

# PROVINCIA DI PERUGIA COMUNE DI DERUTA

LOCALITA':

VARIE LOCALITA' COMUNE DI DERUTA

RICHIEDENTE:

COMUNE DI DERUTA

OGGETTO:

PIANO REGOLATORE  
PARTE OPERATIVA

TAV:

MS\_00

OPERA:

INDAGINI DI LIVELLO 2 SULLE AREE  
URBANIZZATE SOGGETTE A TRASFORMAZIONE  
URBANISTICA E DA URBANIZZARE,  
SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE  
(D.G.R. 377 DEL 8/03/2010 ART. 5 COMMA 2)

SCALA: Varie

FILE: 031-2022

DATA: Marzo 2025



Studio Geologi Associati

Via XX Settembre, 76

06121 PERUGIA

Tel/Fax 075 5721231

www.studiogeologiassociati.eu

info@studiogeologiassociati.eu

info@pec.studiogeologiassociati.eu

dott. geol. Luciano Faralli  
dott. geol. Nello Gasparri  
dott. geol. Riccardo Piccioni  
dott. geol. Luca D. Venanti



dott. geol. Nello Gasparri

Rif. archivio	Data	Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
031 - 2022	03 / 2025	00	Relazione di MS2 rev. 2025 - Emissione	NG	NG	NG

## INDICE

<b>1.0</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1</b>	<b>Aree di indagine.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2</b>	<b>Metodologia utilizzata e contenuti dello studio geologico.....</b>	<b>3</b>
<b>2.0</b>	<b>CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL TERRITORIO COMUNALE DI DERUTA .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>Descrizione delle formazioni presenti .....</b>	<b>4</b>
<b>3.0</b>	<b>INQUADRAMENTO SISMICO.....</b>	<b>5</b>
<b>3.1</b>	<b>SISMICITÀ STORICA .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2</b>	<b>SISMICITÀ RECENTE DELL'AREA DI STUDIO .....</b>	<b>7</b>
<b>3.3</b>	<b>PERICOLOSITÀ DI BASE.....</b>	<b>12</b>
<b>4.0</b>	<b>APPROFONDIMENTO DEGLI ASPETTI CONOSCITIVI NELLE AREE URBANIZZATE SOGGETTE A TRASFORMAZIONE URBANISTICA E DA URBANIZZARE.....</b>	<b>18</b>
<b>4.1</b>	<b>Deruta Capoluogo .....</b>	<b>18</b>
<b>4.2</b>	<b>Pontenuovo .....</b>	<b>19</b>
<b>4.3</b>	<b>S. Nicolò di Celle.....</b>	<b>20</b>
<b>4.4</b>	<b>S. Angelo di Celle .....</b>	<b>21</b>
<b>4.5</b>	<b>Viale-Fanciullata .....</b>	<b>22</b>
<b>4.6</b>	<b>Casalina .....</b>	<b>23</b>
<b>4.7</b>	<b>Ripabianca .....</b>	<b>24</b>
<b>4.8</b>	<b>Castelleone .....</b>	<b>25</b>
<b>5.0</b>	<b>INDAGINI DI NUOVO REPERIMENTO E NUOVA REALIZZAZIONE .....</b>	<b>26</b>

## 1.0 PREMESSA

Per incarico dell'Amministrazione Comunale di Deruta, sulla base del comma 2 art. 5 della D.G.R. n. 377 del 08 marzo 2010, è stato condotto uno studio di approfondimento di indagini di Microzonazione Sismica di 2 livello nelle aree urbanizzate soggette a trasformazione urbanistica e nelle aree da urbanizzare a supporto della Parte Operativa a supporto della Variante Generale al Piano Regolatore del Comune di Deruta (PG).

Da un confronto con la progettista del piano, Arch. M. Rosaria Vitiello, sono state individuate le “... aree urbanizzate soggette a trasformazione urbanistica e da urbanizzare...” per le quali sono richieste “...indagini di livello 2 di approfondimento (almeno per gli aspetti conoscitivi).”

Queste aree sono rappresentate da:

- aree IASP – Insediamenti per attrezzature a servizi pubblici;
- aree IPRE - Insediamenti prevalentemente residenziali esistenti;
- aree IPSEN - Insediamenti produttivi e per servizi esistenti e di nuova previsione;
- aree NIR -Nuovi insediamenti residenziali.

Scopo del presente studio è individuare per le suddette aree, tramite inganni reperite e/o realizzate, la sismostratigrafia di riferimento con individuazione preliminare di massima degli spessori delle coperture con  $V_s < 800$  m/s al di sopra del bedrock sismico con  $V_s > 800$  m/s/

Molte delle suddette aree sono ricomprese nei perimetri areali degli studi di Microzonazione sismica di livello 2 e/o di livello 3 realizzati nel 2014 e nel 2018 che sono parte integrante delle cartografie a supporto del PRG.

Le aree invece, ricadenti nel comma 2 art. 5 DGR 377, non coperte dai precedenti studi di MS2 e 3 sono state oggetto del presente studio.

### 1.1 Aree di indagine

Sulla base delle perimetrazioni delle aree urbanizzate soggette a trasformazione urbanistica e delle aree da urbanizzare avute dai progettisti del Piano le aree oggetto di approfondimento sono:

- Deruta Capoluogo
- Pontenuovo
- S. Nicolò di Celle
- S. Angelo di Celle
- Viale-Fanciullata
- Casalina
- Ripabianca
- Castelleone

## 1.2 Metodologia utilizzata e contenuti dello studio geologico

Lo studio si è articolato nelle seguenti fasi:

- Analisi dei precedenti studi ed indagini di MS1, 2 e 3
- Ricerca ed inserimento in carta delle indagini pregresse esistenti nei precedenti studi a carattere generale e negli uffici del Comune di Deruta;
- Realizzazione di nuove indagini geofisiche;
- Elaborazione dei dati con stima degli spessori delle coperture al di sopra del bedrock sismico.

Per ogni area di indagine vengono forniti una planimetria in scala 1:10.000, con individuazione delle aree di destinazione urbanistica con ubicazione delle indagini presenti nelle MS livello 1, 2 e 3 e le ulteriori indagini reperite e di nuova realizzazione.

Come già detto lo scopo del presente lavoro è quello di individuare ambiti territoriali nei quali siano presenti terreni di copertura e/o rocce alterate e fratturate con valori di  $V_s < 800$  m/s e che rappresentino quindi zone suscettibili di amplificazione sismica locale.

Trattandosi di un'indagine preliminare legata alla pianificazione urbanistica in fase attuativa esecutiva, dove la normativa lo impone, dovranno essere condotte specifiche indagini di modellazione sismica.

## 2.0 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL TERRITORIO COMUNALE DI DERUTA

Il territorio comunale di Deruta può essere anche geologicamente distinto in tre aree attigue caratterizzate da litotipi di natura diversa:

- la prima che comprende il territorio in tutta la fascia centro-occidentale è costituita da depositi di natura sedimentaria, legata ai cicli alluvionali antichi e recenti del F. Tevere (Olocene-Pleistocene);
- la seconda, verso est, di natura sedimentaria legata al ciclo deposizionale Fluvio-Lacustre (Plio-Pleistocene);
- la terza, ancora da est, costituita da depositi di natura torbiditica della Marnoso arenacea (Miocene).

### 2.1 Descrizione delle formazioni presenti

#### Alluvioni recenti e terrazze (Olocene -Pleistocene)

Affiorano nella quasi totalità dell'area indagata. Sono costituite da sabbie, sabbie con ghiaie, sabbie limose e limi sabbiosi, nocciola/brunastro a medio grado di addensamento.

Lo spessore dell'unità è generalmente < 20 m.

#### Supersistema Tiberino Sintema di Todi (Plio-Pleistocene)

Nella porzione d'interesse tali sedimenti risultano riferibili al Subsistema di S. Maria di Ciciliano - (TOD<sub>2b</sub> Pleistocene inf.). Questi sedimenti sono costituiti nell'area di studio da depositi prevalentemente limosi, limoso argillosi, limoso sabbiosi, perlopiù grigi, grigio scuri e grigio azzurri, consistenti, molto ed estremamente consistenti fino a duri.

Tali sedimenti sono presenti al di sotto delle alluvioni recenti e terrazze fino a profondità stimate >300 da p.c.

Il Borgo antico di Deruta è composto un multi layer di terreni che si presentano superficialmente con litologia sabbiosa e sabbiosa debolmente ghiaiosa per i primi 30-35 m da p.c. e in profondità con litotipi prevalenti limosi, limoso argilloso e limoso-sabbiosi.

#### Marnoso Arenacea Umbra (Langhiano)

Nell'area di interesse è presente il membro di Monte Casale (MUM2) ed affiora solamente in un piccolo lembo a nord dell'area di studio: rappresenta il basamento geologico/sismico profondo di tutta l'area di indagine.

È descritto in letteratura come caratterizzato da strati spessi o molto spessi di arenarie arcose e arcose-litiche frequentemente amalgamate. Il rapporto A/P è sempre molto maggiore di 1.

### 3.0 INQUADRAMENTO SISMICO

#### 3.1 SISMICITÀ STORICA

La sismicità storica dell'Umbria, con particolare riferimento all'Appennino Umbro Marchigiano, presenta caratteristiche ben conosciute, anche sulla base di ricerche condotte sin dall'inizio del secolo e dai dati del Catalogo dei Terremoti, dalle ricerche sulla zonazione sismogenetica, dagli studi delle relazioni di attenuazione del moto del suolo e dalle valutazioni di  $a_{max}$  (accelerazione massima), attesa con determinati tempi di ritorno.

La zonazione sismogenetica del territorio nazionale (Zonazione Sismogenetica ZS9 – INGV, 2004), assegna l'Umbria a più zone sismogenetiche della Catena Appenninica settentrionale e centrale; principalmente sono coinvolte le zone 918, 919 e 920 (Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Val di Chiana-Ciociaria) che, anche in virtù della loro maggiore estensione in senso NNO-SSE, coprono quasi tutto il territorio regionale in senso appenninico.

In particolare nella zona 920 (Val di Chiana-Ciociaria) in cui ricade il territorio di Deruta, sono previste magnitudo (MW [Magnitudo momento sismico]), massime attese (cautelative), pari a 6.14.

La massima intensità sismica osservata è di intensità pari al 10° grado della Scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg), mentre la massima magnitudo (Ms) Richter mai registrata, è oltre a circa 6.5, con una frequenza di terremoti al di sopra del 7° grado MCS maggiore od uguale a 20 eventi per secolo negli ultimi tre secoli e, complessivamente per tale periodo, con 15 sismi di intensità maggiore od uguale all'8° grado MCS.

Si tratta prevalentemente di un'attività sismica concentrata nei settori orientali e nord-orientali della regione, entro la crosta terrestre, con il 95% degli eventi con profondità epicentrale inferiore ai 15 Km.

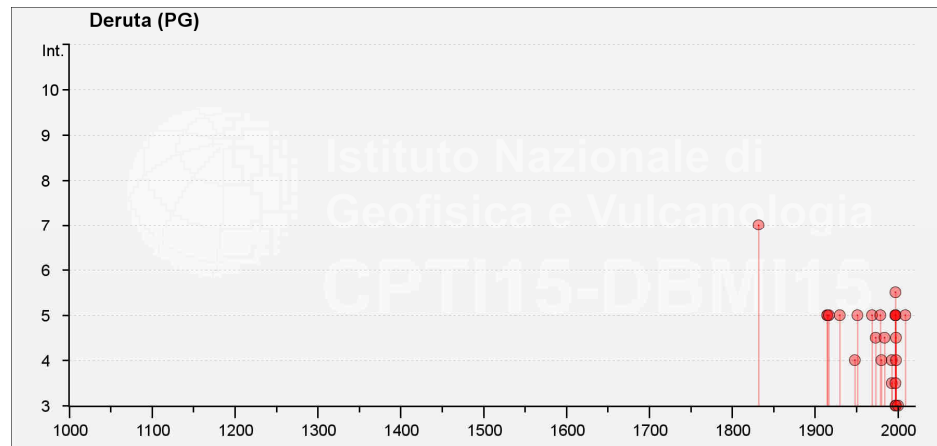
La distribuzione dei sismi è conseguente alla disposizione delle zone sismogenetiche ed alle loro caratteristiche geologico-strutturali.

Dal Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15) dell'INGV (M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi - Milano, Bologna, <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>), è consultabile la storia sismica del comune di Deruta, nella quale sono riassunti 42 eventi a partire dall'anno 1832.

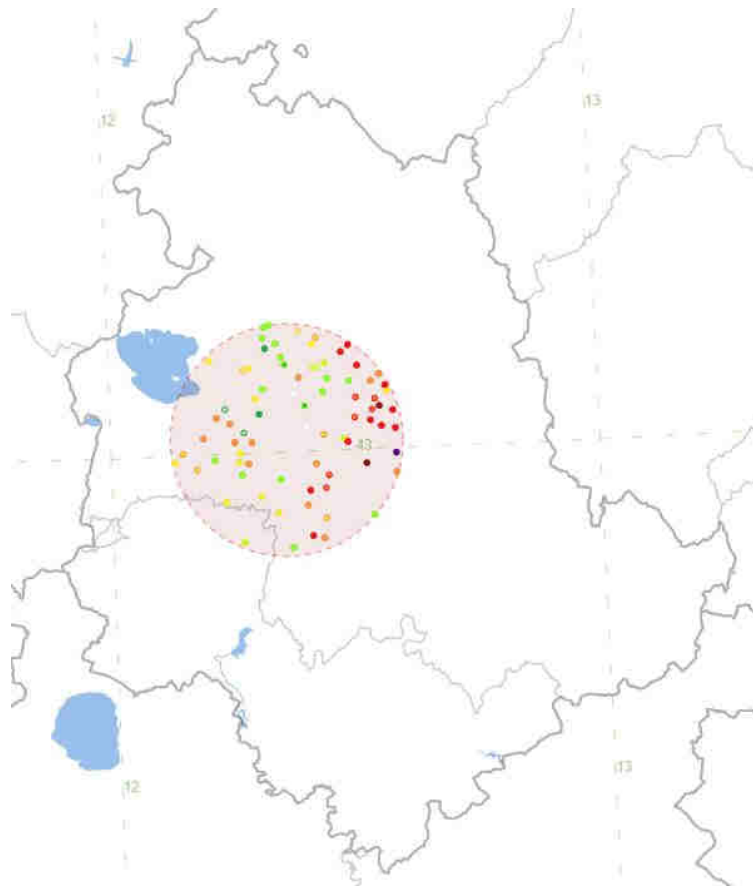
Seismic history of	Deruta
PlaceID	IT_48771
Coordinates (lat, lon)	42.982, 12.419
Municipality (ISTAT 2015)	Deruta
Province	Perugia
Region	Umbria
No. of reported earthquakes	42

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
7	1832 01 13 13	Valle Umbra	101	10	6,43
NF	1902 10 23 08 51	Reatino	77	6	4,74

NF	1905 12 09 21 41	Valle Umbra	42	5	4,24
5	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7,08
NF	1915 03 15 11 23	Alta Valle del Chienti	24	7	4,97
5	1915 03 26 23 37	Perugino	40	6	4,55
5	1917 04 26 09 35 59.00	Alta Valtiberina	134	9-10	5,99
5	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5,83
4	1948 06 13 06 33 36.00	Alta Valtiberina	142	7	5,04
5	1951 09 01	Monti Sibillini	80	7	5,25
NF	1956 10 07 19 12 41.00	Aquilano	19	5	4,46
NF	1957 04 11 16 19	Valle del Salto	46	6	4,94
NF	1960 02 06 12 00 30.00	Valle Umbra	11	5	4,18
5	1969 08 11 13 55	Lago Trasimeno	46	7	4,7
NF	1971 04 02 01 43 54.00	Valnerina	68	6	4,5
4-5	1973 12 30 06 30 35.00	Valle del Chiascio	16	7-8	5,11
NF	1974 01 05 07 33 28.00	Valle del Chiascio	15	7-8	5,28
5	1979 09 19 21 35 37.00	Valnerina	694	8-9	5,83
4	1980 02 28 21 04 40.00	Valnerina	146	6	4,97
NF	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6,81
4-5	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5,62
NF	1986 10 13 05 10 00.31	Monti Sibillini	322	5-6	4,46
2-3	1989 12 22 06 48 13.91	Valle Umbra	114	5	4,44
NF	1990 09 12 02 59 44.87	Valle Umbra	62	5-6	4,12
3-4	1993 06 04 21 36 50.60	Valle del Topino	90	5-6	4,39
4	1993 06 05 19 16 17.02	Valle del Topino	326	6	4,72
3	1997 09 07 23 28 05.79	Appennino umbro-marchigiano	57	5-6	4,19
5	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5,66
5-6	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5,97
5	1997 10 03 08 55 22.07	Appennino umbro-marchigiano	490		5,22
5	1997 10 06 23 24 53.29	Appennino umbro-marchigiano	437		5,47
5	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5,62
3-4	1997 11 09 19 07 33.27	Valnerina	180		4,87
NF	1998 02 07 00 59 44.54	Appennino umbro-marchigiano	62		4,41
3	1998 03 21 16 45 09.21	Appennino umbro-marchigiano	141		5
4	1998 03 26 16 26 17.03	Appennino umbro-marchigiano	409		5,26
4-5	1998 04 05 15 52 21.01	Appennino umbro-marchigiano	395		4,78
2-3	1998 06 02 23 11 23.00	Appennino umbro-marchigiano	83		4,25
3	2000 06 22 12 16 35.58	Bacino di Gubbio	107	5	4,47
NF	2000 09 02 05 17 02.41	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4,4
NF	2001 11 26 00 56 55.46	Casentino	211	5-6	4,63
5	2009 12 15 13 11 58.98	Valle del Tevere	26	7	4,23



Storia sismica di Deruta, grafico – DBMI15 – INGV



Mapa con eventi ed intensità – DBMI15 – INGV

### 3.2 SISMICITÀ RECENTE DELL'AREADI STUDIO

I dati relativi alla sismicità recente sono stati tratti dal database ISIDE (<http://cnt.rm.ingv.it/iside>).

In particolare sono stati ricercati eventi registrati sino al 10/10/2018 con Magnitudo compresa tra 4 e 10 e distanza di 100 Km con centro coordinate lat. 43 long. 12.

