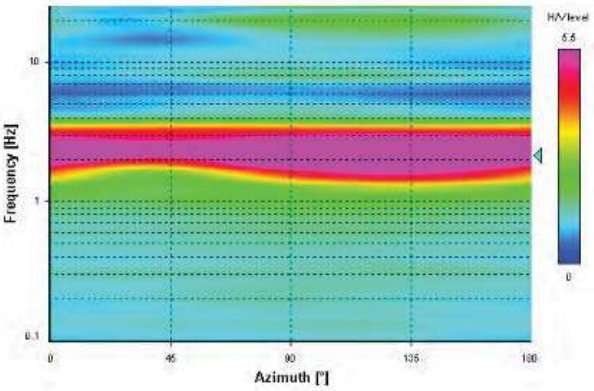
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



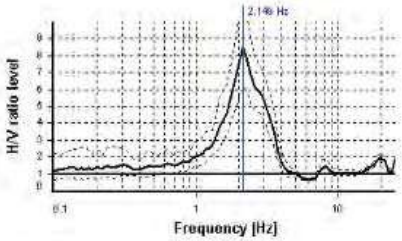
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

2.149 Hz

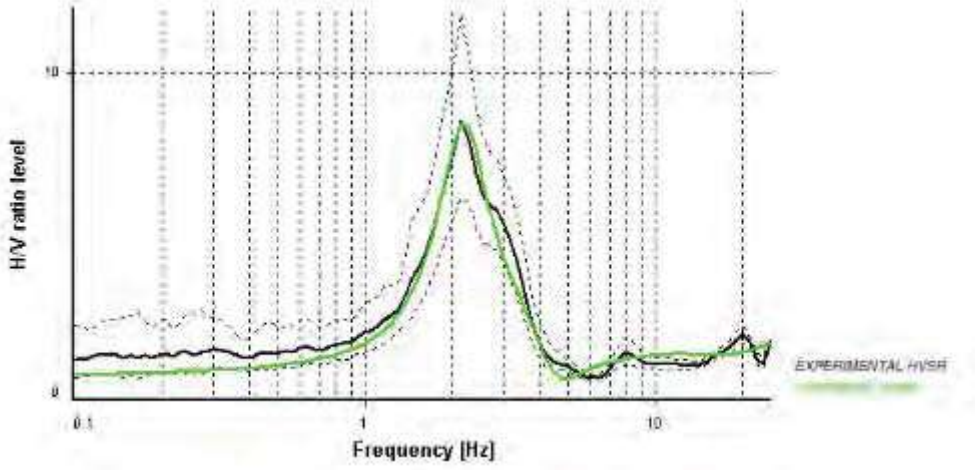
A_0 amplitude = 8.537

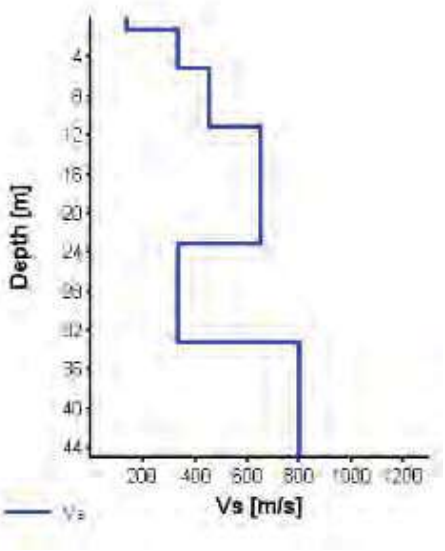
Average f_0 = 2.136 ± 0.249



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	46 valid windows (length > 4.65 s) out of 46	OK
$n_c(f_0) > 200$	2965.3 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.53766 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	3.35708 Hz	OK
$A_0 > 2$	8.54 > 2	OK
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.24919 >= 0.10744	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.38159 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling





Modello sismostratigrafico	
Spessori (m)	**Vs (m/s)**
1.10	130
4.00	330
6.00	450
12.00	650
10.00	330
6.90	800



Valore calcolato Vseq = Vs30 409 m/s	
Tipo di suolo	**B**