Sono stati individuati n.94 eventi di seguito esplicitati:

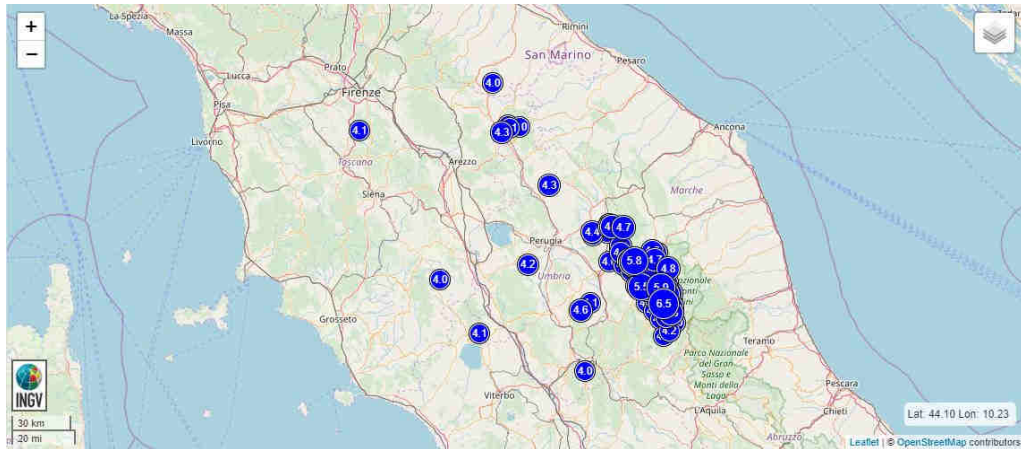
#EventID	Time	Latitude	Longitude	Depth/Km	MagType	Magnitude	EventLocationName
285779	1989-12-22T06:48:14.860000	43.022	12.769	23.3	Md	4.0	4 km S Valtopina (PG)
498219	1993-01-17T10:51:24.250000	43.62	12.225	5.0	Md	4.0	7 km SW Borgo Pace (PU)
525399	1993-06-04T21:36:52.620000	43.138	12.671	5.0	Md	4.1	6 km E Valfabbrica (PG)
525699	1993-06-05T19:16:18.420000	43.152	12.666	5.0	Md	4.4	5 km E Valfabbrica (PG)
813279	1997-05-12T13:50:15.880000	42.805	12.597	5.0	Md	4.6	4 km SE Giano dell'Umbria (PG)
843039	1997-09-03T22:07:30.300000	43.059	12.841	5.0	Md	4.4	7 km E Valtopina (PG)
848119	1997-09-26T00:33:11.750000	43.018	12.913	7.9	ML	5.6	7 km SW Serravalle di Chienti (MC)
849549	1997-09-26T09:40:24.950000	43.024	12.926	5.5	ML	5.8	6 km SW Serravalle di Chienti (MC)
852409	1997-09-27T08:08:06.890000	43.09	12.842	7.3	ML	4.3	5 km SE Nocera Umbra (PG)
853159	1997-09-27T17:13:02.070000	43.019	12.901	4.6	ML	4.0	7 km SW Serravalle di Chienti (MC)
853319	1997-09-27T19:56:41.730000	43.035	12.936	5.0	ML	4.0	4 km SW Serravalle di Chienti (MC)
862089	1997-10-02T10:59:55.430000	43.087	12.835	9.6	Md	4.0	5 km SE Nocera Umbra (PG)
862669	1997-10-02T19:38:01.880000	43.616	12.163	5.0	Md	4.1	5 km NE Sansepolcro (AR)
863069	1997-10-02T21:38:42.230000	43.629	12.15	4.5	Md	4.0	6 km N Sansepolcro (AR)
864329	1997-10-03T08:55:20.640000	43.023	12.89	4.7	Md	4.7	8 km SW Serravalle di Chienti (MC)
867199	1997-10-04T06:49:57.980000	42.914	12.935	5.0	Md	4.1	3 km N Sellano (PG)
868039	1997-10-04T15:07:19.360000	42.92	12.983	4.2	Md	4.1	6 km NE Sellano (PG)
868189	1997-10-04T16:13:31.410000	42.917	12.977	4.0	Md	4.3	5 km NE Sellano (PG)
868539	1997-10-04T18:47:46.630000	42.917	12.973	5.0	Md	4.3	5 km NE Sellano (PG)
873319	1997-10-06T23:24:51.520000	43.01	12.918	3.4	ML	5.4	7 km W Monte Cavallo (MC)
874369	1997-10-07T05:09:55.410000	43.01	12.919	5.2	Md	4.1	7 km W Monte Cavallo (MC)

884399	1997-10-12T11:08:35.290000	42.897	13.008	5.0	Md	4.7	3 km NW Preci (PG)
887439	1997-10-13T11:01:44.920000	42.878	13.051	3.5	Md	4.0	1 km E Preci (PG)
887629	1997-10-13T13:09:19.770000	42.864	13.002	3.8	Md	4.0	4 km SW Preci (PG)
889969	1997-10-14T15:23:09.050000	42.907	12.969	4.6	ML	5.5	4 km NE Sellano (PG)
895169	1997-10-15T22:53:09.270000	42.922	12.992	5.7	Md	4.1	6 km NW Preci (PG)
896199	1997-10-16T12:00:30.520000	43.032	12.898	7.9	Md	4.1	6 km SW Serravalle di Chienti (MC)
905599	1997-10-25T03:08:04.870000	42.8	13.049	4.9	Md	4.0	4 km W Norcia (PG)
917279	1997-11-08T15:31:53.290000	42.862	13.052	10.0	Md	4.0	2 km SE Preci (PG)
918119	1997-11-09T19:07:32.630000	42.854	13.059	10.7	Md	4.6	3 km SE Preci (PG)
934549	1997-12-31T16:02:14.250000	42.834	13	5.0	Md	4.0	6 km SW Preci (PG)
956699	1998-03-21T16:45:09.680000	42.978	12.906	5.0	Md	4.1	8 km W Monte Cavallo (MC)
962089	1998-03-26T16:26:17.040000	43.175	12.86	47.8	Md	4.7	6 km W Fiuminata (MC)
966539	1998-04-03T07:26:36.480000	43.177	12.786	9.6	Md	4.7	6 km S Gualdo Tadino (PG)
966719	1998-04-03T07:59:52.350000	43.189	12.774	9.2	Md	4.0	5 km S Gualdo Tadino (PG)
971469	1998-04-05T15:52:20.330000	43.177	12.774	10.0	Md	4.5	6 km S Gualdo Tadino (PG)
996669	1998-06-02T23:11:22.310000	43.17	12.817	9.5	Md	4.2	7 km NE Nocera Umbra (PG)
998269	1998-06-05T21:53:11.760000	43.179	12.818	9.4	Md	4.1	6 km SE Gualdo Tadino (PG)
1004249	1998-06-25T00:32:51.920000	43.005	12.862	4.5	Md	4.0	11 km SW Serravalle di Chienti (MC)
1100289	1999-10-10T15:35:52.260000	42.685	13.108	5.0	Md	4.0	9 km NW Cittareale (RI)
1132509	2000-04-01T18:08:05.160000	42.939	11.733	7.5	Md	4.0	5 km NW Radicofani (SI)
1167169	2000-06-11T22:55:31.410000	43.151	12.763	5.0	Md	4.0	5 km NW Nocera Umbra (PG)
1169609	2000-06-22T12:16:36.260000	43.363	12.403	23.2	Md	4.3	6 km E Montone (PG)
1207339	2000-12-16T07:31:06.930000	42.528	12.624	7.7	Md	4.0	4 km SW Terni (TR)
1287019	2001-11-26T00:56:54.770000	43.598	12.113	5.0	Md	4.3	4 km NW Sansepolcro (AR)

2140119	2009-12-15T13:11:58.980000	43.007	12.271	8.8	Mw	4.2	12 km NW Marsciano (PG)
2244869	2010-08-28T07:08:03.250000	42.834	12.654	6.7	Mw	4.1	2 km NW Castel Ritaldi (PG)
2313261	2013-07-11T04:32:20.940000	438.162	120.552	8.5	Mw	4.0	4 km E Verghereto (FC)
4694251	2014-12-19T10:36:30.620000	436.058	112.405	8.6	Mw	4.1	7 km W Greve in Chianti (FI)
6765511	2016-05-30T20:24:20.460000	427.003	119.762	7.9	Mw	4.1	1 km SW Castel Giorgio (TR)
7076161	2016-08-24T02:33:28.890000	427.922	131.507	8.0	Mw	5.3	5 km E Norcia (PG)
7081331	2016-08-24T04:06:50.980000	42.771	131.238	6.2	Mw	4.4	3 km SE Norcia (PG)
7105011	2016-08-24T11:50:30.560000	428.197	131.602	9.8	Mw	4.5	6 km E Norcia (PG)
7606481	2016-09-03T01:34:12.150000	427.698	131.323	8.9	Mw	4.2	4 km SE Norcia (PG)
8538851	2016-10-16T09:32:35.480000	427.477	131.757	9.2	Mw	4.0	8 km NW Accumoli (RI)
8663041	2016-10-26T17:10:36.150000	428.788	131.272	9.3	ML	4.5	3 km SW Castelsantangelo sul Nera (MC)
8663031	2016-10-26T17:10:36.980000	428.747	131.243	8.1	Mw	5.4	3 km SW Castelsantangelo sul Nera (MC)
8669281	2016-10-26T19:16:57.080000	428.792	131.567	8.4	ML	4.3	2 km S Castelsantangelo sul Nera (MC)
8669361	2016-10-26T19:18:05.910000	42.902	131.277	9.2	ML	4.5	2 km W Castelsantangelo sul Nera (MC)
8669321	2016-10-26T19:18:07.420000	429.048	130.902	9.6	Mw	5.9	3 km S Visso (MC)
8676191	2016-10-26T21:42:01.940000	42.864	131.223	9.9	Mw	4.5	4 km SW Castelsantangelo sul Nera (MC)
8692821	2016-10-27T03:19:27.130000	428.427	131.427	9.2	Mw	4.0	6 km S Castelsantangelo sul Nera (MC)
8694191	2016-10-27T03:50:24.070000	429.847	131.205	8.7	Mw	4.1	5 km NW Ussita (MC)
8706291	2016-10-27T08:21:45.610000	428.747	13.099	9.4	Mw	4.3	5 km E Preci (PG)
8728691	2016-10-27T17:22:22.930000	428.398	130.983	9.1	Mw	4.2	5 km N Norcia (PG)
8831921	2016-10-29T16:24:33.170000	428.113	130.947	10.9	Mw	4.1	2 km N Norcia (PG)
8863681	2016-10-30T06:40:17.320000	428.303	131.092	10.0	Mw	6.5	4 km NE Norcia (PG)
8863791	2016-10-30T06:41:17.010000	42.772	131.358	9.3	ML	4.3	4 km SE Norcia (PG)
8863851	2016-10-30T06:43:08.810000	427.668	131.383	9.7	ML	4.0	5 km SE Norcia (PG)

8863891	2016-10-30T06:44:30.670000	428.548	130.853	8.3	ML	4.4	5 km SE Preci (PG)
8864261	2016-10-30T06:56:05.780000	427.993	131.077	10.5	ML	4.2	1 km NE Norcia (PG)
8864881	2016-10-30T07:05:56.340000	427.963	131.607	9.1	ML	4.1	5 km E Norcia (PG)
8864921	2016-10-30T07:06:45.200000	428.743	130.568	9.9	ML	4.1	2 km E Preci (PG)
8865061	2016-10-30T07:08:35.450000	427.127	13.142	9.9	ML	4.2	9 km W Accumoli (RI)
8866521	2016-10-30T07:34:47.900000	429.273	131.328	9.5	ML	4.0	2 km S Ussita (MC)
8870011	2016-10-30T08:35:58.560000	428.367	130.788	10.3	Mw	4.3	5 km N Norcia (PG)
8879831	2016-10-30T11:21:08.660000	430.623	130.662	7.7	Mw	4.0	2 km W Pievebovigliana (MC)
8881771	2016-10-30T11:58:17.460000	428.448	130.565	9.8	Mw	4.0	4 km SE Preci (PG)
8882341	2016-10-30T12:07:00.210000	428.418	130.757	9.7	Mw	4.5	5 km SE Preci (PG)
8887571	2016-10-30T13:34:54.400000	428.063	131.658	9.6	Mw	4.1	6 km E Norcia (PG)
8904671	2016-10-30T18:21:09.000000	427.823	131.503	8.5	Mw	4.0	5 km E Norcia (PG)
8936321	2016-10-31T03:27:40.300000	427.612	130.858	10.6	Mw	4.0	4 km S Norcia (PG)
8949131	2016-10-31T07:05:44.890000	428.388	131.263	9.5	Mw	4.0	6 km NE Norcia (PG)
9033461	2016-11-01T07:56:40.340000	429.902	131.345	8.3	Mw	4.8	5 km N Ussita (MC)
9068331	2016-11-01T18:03:07.660000	428.003	131.567	9.4	ML	4.0	5 km E Norcia (PG)
9166761	2016-11-03T00:35:01.290000	430.277	130.493	8.1	Mw	4.7	2 km S Pieve Torina (MC)
9869761	2016-11-14T01:33:43.970000	428.587	131.562	10.9	ML	4.1	4 km S Castelsantangelo sul Nera (MC)
11382811	2016-12-11T12:54:52.970000	429.048	131.175	8.5	ML	4.3	3 km W Castelsantangelo sul Nera (MC)
13274891	2017-02-03T03:47:55.870000	429.932	130.203	7.1	Mw	4.0	1 km E Monte Cavallo (MC)
13276121	2017-02-03T04:10:05.320000	42.992	130.173	7.1	Mw	4.2	1 km E Monte Cavallo (MC)
15023141	2017-04-27T21:16:58.780000	429.572	130.458	7.9	Mw	4.0	5 km NW Visso (MC)
15023211	2017-04-27T21:19:42.650000	42.952	130.467	7.9	Mw	4.0	4 km NW Visso (MC)
18596591	2018-04-04T02:19:45.510000	430.598	130.312	7.8	Mw	4.0	2 km NW Pieve Torina (MC)

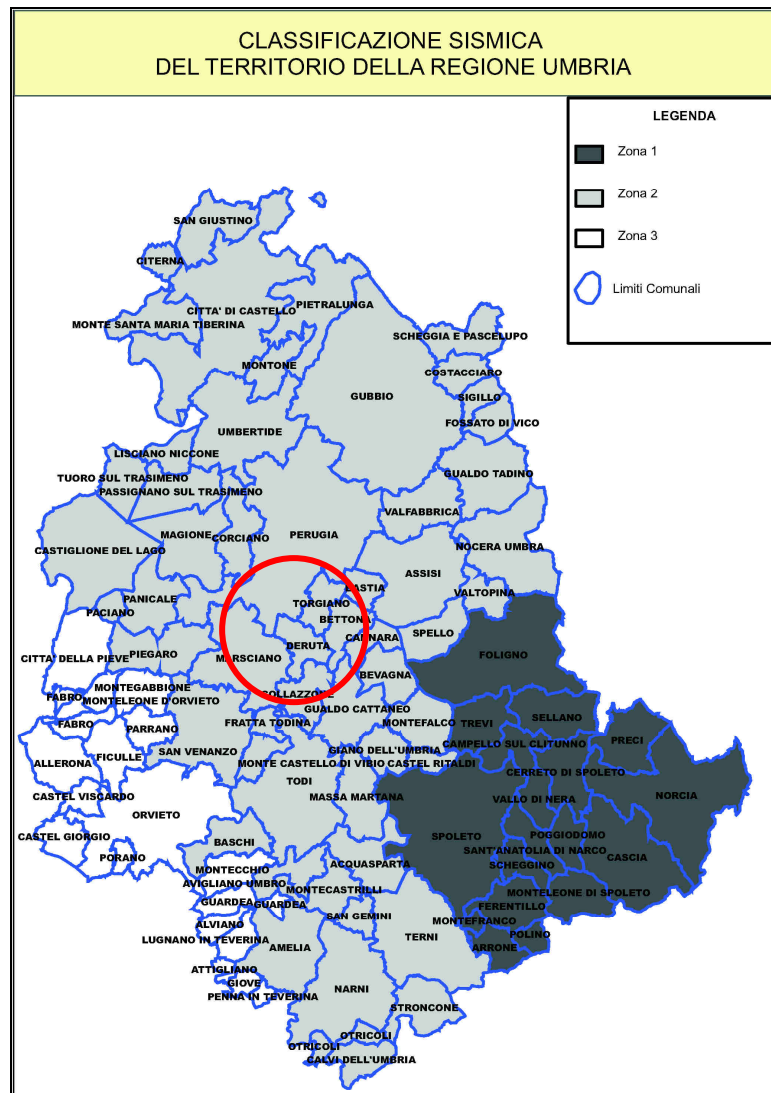
18673351	2018-04-10T03:11:30.760000	430.687	130.365	8.1	Mw	4.6	2 km SW Muccia (MC)
----------	----------------------------	---------	---------	-----	----	-----	---------------------



Cartografia schematica con ubicazione eventi sismici recenti con Magnitudo > 4

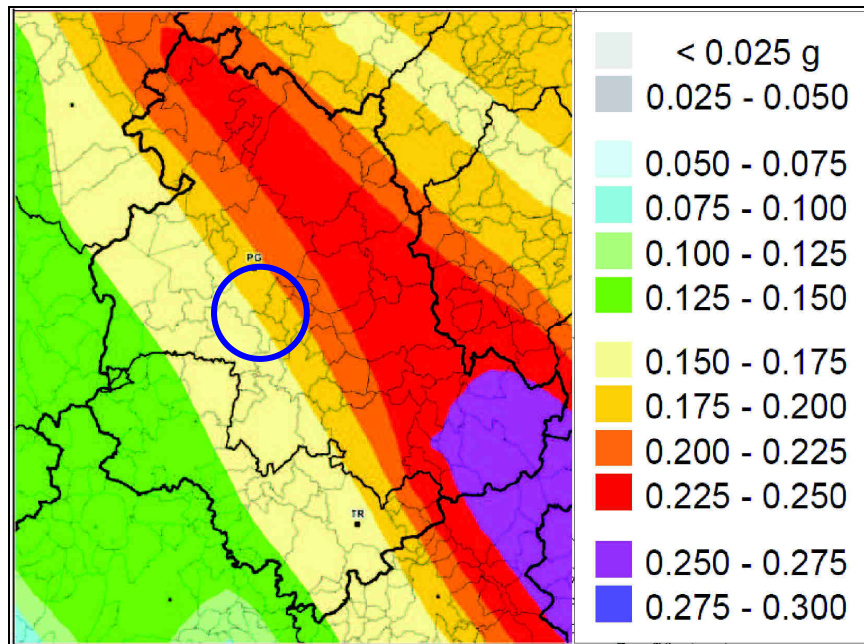
### 3.3 PERICOLOSITÀ DI BASE

Il territorio comunale di Deruta (PG), è attualmente classificato come *zona sismica 2*, come evidenziato dalla D.G.R. del 18 settembre 2012 n. 1111 "Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria".

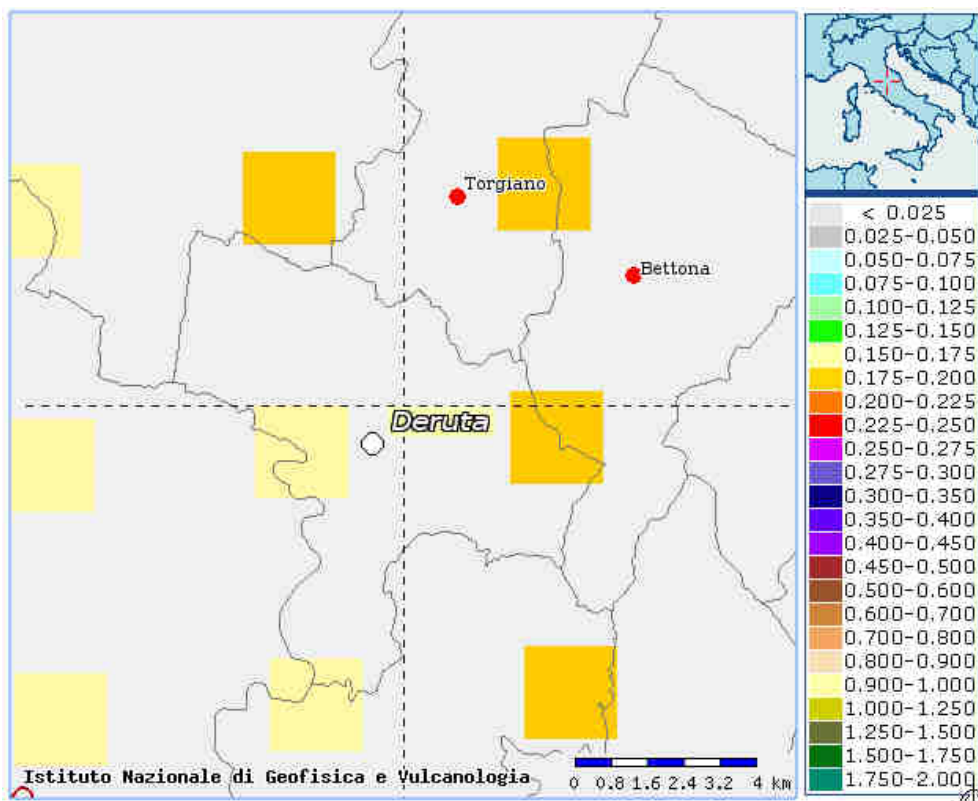


*Classificazione sismica dei comuni della REGIONE UMBRIA (DGR 1111/2012)*

Per quanto concerne la Pericolosità sismica di base, si è fatto riferimento alla vigente Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale, INGV, 2004 e alla Mappa interattiva di Pericolosità Sismica del progetto DPC-INGV S1 (consultabili al sito <http://esse-1gis.mi.ingv.it>), INGV, entrambe analogamente espresse in termini di accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ ), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a sottosuoli molto rigidi ( $V_s > 800$  m/s, Cat. A).



Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale (stralcio per la Regione Umbria con individuazione del territorio comunale di Deruta) – INGV



Mappa di Pericolosità Sismica del Comune di Deruta - INGV

In particolare, sulla Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale sopra riportata, la quasi totalità del territorio comunale è zonata con  $a_g$  compreso tra gli intervalli 0.150-0.175 e 0.175-0.200

Per l'assegnazione alla zona 2, conseguentemente alla OPCM 3519 del 28 aprile 2006, la Regione Umbria, come indicato nella D.G.R. del 18 settembre 2012 n. 1111, ha applicato esclusivamente il criterio della prevalenza territoriale al di sopra del valore soglia.

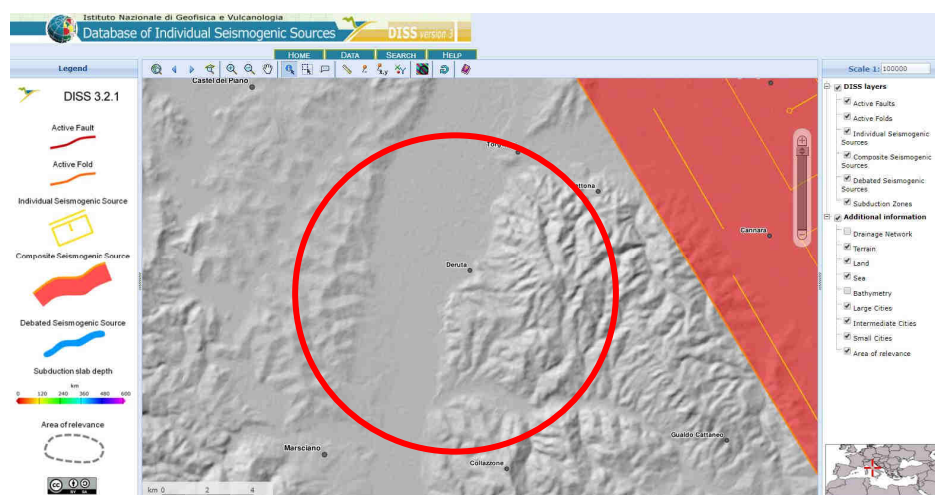
Dalla Mappa interattiva di Pericolosità Sismica del progetto DPC-INGV S1, INGV, congruente con le tabelle dei valori di  $a_g$  indicati nell'OPCM 3519/2006, sono stati individuati i valori di  $a_g$  riportati nella tabella seguente, relativi ai nodi di riferimento per le località analizzate nel presente studio.

TABELLA VALORI DI $a_g$ PER I NODI DI RIFERIMENTO			
ID nodo di riferimento	Longitudine (°)	Latitudine (°)	$a_g$ (g)
23405	12.3957	43.0297	0.1770
23406	12.4641	43.0304	0.1943
23627	12.3966	42.9797	0.1701
23628	12.4650	42.9804	0.1846
23849	12.3975	42.9297	0.1649
23850	12.4658	42.9304	0.1763

L'abitato di Deruta risulta compreso tra i nodi di riferimento ID 23405-23406-23627-23628.

Il valore medio approssimato di  $a_g$ , considerato per tutte le località studiate, può quindi essere assunto pari a 0,18g.

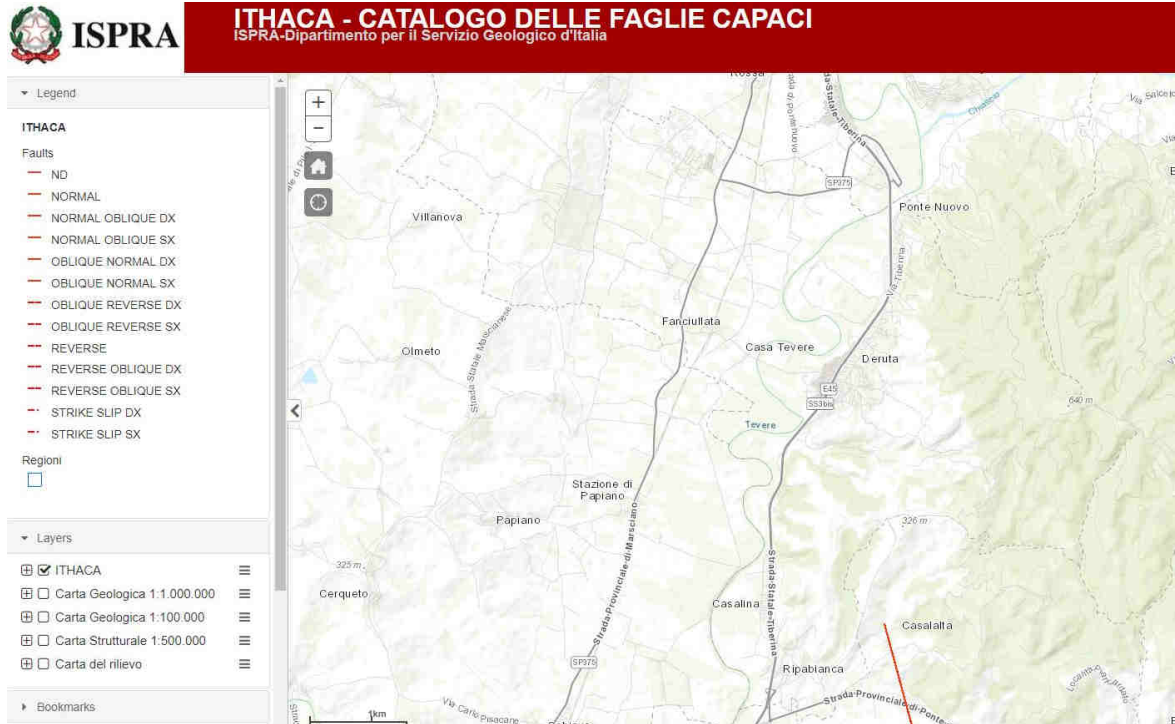
Un quadro sintetico delle sorgenti sismogenetiche attive nell'area d'interesse può essere estratto dal "Database of Individual Seismogenic Sources" (<http://diss.rm.ingv.it/dissGM/>) versione 3.2.1 (DISS Working Group, 2009; Basili et al., 2008).



Stralcio cartografico del Database of Individual Seismogenic Sources " (DISS) interessante il Comune di Deruta

Si può osservare come il territorio comunale di Deruta non ricada all'interno di Sorgenti Sismogenetiche e non vi siano faglie attive.

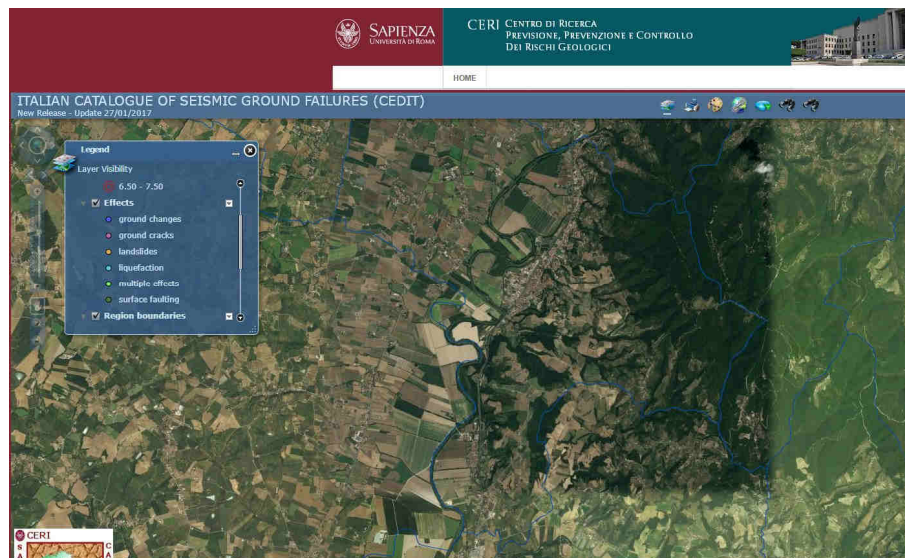
Altro database consultato per quadro sintetico delle sorgenti sismogenetiche attive nell'area d'interesse può essere estratto dal "ITHACA- Catalogo delle faglie capaci" (<http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/>) (ISPRA).



Stralcio cartografico del "Catalogo ITHACA delle faglie capaci" interessante il Comune di Deruta

Si può osservare come il territorio comunale di Deruta non ricada all'interno di Sorgenti Sismogenetiche e non vi siano faglie attive.

Per una valutazione degli effetti sismo indotti è stato consultato il catalogo "CEDIT – Catalogo italiano degli Effetti Deformativi del suolo Indotti dai forti Terremoti" ([http://www.ceri.uniroma1.it/index\\_cedit.html](http://www.ceri.uniroma1.it/index_cedit.html)) (Fortunato C., Martino S., Prestininzi A., Romeo R.W., coauthors Fantini A., Sanandrea P. (2012). New release of the Italian catalogue of earthquake-induced ground failures (CEDIT). Italian Journal of Engineering Geology and Environment, DOI: 10.4408/IJEGE.2012-02.O-05).



*Stralcio cartografico del "CEDIT – Catalogo italiano degli Effetti Deformativi del suolo Indotti dai forti Terremoti" interessante il Comune di Deruta*  
Si può osservare come il territorio comunale di Deruta, dalla consultazione del catalogo CEDIT, non sia interessato da fenomeni sismo indotti.

#### **4.0 APPROFONDIMENTO DEGLI ASPETTI CONOSCITIVI NELLE AREE URBANIZZATE SOGGETTE A TRASFORMAZIONE URBANISTICA E DA URBANIZZARE.**

##### **4.1 Deruta Capoluogo**

Tutto il territorio ricompreso nella località Deruta riportata nella cartografia in scala 1: 10.000 è stato ricompreso negli di livello 1, 2 e 3 condotti negli anni precedenti dal Comune di Deruta.

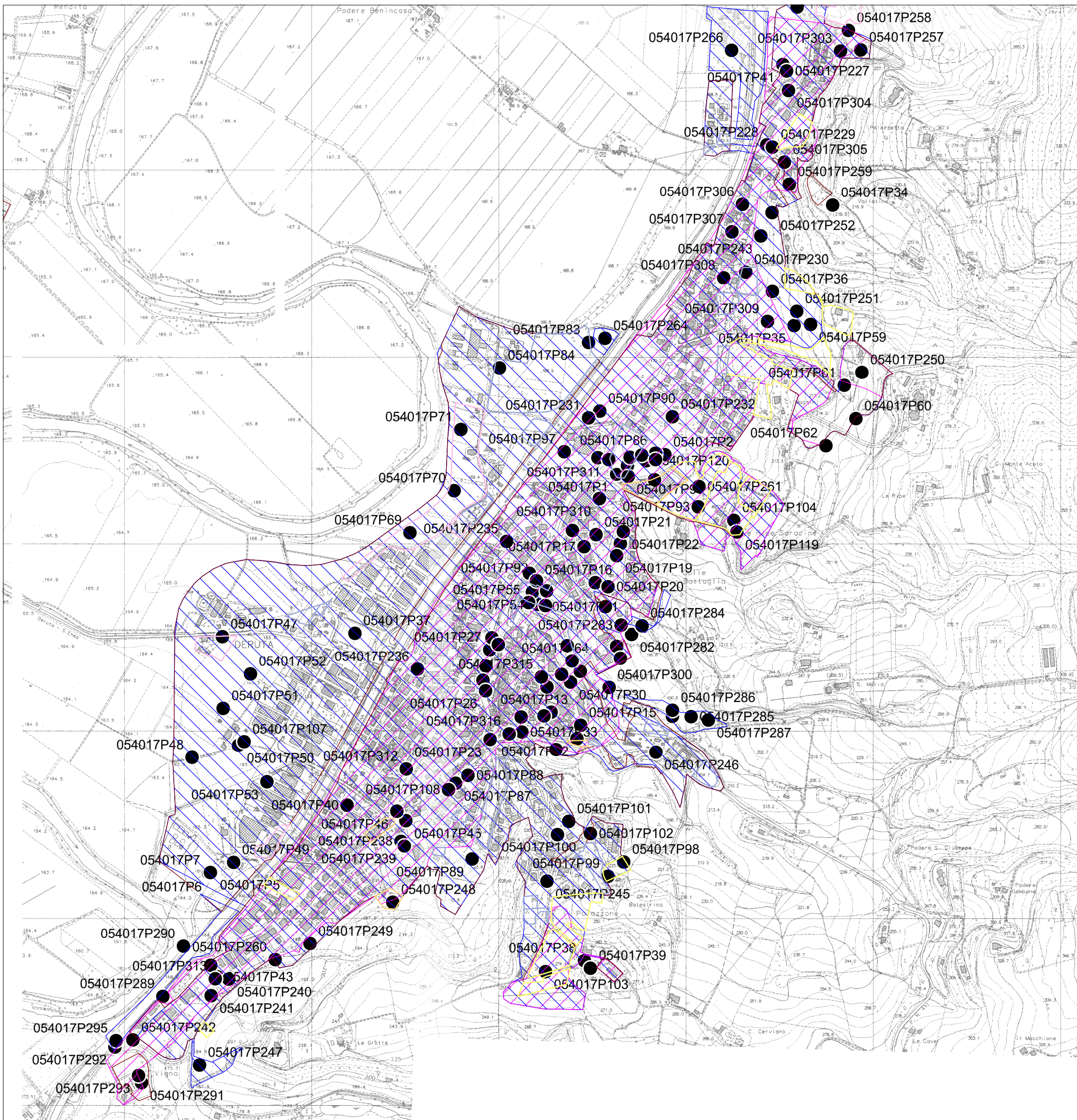
Tali studi, tramite indagini reperite e realizzate hanno permesso di individuare Microzonee Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) aree cioè caratterizzate da assetti sismo-stratigrafici simili sulla base di determinati standard.

Dopodiché, in tutta la fascia ad Est dell'asse viario della E45 sono state condotti studi di MS2 e 3 con correlazioni e modellazioni specifiche che hanno permesso di determinarne gli Fa, Fattori di amplificazione sismica.

La zona ad Ovest della E45 fino al F. Tevere, è stato oggetto di MS1 con assegnazione di MOPS 30502008 (si veda carta MS1 Deruta), caratterizzata cioè da una zona di attenzione per liquefazione (3050) la seguente sismo-stratigrafia di riferimento:

**Zona 8 - 2008** - Sabbie con ghiaie e sabbie-limose poco addensate con spessore compreso 3.0 m e 15.0 m (Vs media 350 m/s), sovrastanti limi, limi-argillosi e limi-sabbiosi consistenti con lenti sabbioso ghiaiose addensate con spessore >>75 m (Vs media 500 m/s), sovrastanti il substrato Vs>800 m/s

# Località Deruta Scala 1:10.000



-  Aree MS23
-  Aree MS1
-  Indagini MS1-MS23

-  Macroarea
-  Aree IASP
-  Aree IPRE
-  Aree IPSEN
-  Aree NIR

#### 4.2 Pontenuovo

Tutto il territorio ricompreso nella località Pontenuovo riportata nella cartografia in scala 1: 10.000 è stato ricompreso negli studi di MS di livello 1, 2 e 3 condotti negli anni precedenti dal Comune di Deruta.

Tali studi, tramite indagini reperite e realizzate hanno permesso di individuare Microzonee Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) aree cioè caratterizzate da assetti sismo-stratigrafici simili secondo determinati standard.

Dopodiché in alcune aree collinari, sono state condotti studi di MS2 e 3 con correlazioni e modellazioni specifiche che hanno permesso di determinarne gli  $F_a$ , Fattori di amplificazione sismica.

Le restanti aree sono stato oggetto di MS1 con assegnazione delle seguenti MOPS (si veda carta MS1 Deruta\_2):

**Zona 0 - 2099** - Substrato molto fratturato o alterato ( $V_s$  media 700 m/s) con spessore compreso tra 3.0 m e 12.0 m sovrastante il substrato integro ( $V_s > 800$  m/s).

**Zona 1 - 2001** - Sabbie e ghiaie addensate con spessore compreso tra 3.0 m e 12.0 m ( $V_s$  media 350 m/s), sovrastanti il substrato ( $V_s > 800$  m/s).

**Zona 3 - 2003** - Limi, limi argillosi e limi sabbiosi consistenti con spessore compreso tra 20.0 m e 50.0 m ( $V_s$  media 500 m/s), sovrastanti il substrato ( $V_s > 800$  m/s).

**Zona 4 - 2004** - Limi, limi argillosi e limi sabbiosi consistenti con lenti sabbioso/ghiaiose addensate con spessore molto superiore a 75.0 m ( $V_s$  media 500 m/s), sovrastanti il substrato ( $V_s > 800$  m/s).

**Zona 6 - 2006** - Sabbie con ghiaie e sabbie-limose poco addensate con spessore minimo di 3.0 m e massimo di 15.0 m ( $V_s$  media 350 m/s), sovrastanti il substrato ( $V_s > 800$  m/s).

**Zona 7 - 2007** - Sabbie con ghiaie e sabbie limose poco addensate con spessore compreso tra 3.0 m e 15.0 m ( $V_s$  media 350 m/s), sovrastanti limi, limi-argillosi e limi-sabbiosi consistenti con lenti sabbioso ghiaiose addensate con spessore compreso tra 15.0 m e 45.0 m ( $V_s$  media 500 m/s), sovrastanti il substrato ( $V_s > 800$  m/s).

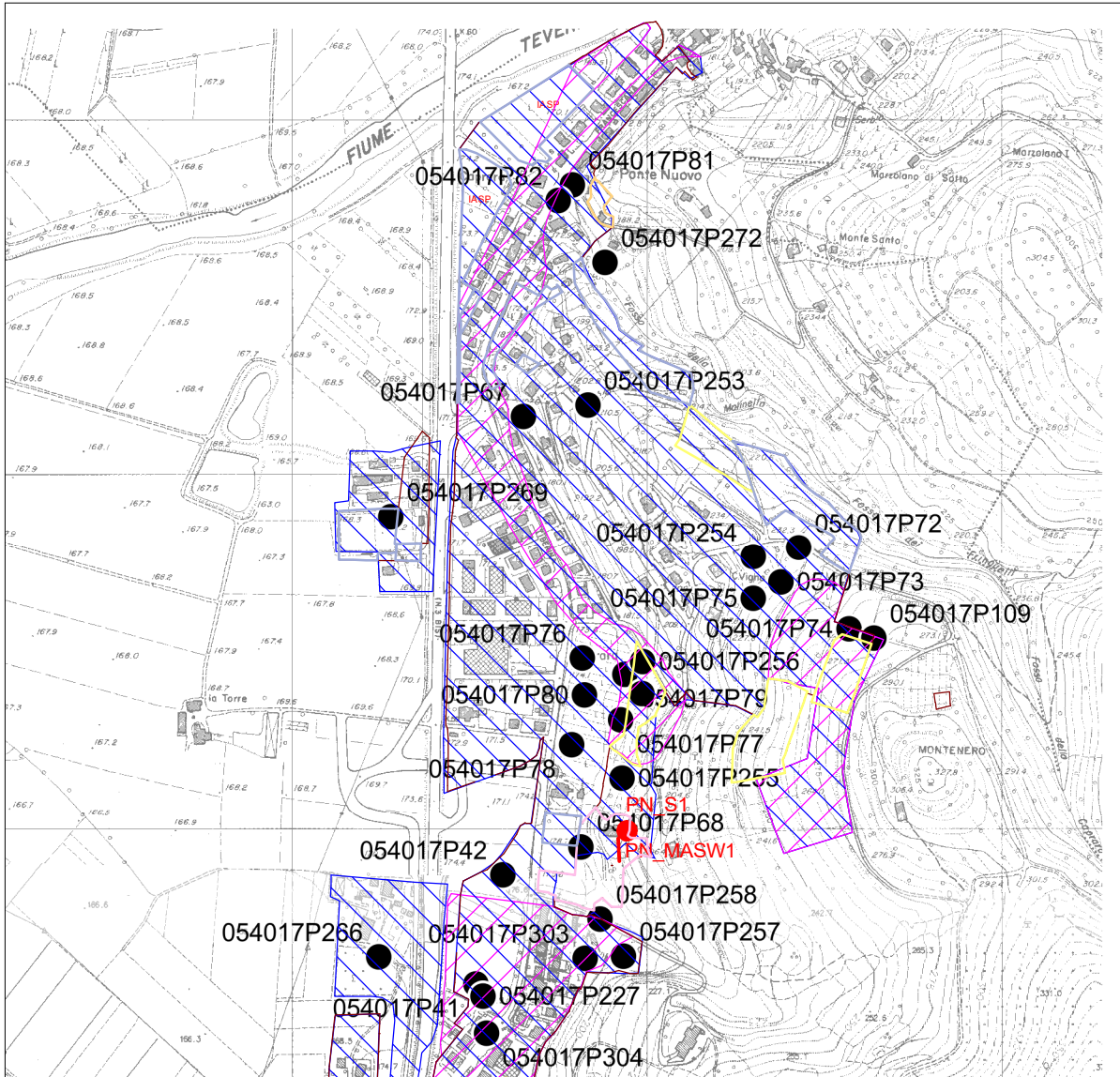
**Zona 8 - 2008** - Sabbie con ghiaie e sabbie-limose poco addensate con spessore compreso 3.0 m e 15.0 m ( $V_s$  media 350 m/s), sovrastanti limi, limi-argillosi e limi-sabbiosi consistenti con lenti sabbioso ghiaiose addensate con spessore  $>>75$  m ( $V_s$  media 500 m/s), sovrastanti il substrato ( $V_s > 800$  m/s).


La MOPS 2009 può essere associata alla MOPS 2008

Alcune aree sono state classificate come zone di attenzione per liquefazione (3050)

# Località Pontenuovo

## Scala 1:10.000





 Aree MS23

 Aree MS1

 Indagini MS1-MS23

Nuove indagini reperite

 Sondaggio

 MASW Indagine MASW

 Macroarea

 Aree IASP

 Aree IPRE

 Aree IPSEN

 Aree NIR

#### **4.3 S. Nicolò di Celle**

Tutto il territorio ricompreso nella località S. Nicolò di Celle riportato nella cartografia in scala 1: 10.000 è stato ricompreso negli di livello 1, 2 condotti negli anni precedenti dal Comune di Deruta.

Tali studi, tramite indagini reperite e realizzate hanno permesso di individuare Microzonee Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) aree cioè caratterizzate da assetti sismostratigrafici simili secondo determinati standard.

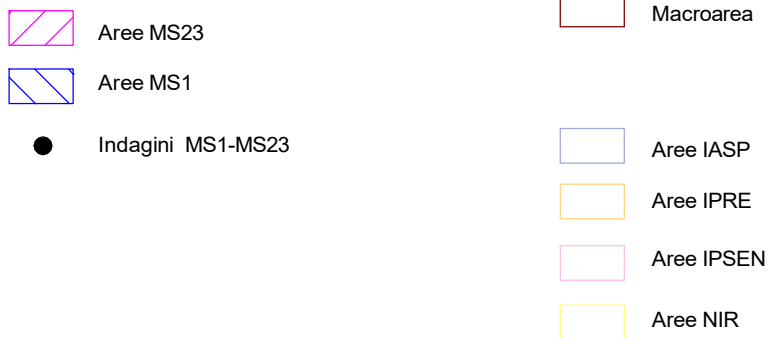
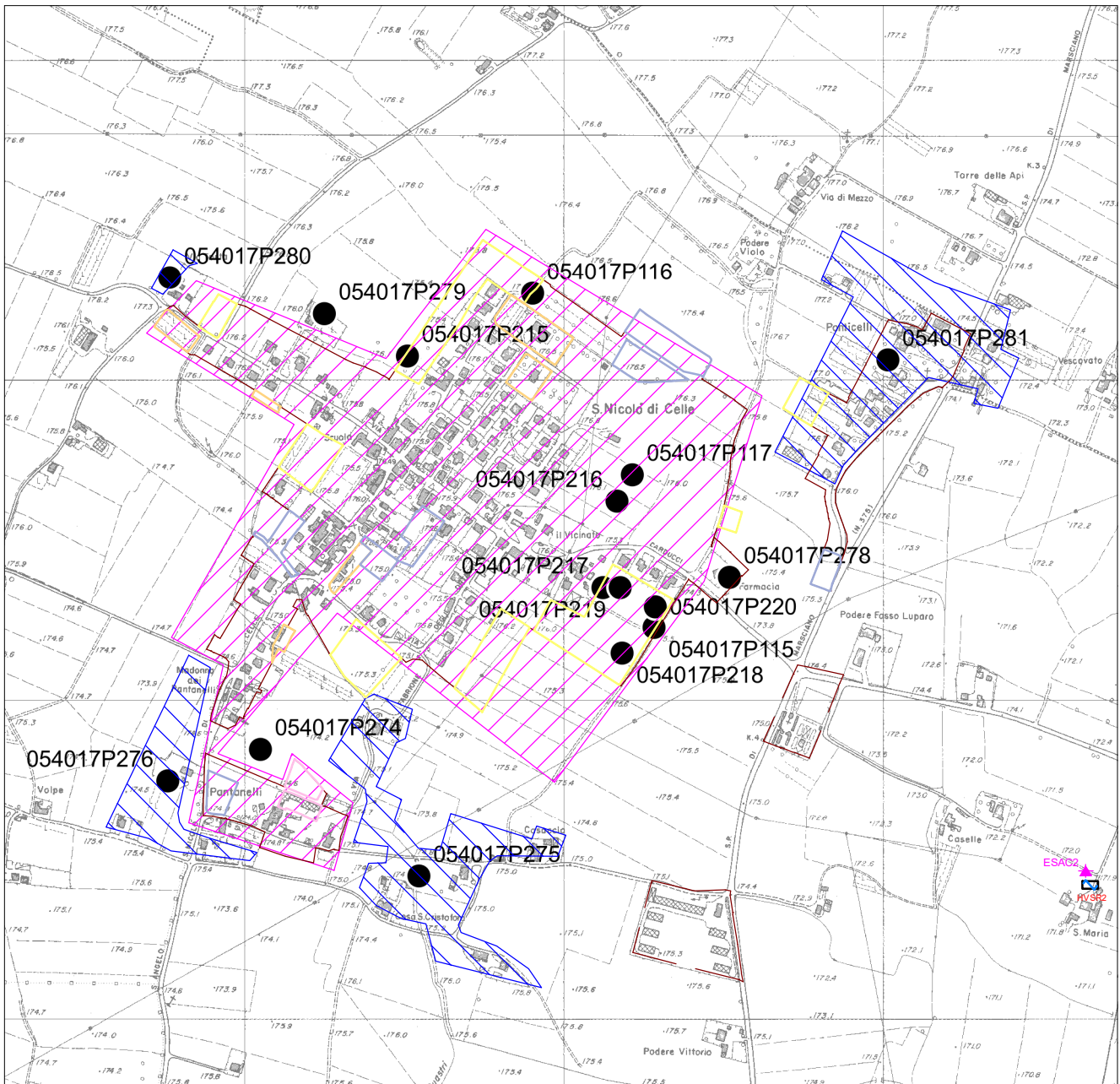
A tutto il territorio di S. Angelo di Celle è stata assegnata la MOPS 30502008 (si veda carta MS1 Deruta\_2): caratterizzata cioè da una zona di attenzione per liquefazione (3050) dei terreni con stratigrafia di riferimento 2008:

**Zona 8 - 2008** - Sabbie con ghiaie e sabbie-limose poco addensate con spessore compreso 3.0 m e 15.0 m ( $V_s$  media 350 m/s), sovrastanti limi, limi-argillosi e limi-sabbiosi consistenti con lenti sabbioso ghiaiose addensate con spessore  $\gg 75$  m ( $V_s$  media 500 m/s), sovrastanti il substrato  $V_s > 800$  m/s

Tutte le aree limitrofe classificate come MOPS 2009 ricadono anche esse nella MOPS 2008

# Località San Nicolò di Celle

## Scala 1:10.000



#### **4.4 S. Angelo di Celle**

Tutto il territorio ricompreso nella località S. Angelo di Celle riportato nella cartografia in scala 1: 10.000 è stato ricompreso negli di livello 1, 2 condotti negli anni precedenti dal Comune di Deruta.

Tali studi, tramite indagini reperite e realizzate hanno permesso di individuare Microzonee Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) aree cioè caratterizzate da assetti sismostratigrafici simili secondo determinati standard.

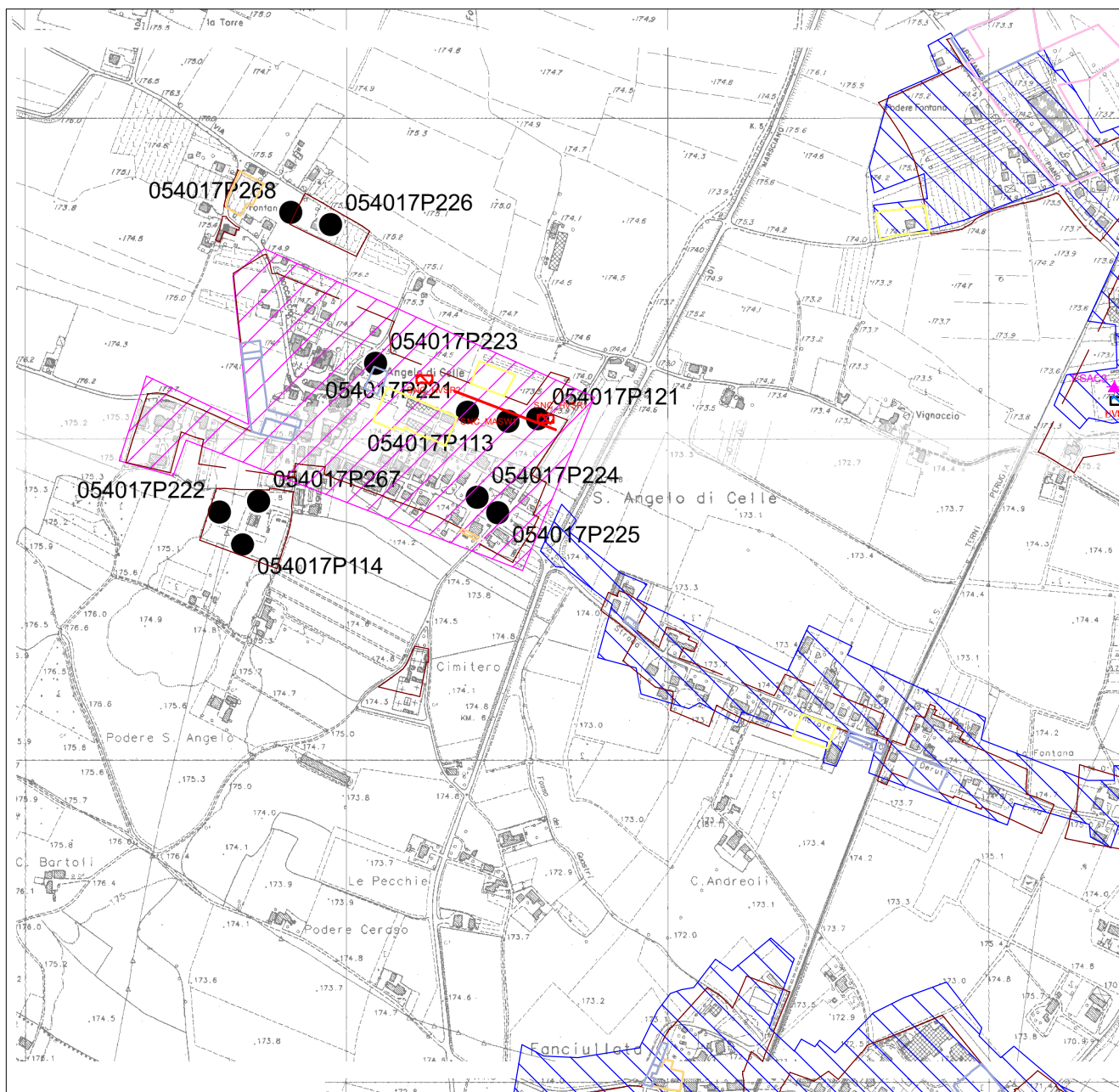
A tutto il territorio di S. Angelo di Celle è stata assegnata la MOPS 30502008 (si veda carta MS1 Deruta\_2): caratterizzata cioè da una zona di attenzione per liquefazione (3050) dei terreni con stratigrafia di riferimento 2008:


**Zona 8 - 2008** - Sabbie con ghiaie e sabbie-limose poco addensate con spessore compreso 3.0 m e 15.0 m (Vs media 350 m/s), sovrastanti limi, limi-argillosi e limi-sabbiosi consistenti con lenti sabbioso ghiaiose addensate con spessore >>75 m (Vs media 500 m/s), sovrastanti il substrato Vs>800 m/s

Tutte le aree limitrofe classificate come MOPS 2009 ricadono anche esse nella MOPS 2008


# Località San Angelo di Celle

## Scala 1:10.000



 Aree MS23

 Aree MS1

 Indagini MS1-MS23

 Macroarea

 Aree IASP

 Aree IPRE

 Aree IPSEN

 Aree NIR

#### 4.5 Viale-Fanciullata

Si tratta di un vasto territorio compreso tra il Fiume Tevere ad Est e l'allineamento S. Nicolò di Celle/S. Angelo di Celle ad Ovest.

Queta porzione di territorio riportato nella cartografia in scala 1: 10.000 è stato ricompreso negli studi MS di livello 1, condotti negli anni precedenti dal Comune di Deruta.

La MOPS di riferimento individuata dei vari nuclei abitati è la 2009:

**Zona 9 - 2009** - Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbie e argilla fino ad almeno 10 m (Vs media 350 m/s),

Per mancanza di dati sismici profondi, tale MOPS non era stata studiata fino al basamento sismico.

In questa fase sono state reperite una serie di indagini e realizzate specifiche indagini sismiche (ESAC+HVSr in analisi congiunta) che hanno permesso una ricostruzione dell'assetto sismostratigrafico profondo.

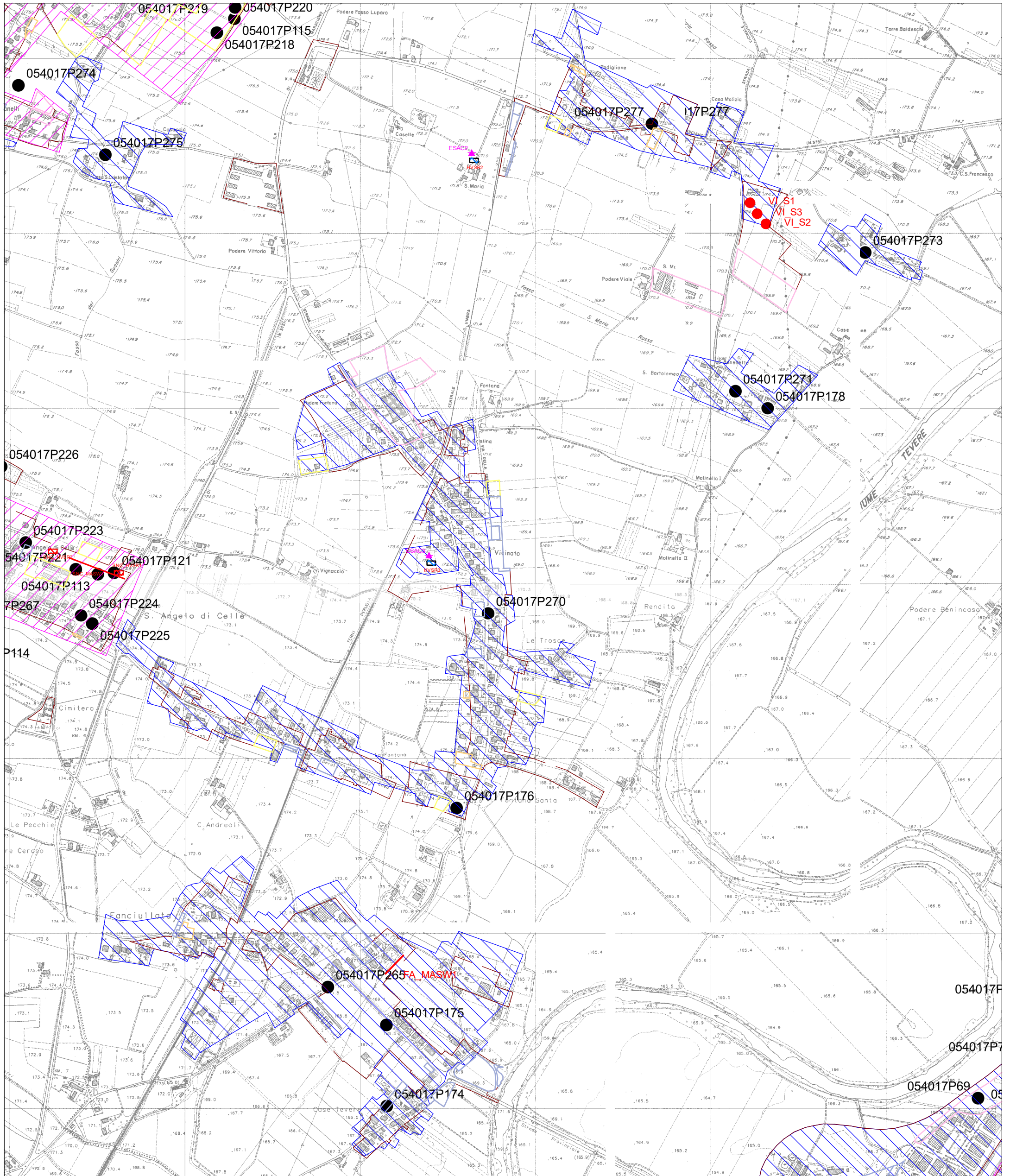
Le indagini ESAC2+UVSR2 e ESAC3+HVSr3 hanno individuato la presenza di terreni fino a circa 17.0-19.0 m con VS media di 360 m/s (ghiaie e sabbie), sovrastanti terreni con VS media di circa 550/600 m/s (limi ed argille) sovrastanti il basamento sismico (VS>800 m/s).














Sulla base di tali dati a tutti gli abitati ricompresi nella fascia che da Viale a nord arriva fino a Fanciullata sa Sud si può in via preliminare assegnare la MOPS:

**Zona 8 - 2008** - Sabbie con ghiaie e sabbie-limose poco addensate con spessore compreso 3.0 m e 15.0 m (Vs media 350 m/s), sovrastanti limi, limi-argillosi e limi-sabbiosi consistenti con lenti sabbioso ghiaiose addensate con spessore >>75 m (Vs media 500 m/s), sovrastanti il substrato Vs>800 m/s

# Località Viale-Fanciullata

## Scala 1:10.000



- |   |   |   |   |  |
|---|---|---|---|--|
|  Aree MS23         | <b>Nuove indagini reperite</b>  |  ESACn | <b>Nuove indagini realizzate Comune Deruta 2022</b> |  Macroarea  |
|  Aree MS1          |  Sondaggio |  HVSRn | <b>Indagine sismica tipo ESAC</b>                   |  Aree IASP  |
|  Indagini MS1-MS23 |  MASW      |   | <b>Indagine MASW</b>                                |  Aree IPRE  |
|   |  HVSR      |   | <b>HVSR</b>   |  Aree IPSEN |
|   |   |   |   |  Aree NIR   |

#### **4.6 Casalina**

Questa porzione di territorio riportato nella cartografia in scala 1: 10.000 è stato ricompreso negli studi di livello 1, condotti negli anni precedenti dal Comune di Deruta.

Le MOPS di riferimento sono:

**Zona 9 - 2009** - Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbie e argilla fino ad almeno 10 m ( $V_S > 800$  m/s).

**Zona 10 - 2010** - Argille inorganiche di media e bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose argille magre fino ad almeno 10 m ( $V_S > 800$  m/s).

**Zona 11 - 2011** - Limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità fino ad almeno 10 m. ( $V_S > 800$  m/s).

Anche in questo caso, per mancanza di dati sismici profondi, tale MOPS non era stata studiata fino al basamento sismico.

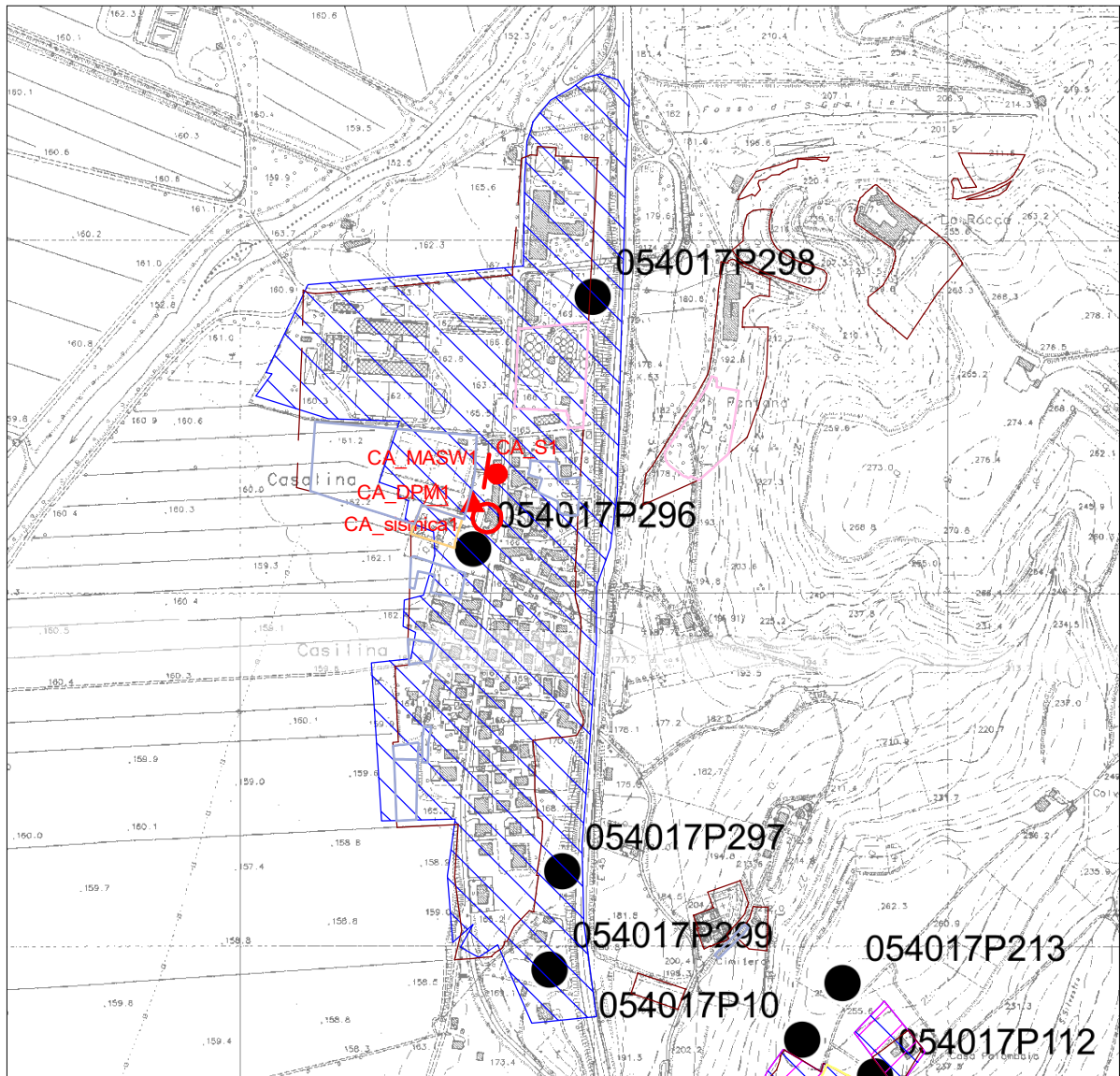
In questa fase sono state reperite una serie di indagini che hanno permesso una ricostruzione preliminare dell'assetto sismo-stratigrafico profondo.


Da uno studio sismico è stata determinata la profondità del basamento sismico  $V_S > 800$  m/s a circa a 23 m da p.c. con velocità media dello strato superiore di circa 400 m/s.

Tale sismo-stratigrafia può ragionevolmente essere associato a tutta la zona abitata di Casalina.


# Località Casalina

## Scala 1:10.000





 Aree MS23

 Aree MS1


 Indagini MS1-MS23

Nuove indagini reperite

 Sondaggio

 MASW Indagine MASW

 Prova penetrometrica

 n. 2 indagini MASW  
n. 1 indagine RE.MI  
n. 1 rifrazione in tomografia  
n. 2 indagini HVSr (6 registrazioni)

 Macroarea

 Aree IASP

 Aree IPRE

 Aree IPSEN

 Aree NIR

#### 4.7 Ripabianca

Tutto il territorio ricompreso nella località Ripabianca riportato nella cartografia in scala 1: 10.000 è stato ricompreso negli di livello 1, 2 e 3 condotti negli anni precedenti dal Comune di Deruta.

Tali studi, tramite indagini reperite e realizzate hanno permesso di individuare Microzonee Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) aree cioè caratterizzate da assetti sismo-stratigrafici simili secondo determinati standard.

A tutto il territorio di Ripabianca è stata assegnata la MOPS 2004 (si veda carta MS1 Deruta\_2):

**Zona 4 - 2004** - Limi, limi argillosi e limi sabbiosi consistenti con lenti sabbioso/ghiaiose addensate con spessore molto superiore a 75.0 m (Vs media 500 m/s), sovrastanti il substrato (VS> 800 m/s).

Una zona IPSEN in prossimità dell'ansa del F. Tevere è fuori e distante dalle aree oggetto di precedenti studi di MS.

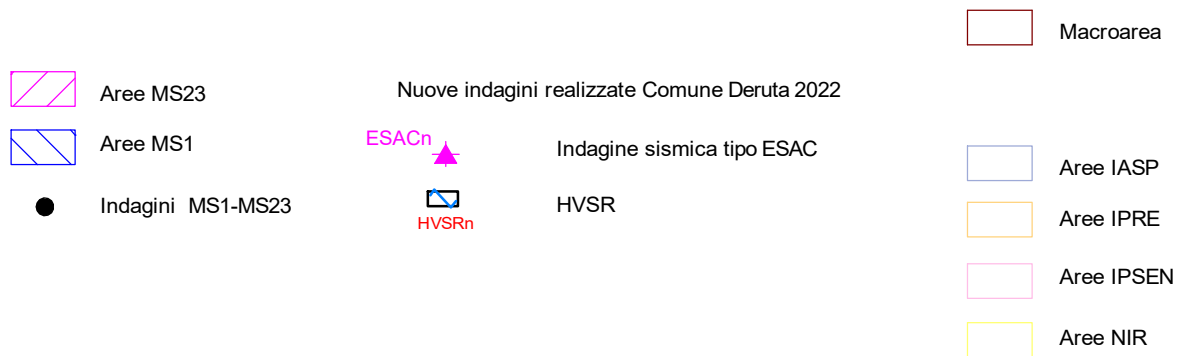
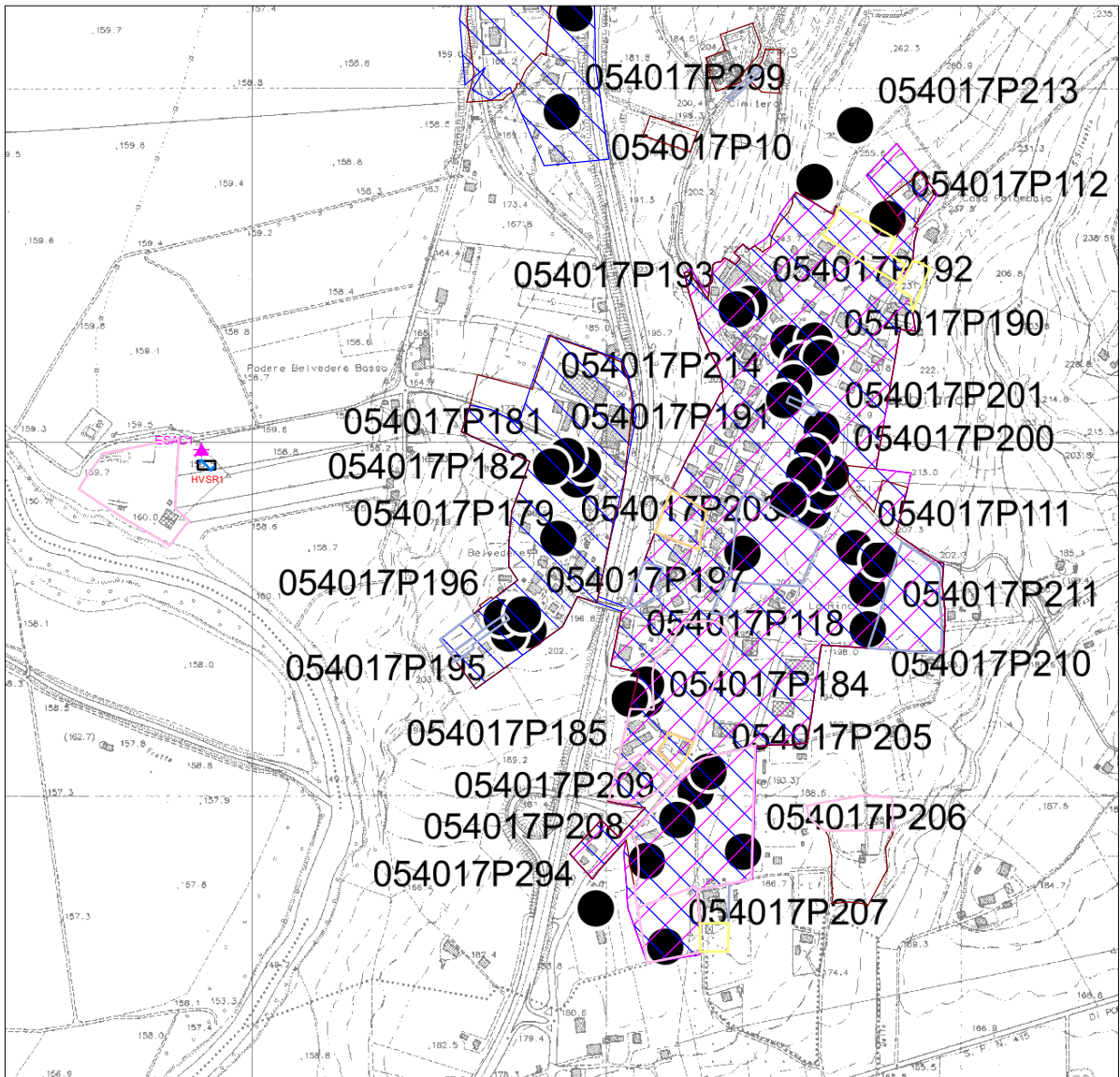
Per tale motivo in questa fase sono state realizzate specifiche indagini sismiche (ESAC+HVSR in analisi congiunta) che hanno permesso una ricostruzione dell'assetto sismo-stratigrafico profondo.

L'indagine ESAC1+HVSR ha individuato la presenza di terreni fino a circa 9.0 m con VS media di 240 m/s (ghiaie e sabbie), sovrastanti terreni con VS media di circa 550/600 m/s (limi ed argille) con spessori >150 m

Non è stato possibile individuare in maniera univoca il basamento sismico.

# Località Ripabianca

## Scala 1:10.000



#### **4.8 Castelleone**

Questa porzione di territorio riportato nella cartografia in scala 1: 10.000 è stato ricompreso negli studi di livello 1, condotti negli anni precedenti dal Comune di Deruta.

La MOPS di riferimento è:

**Zona 1022** – Zona Stabile con basamento Granulare cementato / non stratificato

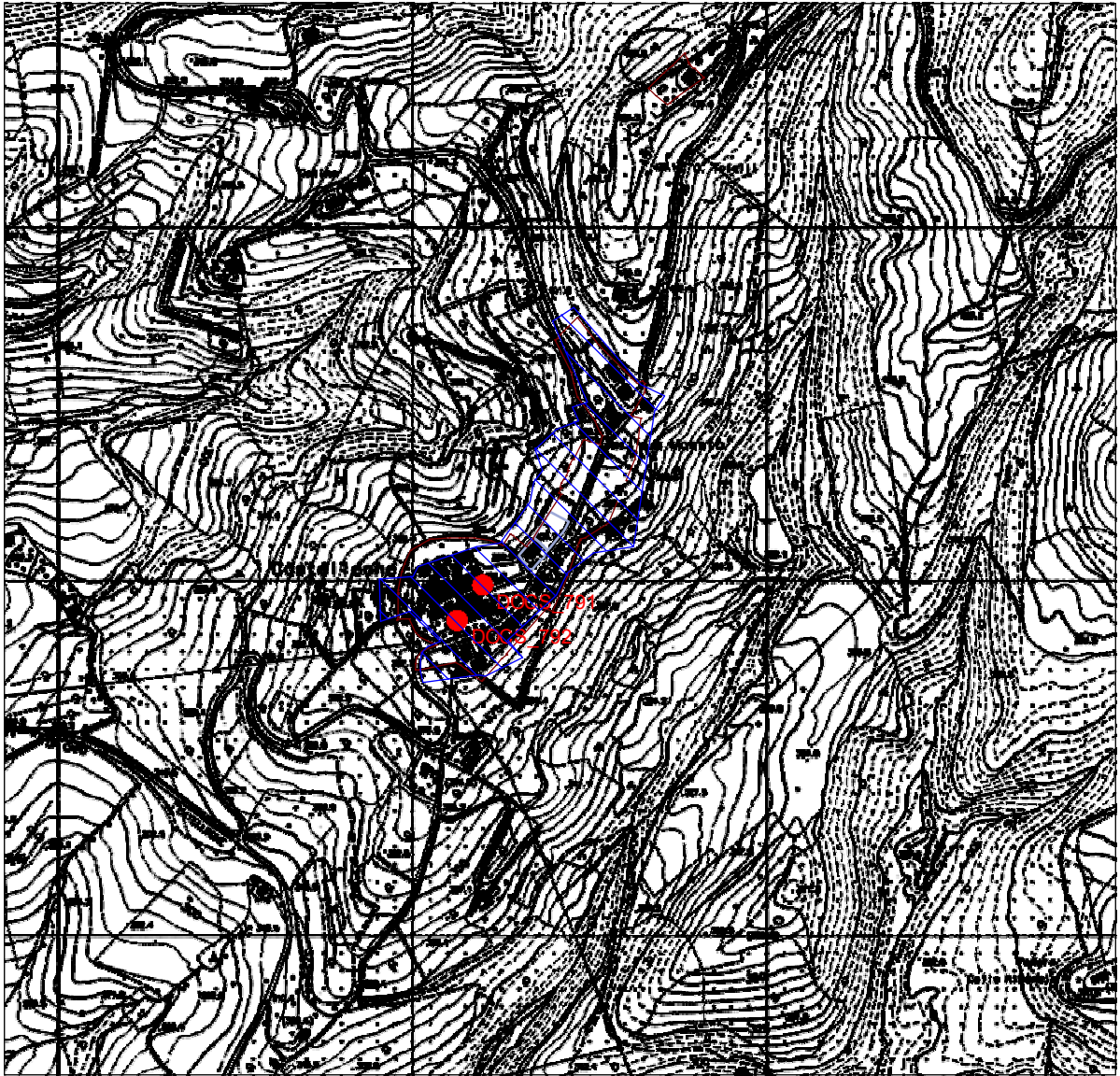
In questa fase sono state reperite una serie di indagini dal database della RU che hanno permesso una ricostruzione preliminare dell'assetto sismo-stratigrafico profondo.

Dai dati si evince come sia presente una copertura eluvio/colluviale con spessore di circa 4.0/5.0 m al di sopra del basamento litoide rappresentato dalla Marnoso Arenacea.

Non si hanno dati sull'assetto sismico della zona.

# Località Castelleone

## Scala 1:10.000



Aree MS1



Indagini MS1-MS23

Indagini reperite Database RU



Sondaggio



Macroarea



Aree IASP



Aree IPRE



Aree IPSEN



Aree NIR

## 5.0 INDAGINI DI NUOVO REPERIMENTO E NUOVA REALIZZAZIONE

# PONTENUOVO

COMUNE DI DERUTA

P.R.G. Parte Operativa



PN\_S1



Geol. Bazzurri Alessandro - Geol. Capuccini Simone - Arch. Giulia de Leo - Geom. Raichini Massimiliano  
 via Settevalli 264c - 06129 Perugia  
 Tel./ Fax 075\_5010038  
 email: info@litostudio.it - litostudio@pec.it

Cantiere	"La Molinella" - Comune di Deruta	Sondaggio n°	S1
Committente	IL PARCO S.A.S.	Inizio esecuzione	17/10/16
Ditta perforatrice	Geombria Service S.a.s	Fine esecuzione	17/10/16
Tipo perforazione	Carotaggio continuo con utilizzo di fluidi	Quota Ass. P.C.	
Geologo	Simone Capuccini	Pagina n°	1

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotag.	S.P.T. (n° colpi)	Pocket Test daN/cm2	Campioni	Metodo Perfor.	Cassette Catalog.
0.00		Sabbie limose debolmente addensate, marroni, presenti fustoli vegetali e inclusioni carboniose. (TERRENO VEGETALE)	0.20	100					
1.00		Sabbie fini da debolmente limose a limose, addensate, di color marrone con fiamme nocciola e brunastre; visibili clasti arenacei millimetrici. Presenti inclusioni carboniose.							
2.00									
3.00					11-9-11				
4.00					3.00 PA				
5.00			5.00					(CS)	1
5.00		Sabbie fini da poco lomose a debolmente limose, da addensate a molto addensate, nocciola. Visibili clasti arenacei centimetrici (2-3 cm) arrotondati.			6-13-18			5.00	5.00
6.00		Limi con sabbia. mediamente consistenti, di color marrone, presenti piccoli clasti arenacei millimetrici.	6.00		5.50 PA				
6.00						2,5			
6.00						3,0			
6.00		Sabbie fini poco limose, moderatamente addensate a tratti addensate, di color nocciola; visibili clasti arenacei millimetrici.	6.80						
8.00			8.00						

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT  
 Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua  
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa  
 Carotaggio: Carotaggio continuo con utilizzo di fluidi

Note: Il carotiere semplice utilizzato ha un diametro di 101 mm, corona al widia.

Macchina operatrice: CMV MK600



Geol. Bazzurri Alessandro - Geol. Capuccini Simone - Arch. Giulia de Leo - Geom. Raichini Massimiliano  
 via Settevalli 264c - 06129 Perugia  
 Tel./ Fax 075\_5010038  
 email: info@litostudio.it - litostudio@pec.it

Cantiere	"La Molinella" - Comune di Deruta	Sondaggio n°	S1
Committente	IL PARCO S.A.S.	Inizio esecuzione	17/10/16
Ditta perforatrice	Geombria Service S.a.s	Fine esecuzione	17/10/16
Tipo perforazione	Carotaggio continuo con utilizzo di fluidi	Quota Ass. P.C.	
Geologo	Simone Capuccini	Pagina n°	2

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotag	S.P.T. (n° colpi)	Pocket Test daN/cm2	Campioni	Metodo Perfor.	Cassette Catalog.
9.00		Sabbie fini poco limose, moderatamente addensate a tratti da addensate a molto addensate quasi cementate, di color nocciola; visibili clasti arenacei millimetrici.		%C=100	11-17-27 8.50 PA				
10.00									
11.00									
12.00			12.50		7-11-10 12.00 PA			(CS)	2
13.00								12.50	12.50
14.00									

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT  
 Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua  
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa  
 Carotaggio: Carotaggio continuo con utilizzo di fluidi

Note: Il carotiere semplice utilizzato ha un diametro di 101 mm, corona al widia.

Macchina operatrice: CMV MK600



-Posizionamento della macchina operatrice nel Sondaggio S1



-Sondaggio S1, cassetta catalogatrice n. 1 (da 0,00 m a 5,00 m)



-Sondaggio S1, cassetta catalogatrice n. 2 (da 5,00 m a 10,00 m)



-Sondaggio S1, cassetta catalogatrice n. 3 (da 10,00 m a 12,50 m)



Geol. Bazzurri Alessandro - Geol. Capuccini Simone - Arch. Giulia de Leo - Geom. Raichini Massimiliano  
 via Settevalli 264c - 06129 Perugia  
 Tel./ Fax 075\_5010038  
 email: info@litostudio.it - litostudio@pec.it

Cantiere	"La Molinella" - Comune di Deruta	Sondaggio n°	S2
Committente	IL PARCO S.A.S.	Inizio esecuzione	17/10/16
Ditta perforatrice	Geombria Service S.a.s	Fine esecuzione	17/10/16
Tipo perforazione	Carotaggio continuo con utilizzo di fluidi	Quota Ass. P.C.	
Geologo	Simone Capuccini	Pagina n°	1

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotag.	S.P.T. (n° colpi)	Pocket Test daN/cm2	Campioni	Metodo Perfor.	Cassette Catalog.
		Sabbie limose debolmente addensate, marroni, presenti fustoli vegetali e inclusioni carboniose. (TERRENO VEGETALE)	0.30	%C=100					
1.00		Sabbie fini debolmente limose, addensate, di color nocciola; visibili clasti arenacei millimetrici. Presenti inclusioni carboniose.	2.00	%C=100					
2.00									
3.00		Sabbie fini da limose a con limo, da addensate a molto addensate, di color marroni con inclusioni carboniose e piccoli clasti arenacei di dimensione millimetrica.		%C=100	12-12-14 3.30 PA		3.00 S 3.30		
4.00									
5.00								(CS)	1
6.00		Sabbie fini debolmente limose, adensate, con fiamme brunastre. Visibili piccoli clasti millimetrici arenacei.	6.00	%C=100	14-18-18 5.50 PA			5.00	5.00
			7.00	%C=100					

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT  
 Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua  
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa  
 Carotaggio: Carotaggio continuo con utilizzo di fluidi

Note: Il carotiere semplice utilizzato ha un diametro di 101 mm, corona al widia.

Macchina operatrice: CMV MK600



Geol. Bazzurri Alessandro - Geol. Capuccini Simone - Arch. Giulia de Leo - Geom. Raichini Massimiliano  
 via Settevalli 264c - 06129 Perugia  
 Tel./ Fax 075\_5010038  
 email: info@litostudio.it - litostudio@pec.it

Cantiere	"La Molinella" - Comune di Deruta	Sondaggio n°	S2
Committente	IL PARCO S.A.S.	Inizio esecuzione	17/10/16
Ditta perforatrice	Geoumbria Service S.a.s	Fine esecuzione	17/10/16
Tipo perforazione	Carotaggio continuo con utilizzo di fluidi	Quota Ass. P.C.	
Geologo	Simone Capuccini	Pagina n°	2

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotag	S.P.T. (n° colpi)	Pocket Test daN/cm2	Campioni	Metodo Perfor.	Cassette Catalog.	
8.00		Sabbie fini poco limose, moderatamente addensate a tratti da addensate a molto addensate quasi cementate, di color nocciola; visibili clasti arenacei millimetrici.		%C=100						
9.00										
10.00						4-10-12		S		
11.00						10.20 PA		10.20		
12.00			12.00				(CS)	2		
13.00							12.00	12.00		

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT  
 Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua  
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa  
 Carotaggio: Carotaggio continuo con utilizzo di fluidi

Macchina operatrice: CMV MK600

Note: Il carotiere semplice utilizzato ha un diametro di 101 mm, corona al widia.



-Posizionamento della macchina operatrice nel Sondaggio S2



-Sondaggio S2, cassetta catalogatrice n. 1 (da 0,00 m a 5,00 m)



-Sondaggio S2, cassetta catalogatrice n. 2 (da 5,00 m a 10,00 m)



-Sondaggio S2, cassetta catalogatrice n. 3 (da 10,00 m a 12,00 m)



# • *Risultanze prove di laboratorio*



**TERRA S.n.c.**

via Vittorio Veneto 4 - 06055 Papiano (PG)

tel: 075 8089539 fax: 075 7823018

info@laboratoriogeotecnico.it

# ANALISI E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

<b>Committente:</b>	<b>Ass. Prof.le LITOSTUDIO</b>
<b>Riferimento:</b>	<b>Il Parco s.a.s.</b>
<b>Località:</b>	<b>Deruta (PG)</b>
<b>Verbale di Accettazione n°:</b>	<b>16/389</b>
<b>Data accettazione:</b>	<b>18/10/2016</b>
<b>Certificazione del:</b>	<b>25/10/2016</b>

Il direttore del laboratorio  
Paolo Bartocci



**TERRA S.n.c.**  
via Vittorio Veneto 4 - 06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 fax: 075 7823018  
info@laboratorlogeotecnico.it

Azienda con sistema di gestione qualità  
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

COMMITTENTE: Ass. Prof.le LITOSTUDIO		
RIFERIMENTO: Deruta (PG)		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

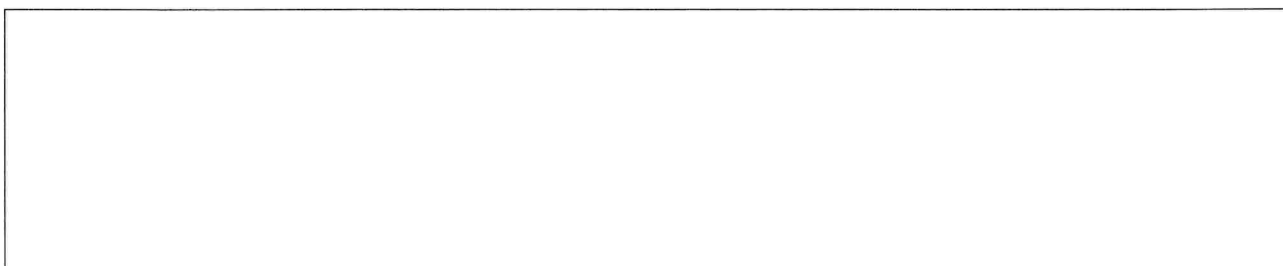
## MODULO RIASSUNTIVO

### CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	14,1	%
Peso di volume	19,0	kN/m <sup>3</sup>

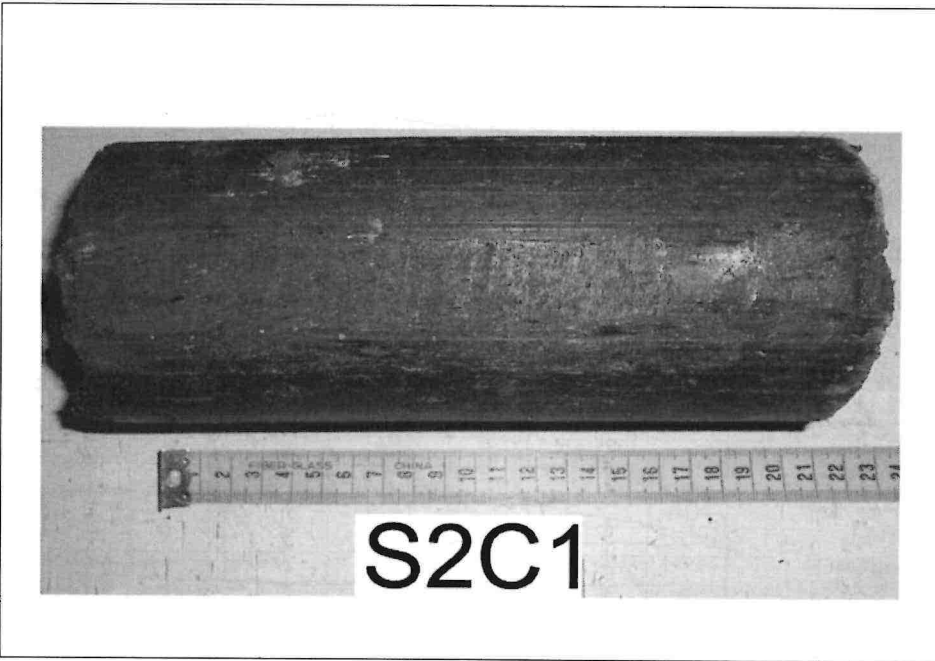
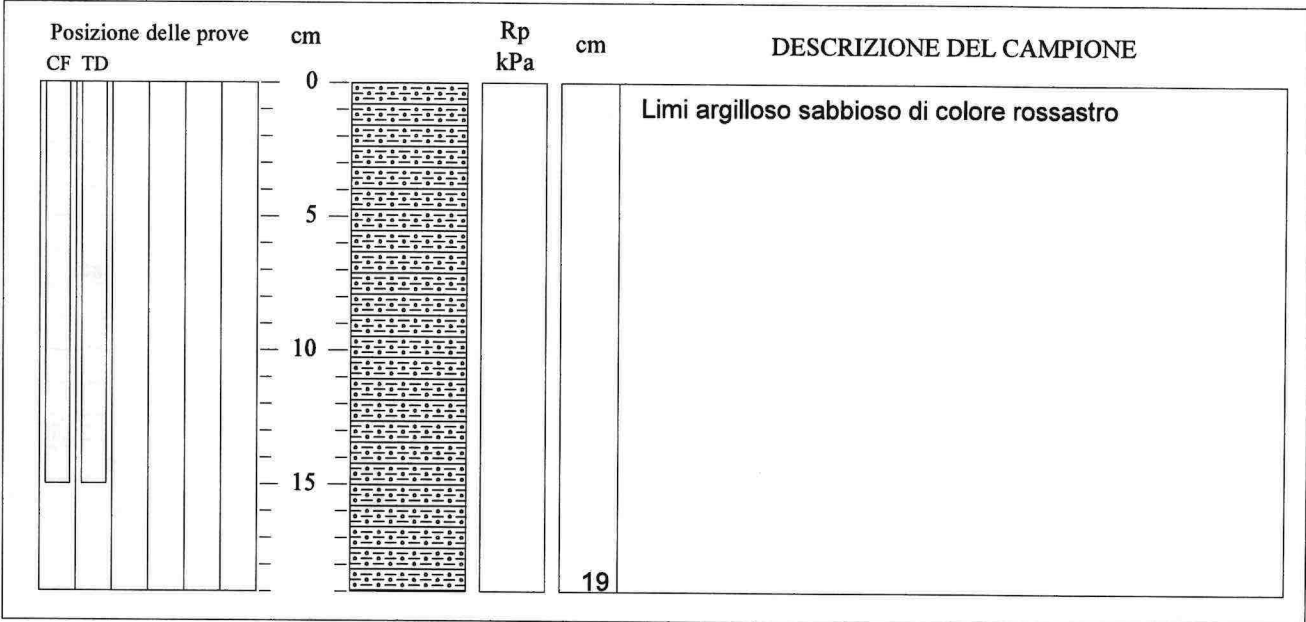
### TAGLIO DIRETTO

Coesione:	10,9	kPa
Angolo di attrito interno:	23,3	°





COMMITTENTE: Ass. Prof.le LITOSTUDIO		
RIFERIMENTO: Deruta (PG)		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

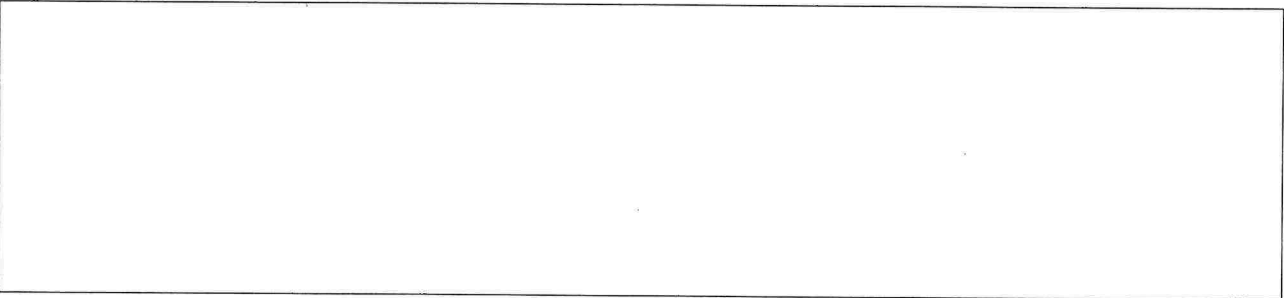


**TIPO DI CAMPIONE**

- Cilindrico
- Cubico
- Massivo

**QUALITA' DEL CAMPIONE**

- Q5 (Ottima)
- Q4 (Buona)
- Q3 (Sufficiente)
- Q2 (Insufficiente)
- Q1 (Pessima)





CERTIFICATO DI PROVA N°: **00868** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/130 del 17/10/16

DATA DI EMISSIONE: 25/10/16

Inizio analisi: 18/10/16

Apertura campione: 18/10/16

Fine analisi: 25/10/16

COMMITTENTE: Ass. Prof.le LITOSTUDIO

RIFERIMENTO: Deruta (PG)

SONDAGGIO: S2

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	74	98	193
Tensione a rottura (kPa):	43	53	95
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,94	6,19	5,03
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,04	0,54	0,21
Umidità iniziale e umidità finale (%):	14,2    20,7	14,0    23,8	14,0    21,1
Peso di volume (kN/m³):	19,2	19,3	18,5
Tipo di prova: Consolidata - lenta		Tempo di consolidazione (ore): 24	Velocità di deformazione: 0,002 mm / min

DIAGRAMMA  
Tensione  
Deformazione orizzontale

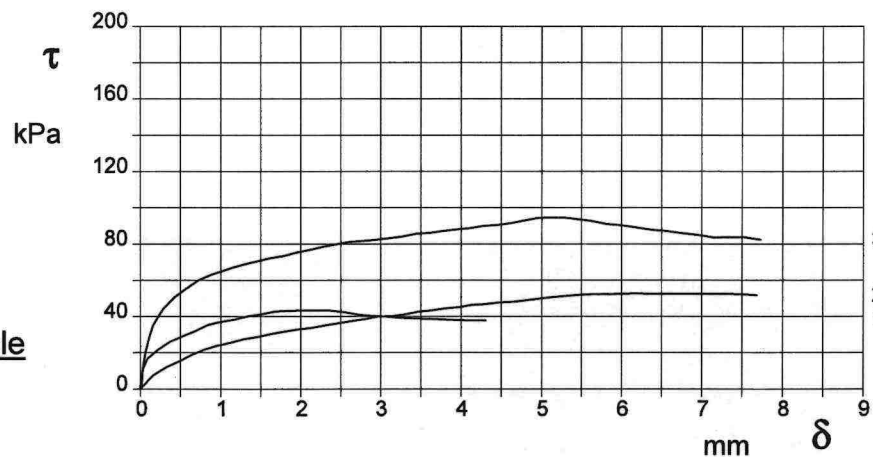
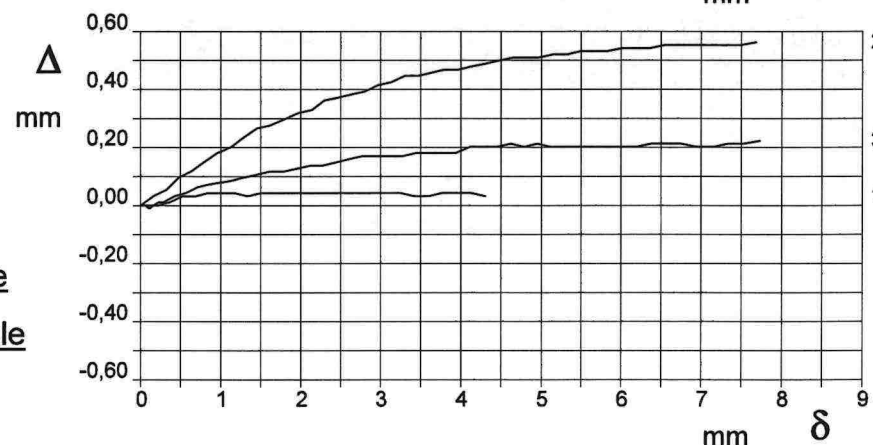


DIAGRAMMA  
Deformazione verticale  
Deformazione orizzontale







**TERRA S.n.c.**  
via Vittorio Veneto 4 - 04055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 fax: 075 7823018  
Info@laboratorigeotecnico.it

Azienda con sistema di gestione qualità  
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

COMMITTENTE: Ass. Prof.le LITOSTUDIO		
RIFERIMENTO: Deruta (PG)		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 9.70 - 10.30

### MODULO RIASSUNTIVO

#### CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	20,0	%
Peso di volume	20,1	kN/m <sup>3</sup>

#### TAGLIO DIRETTO

Coesione:	4,3	kPa
Angolo di attrito interno:	31,3	°



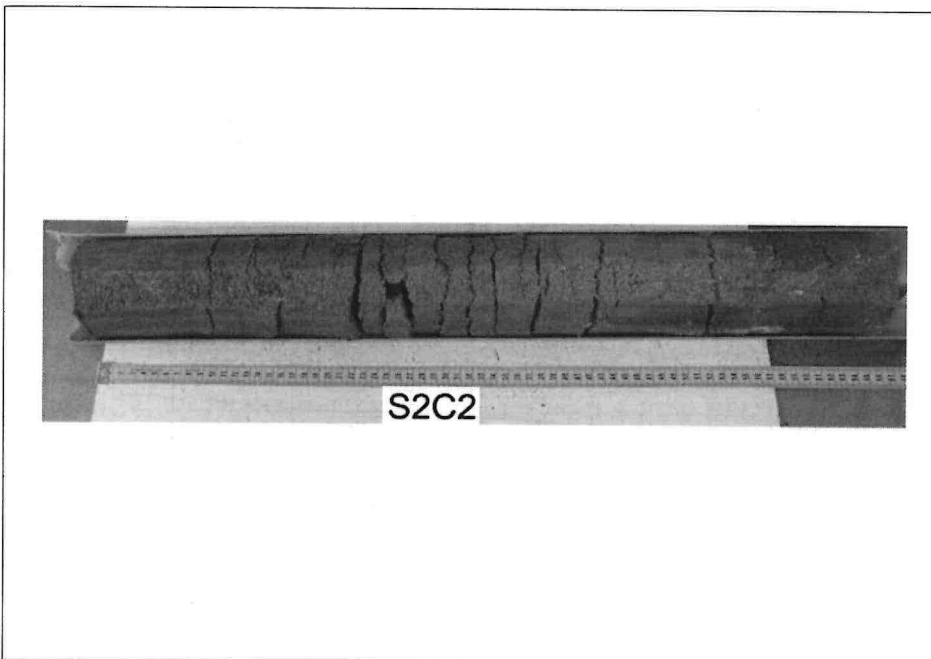
**TERRA S.n.c.**  
 via Vittorio Veneto 4 - 06055 Papiano (PG)  
 tel: 075 8089539 fax: 075 7823018  
 info@laboratoriogeotecnico.it

Azienda con sistema di gestione qualità  
 UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010  
 Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

COMMITTENTE: Ass. Prof.le LITOSTUDIO		
RIFERIMENTO: Deruta (PG)		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 9.70 - 10.30

Posizione delle prove CF TD	cm	Rp kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	0			Sabbia con limo
	10			
	20			
	30			
	40			
	50			
	60		62	

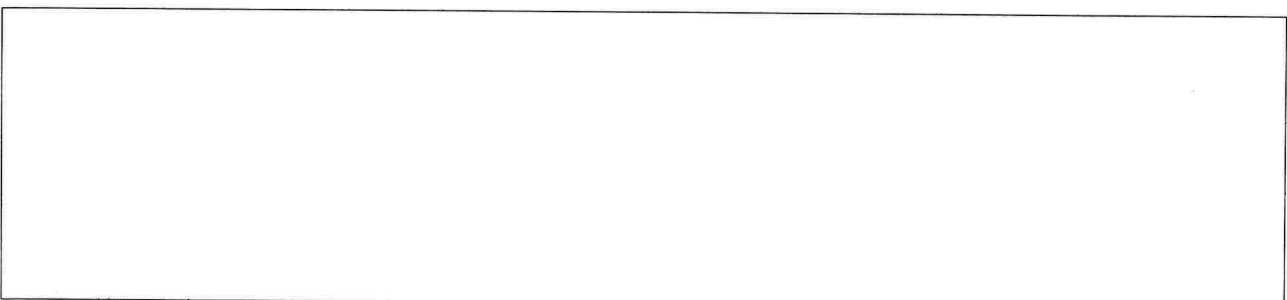


TIPO DI CAMPIONE

- Cilindrico
- Cubico
- Massivo

QUALITA' DEL CAMPIONE

- Q5 (Ottima)
- Q4 (Buona)
- Q3 (Sufficiente)
- Q2 (Insufficiente)
- Q1 (Pessima)





CERTIFICATO DI PROVA N°: 00869	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 25/10/16	Inizio analisi: 18/10/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/130 del 17/10/16		Apertura campione: 11/10/16	Fine analisi: 25/10/16

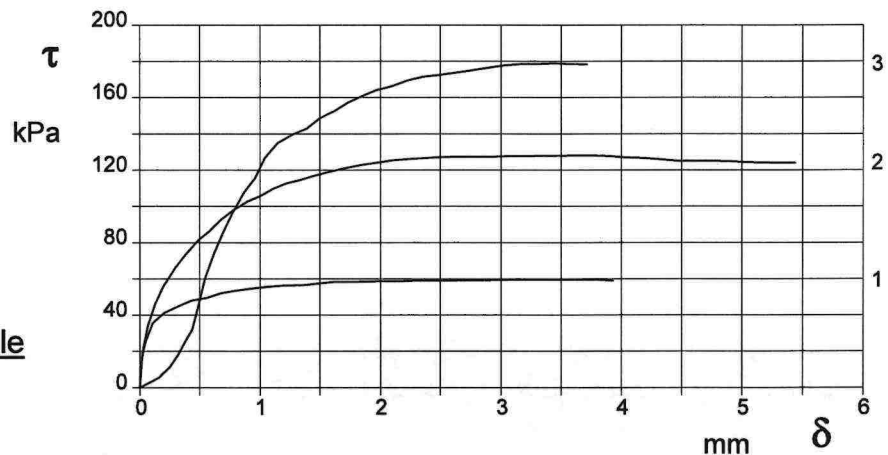
COMMITTENTE: Ass. Prof.le LITOSTUDIO			
RIFERIMENTO: Deruta (PG)			
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 9.70 - 10.30	

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

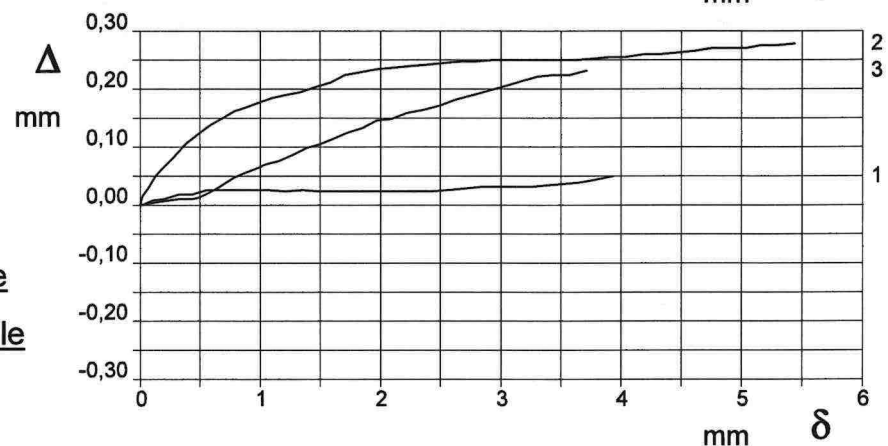
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	60	128	179
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	3,19	3,62	3,36
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,03	0,25	0,22
Umidità iniziale e umidità finale (%):	19,4    24,3	20,3    23,1	20,4    21,2
Peso di volume (kN/m³):	19,5	20,6	20,1
Tipo di prova: Consolidata - lenta	Tempo di consolidazione (ore): 24	Velocità di deformazione: 0,002 mm / min	

**DIAGRAMMA**  
Tensione  
Deformazione orizzontale



**DIAGRAMMA**  
Deformazione verticale  
Deformazione orizzontale



Sperimentatore  
Simone Zucconi

Il direttore del laboratorio  
Paolo Bartocci





**TERRA S.n.c.**

via Vittorio Veneto 4 - 06055 Papiano (PG)

tel: 075 8089539 fax: 075 7823018

info@laboratoriogeotecnico.it

# ANALISI E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

<b>Committente:</b>	<b>Ass. Prof.le LITOSTUDIO</b>
<b>Riferimento:</b>	<b>Il Parco s.a.s.</b>
<b>Località:</b>	<b>Deruta (PG)</b>
<b>Verbale di Accettazione n°:</b>	<b>16/389</b>
<b>Data accettazione:</b>	<b>18/10/2016</b>
<b>Certificazione del:</b>	<b>25/10/2016</b>

Il direttore del laboratorio  
Paolo Bartocci



**TERRA S.n.c.**  
via Vittorio Veneto 4 - 06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 fax: 075 7823018  
info@laboratorigeotecnico.it

Azienda con sistema di gestione qualità  
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

COMMITTENTE: Ass. Prof.le LITOSTUDIO

RIFERIMENTO: Deruta (PG)

SONDAGGIO: S2

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

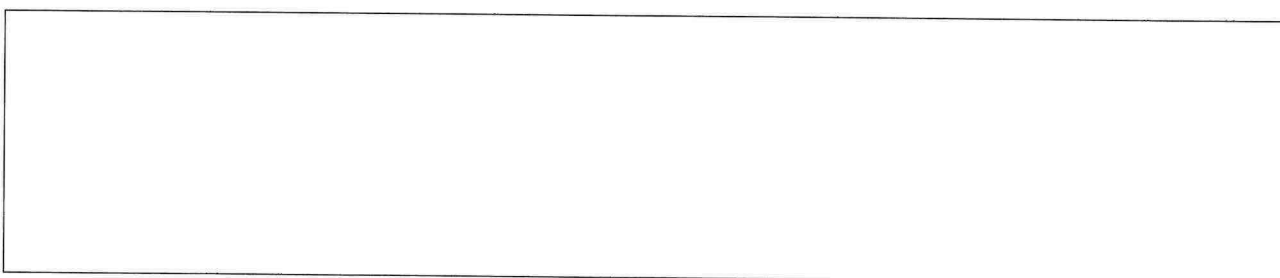
### MODULO RIASSUNTIVO

#### CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	14,1	%
Peso di volume	19,0	kN/m <sup>3</sup>

#### TAGLIO DIRETTO

Coesione:	10,9	kPa
Angolo di attrito interno:	23,3	°





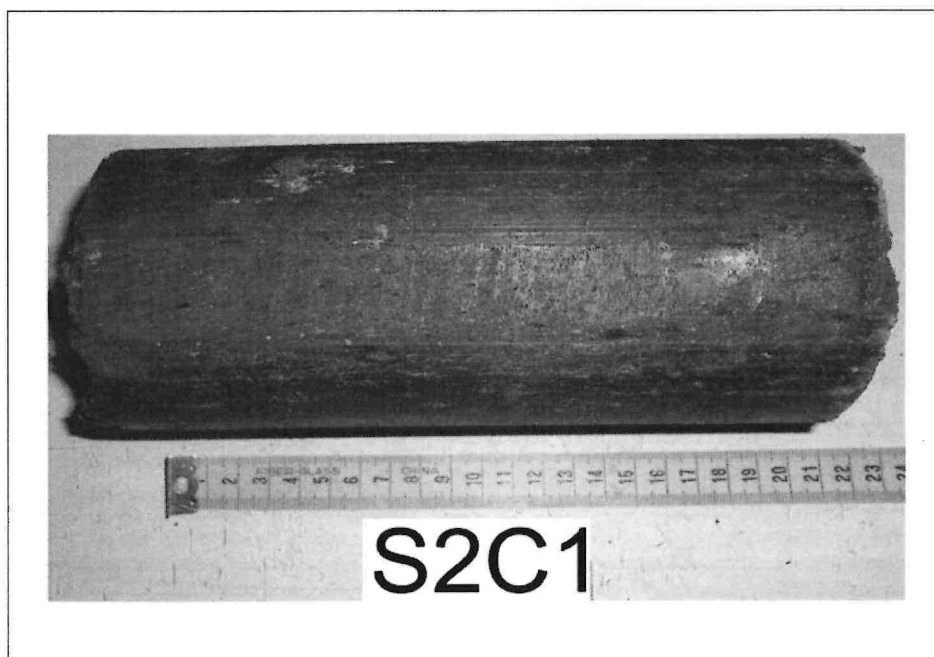
**TERRA S.n.c.**  
 via Vittorio Veneto 4 - 06055 Papiano (PG)  
 tel: 075 8089539 fax: 075 7823018  
 info@laboratorigeotecnico.it

Azienda con sistema di gestione qualità  
 UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010  
 Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

COMMITTENTE: Ass. Prof.le LITOSTUDIO		
RIFERIMENTO: Deruta (PG)		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

Posizione delle prove CF TD	cm	Rp kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	0			Limi argilloso sabbioso di colore rossastro
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
	14			
	15			
	16			
	17			
	18			
	19	19		



TIPO DI CAMPIONE

- Cilindrico
- Cubico
- Massivo

QUALITA' DEL CAMPIONE

- Q5 (Ottima)
- Q4 (Buona)
- Q3 (Sufficiente)
- Q2 (Insufficiente)
- Q1 (Pessima)



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00868</b>	Pagina 1/2	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 25/10/16	Inizio analisi: 18/10/16
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/130 del 17/10/16</b>		<b>Apertura campione:</b> 18/10/16	Fine analisi: 25/10/16

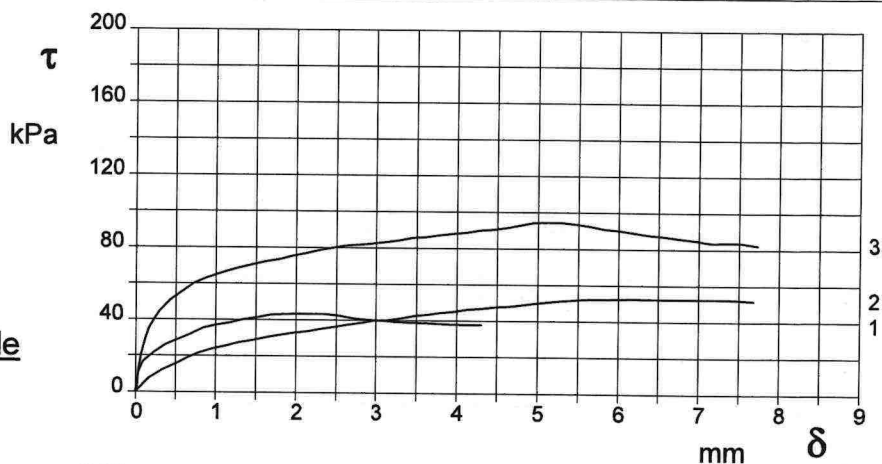
<b>COMMITTENTE:</b> Ass. Prof.le LITOSTUDIO			
<b>RIFERIMENTO:</b> Deruta (PG)			
<b>SONDAGGIO:</b> S2	<b>CAMPIONE:</b> C1	<b>PROFONDITA':</b> m 3.00 - 3.30	

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

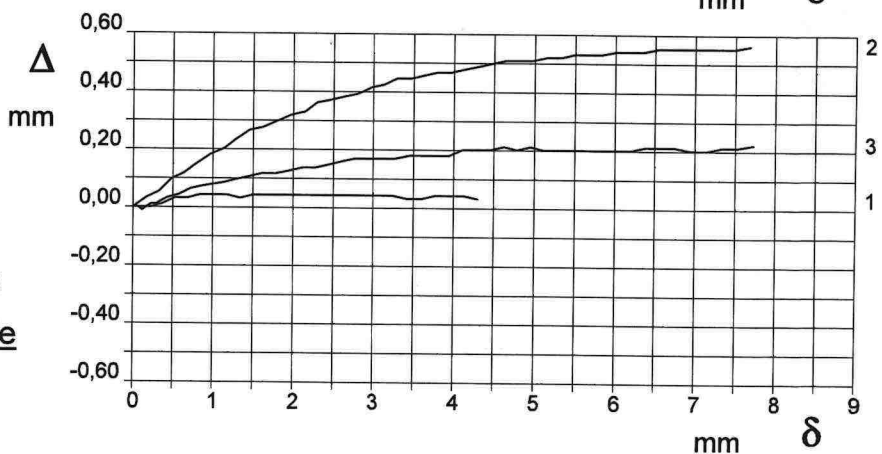
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	74	98	193
Tensione a rottura (kPa):	43	53	95
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,94	6,19	5,03
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,04	0,54	0,21
Umidità iniziale e umidità finale (%):	14,2    20,7	14,0    23,8	14,0    21,1
Peso di volume (kN/m³):	19,2	19,3	18,5
Tipo di prova: Consolidata - lenta	Tempo di consolidazione (ore): 24	Velocità di deformazione: 0,002 mm / min	

**DIAGRAMMA**  
Tensione  
Deformazione orizzontale



**DIAGRAMMA**  
Deformazione verticale  
Deformazione orizzontale



Sperimentatore  
 Simone Zucconi

Il direttore del laboratorio  
 Paolo Bartocci





**TERRA S.n.c.**  
via Vittorio Veneto 4 - 06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 fax: 075 7823018  
Info@laboratorlogeotecnico.it

Azienda con sistema di gestione qualità  
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

COMMITTENTE: Ass. Prof.le LITOSTUDIO

RIFERIMENTO: Deruta (PG)

SONDAGGIO: S2

CAMPIONE: C2

PROFONDITA': m 9.70 - 10.30

## MODULO RIASSUNTIVO

### CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	20,0	%
------------------	------	---

Peso di volume	20,1	kN/m <sup>3</sup>
----------------	------	-------------------

### TAGLIO DIRETTO

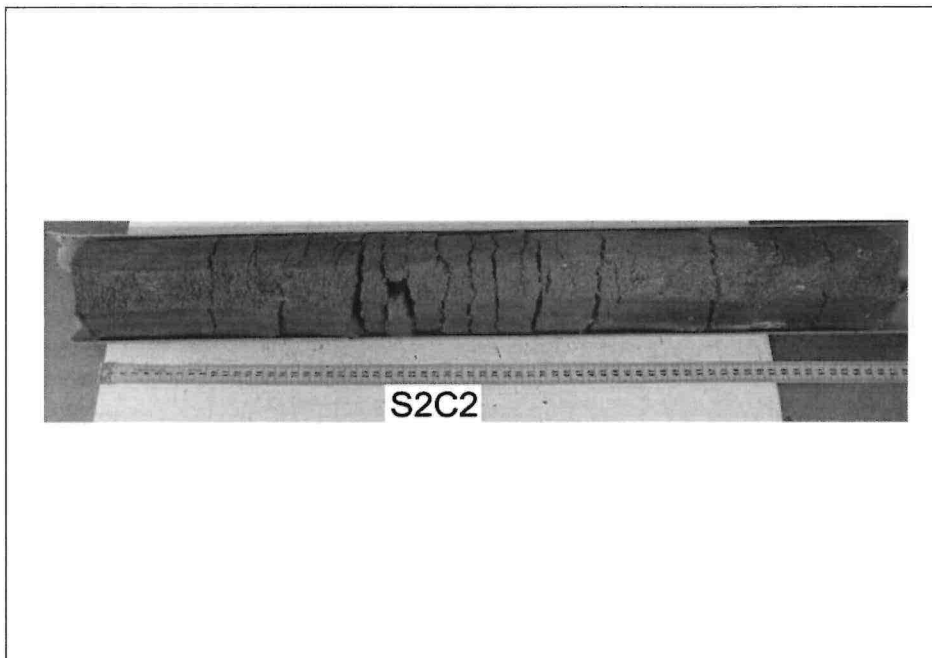
Coesione:	4,3	kPa
-----------	-----	-----

Angolo di attrito interno:	31,3	°
----------------------------	------	---



COMMITTENTE: Ass. Prof.le LITOSTUDIO		
RIFERIMENTO: Deruta (PG)		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 9.70 - 10.30

Posizione delle prove CF TD	cm	Rp kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	0 10 20 30 40 50 60		62	Sabbia con limo



**TIPO DI CAMPIONE**

- Cilindrico
- Cubico
- Massivo

**QUALITA' DEL CAMPIONE**

- Q5 (Ottima)
- Q4 (Buona)
- Q3 (Sufficiente)
- Q2 (Insufficiente)
- Q1 (Pessima)



CERTIFICATO DI PROVA N°: <b>00869</b>	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 25/10/16	Inizio analisi: 18/10/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/130 del 17/10/16		Apertura campione: 11/10/16	Fine analisi: 25/10/16

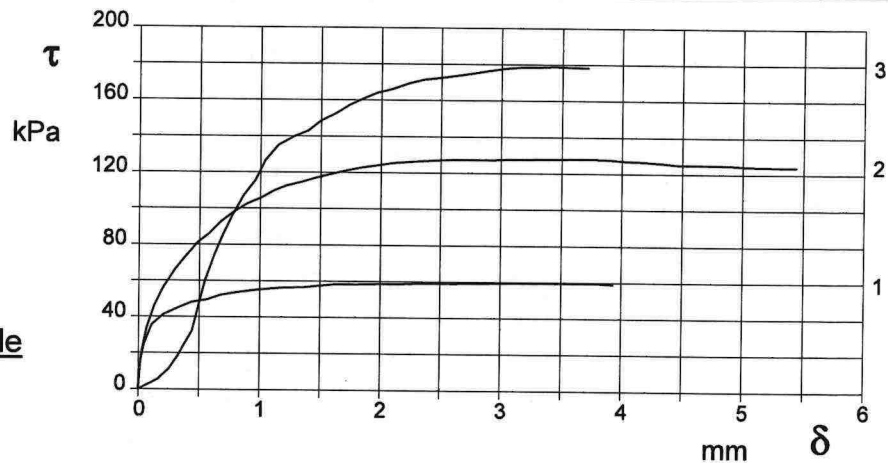
COMMITTENTE: Ass. Prof.le LITOSTUDIO		
RIFERIMENTO: Deruta (PG)		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 9.70 - 10.30

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

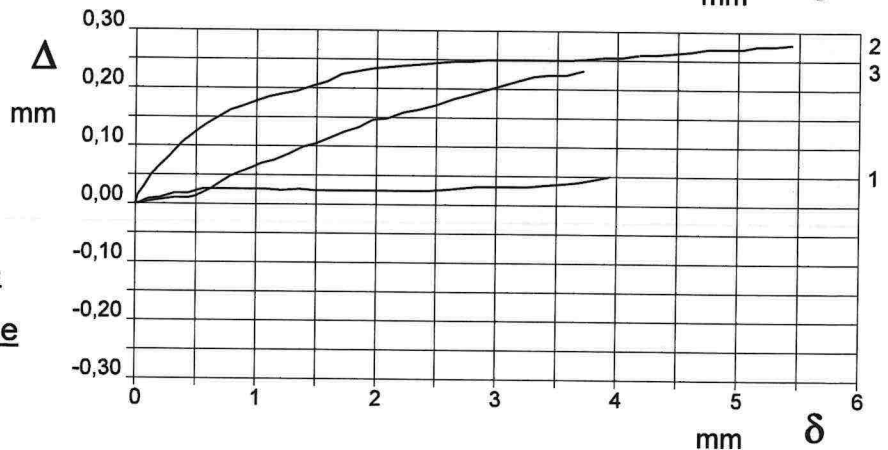
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	60	128	179
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	3,19	3,62	3,36
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,03	0,25	0,22
Umidità iniziale e umidità finale (%):	19,4    24,3	20,3    23,1	20,4    21,2
Peso di volume (kN/m³):	19,5	20,6	20,1
Tipo di prova: Consolidata - lenta	Tempo di consolidazione (ore): 24	Velocità di deformazione: 0,002 mm / min	

**DIAGRAMMA**  
Tensione  
Deformazione orizzontale



**DIAGRAMMA**  
Deformazione verticale  
Deformazione orizzontale



Sperimentatore  
 Simone Zucconi

Il direttore del laboratorio  
 Paolo Bartocci



COMUNE DI DERUTA

P.R.G. Parte Operativa



PN\_MASW1

---

VIA XX SETTEMBRE, 76 - 06121 PERUGIA

[www.studiogeologiassociati.eu](http://www.studiogeologiassociati.eu)

PRG\_PO\_MS\_RELAZIONE\_BIS .DOC

TEL./FAX 075.5721231

[info@studiogeologiassociati.eu](mailto:info@studiogeologiassociati.eu)

Regione dell'Umbria

PROVINCIA DI PERUGIA

COMUNE DI DERUTA

IL PROGETTISTA:

IL GEOLOGO PROGETTISTA:

Rapporto Tecnico:

**INDAGINE SISMICA ATTIVA  
"MASW"**  
(Multi-channel Analysis of Surface Waves)"  
**in onde Rayleigh**  
(componente verticale)

Ubicazione Cantiere:

**DERUTA**  
**Voc. Ponte Nuovo**



COORDINATE GEOGRAFICHE **WGS84**  
baricentro MASW 1

Latitudine: 42.999303°  
Longitudine: 12.429227°

Committente e Richiedente:

Associazione professionale LITOSTUDIO

Data esecuzione: 17 Ottobre 2016



RECAPITI

tel. +39 075.3723177  
fax: +39 075.9976020  
mobile: +39 338.2940003  
mail: geolandpg@tiscali.it  
PEC: geolandpg@epap.sicurezza postale.it

Sede Legale:  
P.zza I° Maggio n. 5  
06081 Assisi (PG)

Sede Operativa:  
Via V. Veneto, n. 14  
06083 Bastia U. (PG)

P. IVA: 02540680549  
C. Fisc.: PGNRG72H16G478M



<b>1.0 - PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2.0 - UBICAZIONE SITO INDAGATO.....</b>	<b>2</b>
2.1- INQUADRAMENTO PLANIMETRICO E FOTOGRAFICO.....	2
<b>3.0 - INDAGINE SISMICA ATTIVA CON TECNICA "MASW" .....</b>	<b>2</b>
3.1- CARATTERISTICHE STRUMENTALI ED ESECUTIVE.....	2
3.1.1 - <i>Sismografo DoReMi</i> .....	2
3.1.1.1 - Specifiche della strumentazione utilizzata.....	3
3.1.2 - <i>Caratteristiche Geometriche dello Stendimento Sismico</i> .....	4
3.1.3 - <i>Sistema di Energizzazione</i> .....	4
3.1.4 - <i>Geofono Trigger</i> .....	4
3.1.5 - <i>Strumentazione di Ricezione dei Segnali</i> .....	4
3.1.6 - <i>Software di Acquisizione</i> .....	4
3.1.7 - <i>Raccomandazioni</i> .....	4
3.2- CENNI TEORICI TECNICA "MASW" .....	5
3.3- RISULTATI ANALISI MASW 1.....	6
3.3.1 - <i>Modello Sismostratigrafico da Analisi Masw 1</i> .....	6
3.3.2 - <i>Ipotesi di Calcolo della Vs,30</i> .....	7
<b>4.0 - CONSIDERAZIONI FINALI.....</b>	<b>7</b>

Si allegano a fine relazione:

- **TAVOLA 1:** Ubicazione e Geometria Indagine
- **TAVOLA 2:** Elaborazione indagine MASW1
- **Allegato 1:** WINMASW report indagine MASW1



## 1.0 - PREMESSA

In data 17 Ottobre 2016 è stata seguita un'INDAGINE GEOFISICA ATTIVA MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) IN ONDE RAYLEIGH (componente verticale), attraverso l'esecuzione di uno stendimento sismico (denominato **MASW 1**) con sismografo 16 bit a 16 canali.

## 2.0 - UBICAZIONE SITO INDAGATO

Regione:	<b>UMBRIA</b>
Provincia:	<b>PERUGIA</b>
Comune:	<b>DERUTA</b>
Località:	<b>PONTE NUOVO</b>

<b>COORDINATE GEOGRAFICHE "WGS84"</b>	
Latitudine:	<b>42.999303</b>
Longitudine:	<b>12.429227°</b>

### 2.1 - INQUADRAMENTO PLANIMETRICO E FOTOGRAFICO

Per l'inquadratura planimetrica generale si veda l'aerofotogrammetria di cui alla testata della presente relazione; per i dettagli, l'immagine satellitare e la documentazione fotografica riportata in **TAVOLA 1**.

## 3.0 - INDAGINE SISMICA ATTIVA CON TECNICA "MASW"

### 3.1 - CARATTERISTICHE STRUMENTALI ED ESECUTIVE

Ai fini dell'indagine MASW, l'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita mediante un sistema così costituito:

- Sismografo multicanale DoRemi della Sara Instruments S.r.l.,
- Sorgente energizzante,
- Geofono Starter,
- Strumentazione di ricezione dei segnali,
- Software di acquisizione.

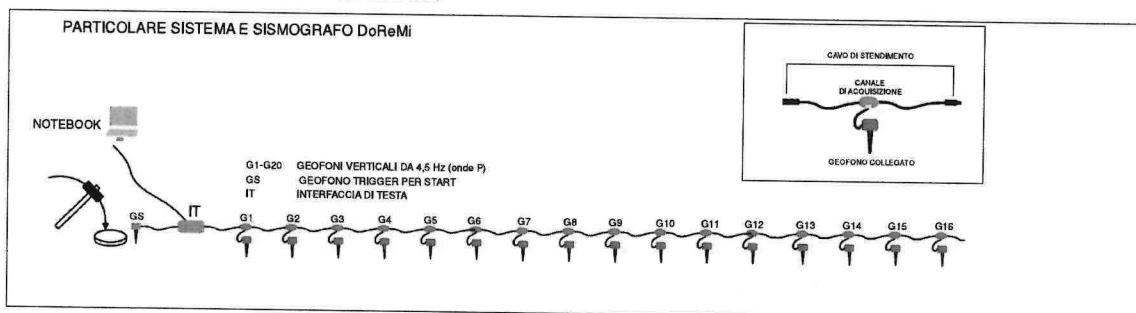
#### 3.1.1 - SISMOGRAFO DoREMI

L'indagine sismica è stata condotta con sismografo a trasmissione digitale DoReMi a 16 Bit, prodotto dalla Ditta SARA Electronic Instruments S.r.l.. Il sismografo DoReMi è uno strumento che distribuisce lungo il cavo di stendimento l'elettronica necessaria alla registrazione del segnale sismico. Ogni canale che compone il cavo è esso stesso un piccolo sismografo, e più canali in serie collegati vanno a formare una sorta di microrete facile da trasportare e gestire. Il sistema è pertanto completamente modulare e può essere gestito utilizzando il numero di canali di cui effettivamente si ha bisogno (da 1 ad N) in funzione del tipo di indagine sismica da effettuare collegandoli in serie attraverso connettori maschio-femmina. Ad ogni canale (digitalizzatore da 64 Kb di memoria) viene collegato un geofono per formare la microrete di acquisizione.

Il sismografo viene collegato al PC (dotato di software dedicato di acquisizione dei segnali sismici) con porta USB o RS232, tramite una speciale **interfaccia di comunicazione** (unità di testa del DoReMi) che ha la funzione di:

- provvedere energia elettrica al sismografo,
- collegare la rete dati dei canali (RS485),
- accettare il segnale di start,
- avviare con precisione la registrazione,
- segnalare all'operatore lo stato del sistema.

Il tutto secondo lo schema sottostante.



### 3.1.1.1 - Specifiche della strumentazione utilizzata.

- **Sismografo multicanale DoReMi** della SARA Instruments srl, con le seguenti caratteristiche:
  - **Architettura:**
    - Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica;
    - Tipologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipoint;
    - Lunghezza massima della rete: 1200 metri senza ripetitori (virtualmente illimitata con ripetitori);
    - Numero massimo di canali per tratta: 255;
    - Dimensioni dell'elemento (escluso il cavo): 80x55x18 mm;
    - Peso: 250 g (un elemento con lunghezza cavo 5 metri);
    - Cavo: 4 conduttori, 2 coppie ritorte, robotico resistente a torsioni, flesso-torsioni, abrasioni ed agenti chimici.
  - **Campionamento:**
    - Memoria: 64 Kb (>30000 campioni)
    - Frequenze Hz: 200, 300, 400, 500, 800, 1000, 2000, 3000, 4000, 8000, 10000, 20000
    - Pari ad intervalli in ms di: 5, 3.33, 2.5, 2, 1.25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05
  - **Dinamica del sistema:**
    - Risoluzione con guadagno 10x: 7.600  $\mu$ V;
    - Risoluzione con guadagno 1000x: 0.076  $\mu$ V;
    - Dinamica di base: 96dB (16 bit);
    - Dinamica massima del preamplificatore: 80dB;
    - Signal to Noise Ratio RMS fra 0.5 e 30Hz: >90dB;
    - Full range a 10x: 0.5V p-p;
    - Risoluzione RMS a 1000x e 4000SPS: 0.0000002V p-p;
    - Dinamica totale teorica: 155dB;
    - Dinamica totale senza post processing: > 127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento);
    - Dinamica totale in post processing: > 140dB.
- Geofoni verticali Sensehe:
  - Tipo: SS-4.5N
  - Frequenza naturale (Hz):  $4,5 \pm 10\%$
  - Coil resistance ( $\Omega$ ):  $375 \pm 5\%$
  - Damping:  $0.6 \pm 5\%$
  - Intrinsic voltage sensitivity (v/m/s):  $28.8 \pm 5\%$

▪ Harmonic distortion (%):	≤ 0.2%
▪ Mass Moving (g):	11.3
▪ Typical case to coil motion p-p (mm):	4
▪ Operating temperature range (°C):	-40 to +100
▪ Height (mm):	36
▪ Diameter (mm):	25.4
▪ Weight (g):	86

### 3.1.2 - CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLO STENDIMENTO SISMICO

Il sito per caratteristiche ambientali e di estensione ha reso possibile l'esecuzione di n. 16 **STENDIMENTO SISMICO denominato MASW1** a 16 canali, con n. 16 geofoni verticali in modo da poter acquisire la componente verticale delle onde R.

La lunghezza totale dello stendimento è stata di 45,0 m con offset minimo (shot 1) a 5,0 m dal geofono n. 1 e distanza intergeofonica pari a 3,0 m; il tutto come individuato nel modello schematico visibile in **TAVOLA 1** alla presente.

Sono state effettuate n. 4 registrazioni successivamente sottoposte ad operazione di stacking in modo da minimizzare il rumore ambientale; il file ottenuto è stato salvato in formato .seg2 per successive elaborazioni con software dedicato e visibile in **TAVOLA 1**.

### 3.1.3 - SISTEMA DI ENERGIZZAZIONE

Il sistema utilizzato per la generazione di onde di compressione (Onde P) è costituito da una mazza con maglio in ferro dal peso di 5 Kg; l'energizzazione è avvenuta battendo la mazza verticalmente su una piastra in duralluminio del diametro di 20 cm circa, spessore 5 cm circa e peso di 2 Kg circa posta a diretto contatto con il terreno.

### 3.1.4 - GEOFONO TRIGGER

Il sistema di registrazione è stato attivato da un geofono di start, chiamato "geofono trigger", nell'istante dell'energizzazione sismica che ha lasciato aperti i canali di acquisizione per una durata pari a 0,50 s.

### 3.1.5 - STRUMENTAZIONE DI RICEZIONE DEI SEGNALI

Alla microrete costituita dai n. 16 canali sono stati collegati n. 16 trasduttori di movimento verticali ("geofoni per acquisizione onde P") da 4,5 Hz, in modo da poter acquisire la componente verticale delle onde R.

### 3.1.6 - SOFTWARE DI ACQUISIZIONE

L'acquisizione dei segnali tramite PC collegato all'interfaccia di comunicazione è avvenuta mediante software dedicato DoReMi.

### 3.1.7 - RACCOMANDAZIONI

A ciascun canale è stato assegnato guadagno costante (stesso valore), senza applicazione di filtri né guadagno automatico ai singoli canali.

### 3.2 - CENNI TEORICI TECNICA "MASW"

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio VS, sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh (e di Love), che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh (e di Love) sono dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), 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 Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) delle onde di Rayleigh (o di Love) 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 informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. Il metodo di indagine M.A.S.W. utilizzato è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente parallelamente all'array) e misurate da uno stendimento lineare di sensori.

L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh (e/o di Love) rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, come già evidenziato, che le onde di Rayleigh (e/o di Love) si propagano con velocità che è funzione della frequenza.

Il risultato è uno spettro che lega le velocità di fase delle onde di superficie (Rayleigh o Love) alle frequenze detto Spettro di Velocità (di fase); la curva che unisce i massimi in ampiezza dei valori f-v è detta invece curva di dispersione apparente o sperimentale.

La tecnica permette di analizzare frequenze in genere comprese tra i 2-60 Hz e quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa tra i 10m ed i 50m (in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente).

Per l'elaborazione dei dati di campo è stato utilizzato il software **WINMASW Academy 7.0 release version** che consente di gestire il sismogramma digitale, selezionare le tracce utili, eseguire l'analisi spettrale f-v, individuare (eventualmente) le curve di dispersione delle onde di superficie ed effettuare le procedure di inversione per l'interpretazione del modello sismostratigrafico in Vs.

In particolare, per il processo di inversione, il software applica metodi euristici (Algoritmi genetici) che meglio gestiscono le soluzioni di problemi multimodali, quali quello di derivare i parametri di un modello sismostratigrafico in funzione della curva di dispersione sperimentale (o delle curve modali) delle onde di Rayleigh (o di Love) ovvero a partire dallo spettro di velocità di fase (metodo FVS – Full Velocity Spectrum) tramite sismogrammi sintetici.

I metodi euristici non richiedono la definizione di un modello di partenza, ma è sufficiente definire un intervallo di valori per ogni parametro (spazio dei parametri) all'interno del quale vengono valutate le possibili soluzioni.

Lo scopo dell'intera procedura è identificare il modello geotecnico (profilo Vs del terreno) che meglio riproduce lo spettro sperimentale registrato (ovvero le curve modali e/o effettive); tale modello sarà evidentemente caratterizzato dal minor errore di adattamento (misfit o funzione obiettivo), che in questo caso è rappresentato dalla deviazione standard tra le velocità di fase osservate e calcolate.

### 3.3 - RISULTATI ANALISI MASW 1

I risultati dell'indagine sismica MASW 1 sono riportati in **TAVOLA 2** risultati conseguiti con il software dedicato all'analisi delle onde superficiali *WINMASW 7.0 versione Academy*.

I segnali registrati con geofoni (STEP 1), ovvero i segnali riferibili alle onde R, sono stati elaborati con analisi spettrale 2D (STEP 2) al fine di identificare lo spettro di velocità (di fase) oltre che ai massimi delle coppie v-f (eventuali curve modali).

Partendo da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson e velocità delle onde S attraverso il processo detto di INVERSIONE TOTALE DELLO SPETTRO (metodo FVS) si è cercato di ottenere:

- il miglior confronto tra spettro di velocità registrato e spettro sintetico (STEP 3);

e dunque di trovare il modello sismostratigrafico (profilo di Vs) che meglio si sovrapponga ai dati sperimentali e dataset di campagna acquisiti (STEP 3 – STEP 4).

#### 3.3.1 - MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO DA ANALISI MASW 1

L'indagine ha permesso di definire il seguente modello sismostratigrafico verticale (1D) di sito:

MODELLO SISMICO DI SINTESI - MASW 1 (best model)			
n. iesimo sismostrato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	0,42	0,42	85,00
2	0,93	0,51	183,00
3	1,62	0,70	211,00
4	4,40	2,77	271,00
5	9,37	4,97	382,00
6	15,92	6,55	300,00
7	19,39	3,47	231,00
8	26,15	6,77	488,00
9	sotto 26,15		750,00

**3.3.2 - IPOTESI DI CALCOLO DELLA  $V_{s,30}$** 

In base al paragrafo 3.2.2 delle Nuove NTC '08, in funzione della sismostratigrafia rilevata, viene eseguita una stima di calcolo della  $V_{s,30}$  per profondità di collocamento dei piani fondali (a partire dal p.c. attuale nel punto di indagine **MASW 1**, con utilizzo della sismostratigrafia del "best model") dal p.c.

$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}$	
calcolo $V_{s,30}$ (m/s)	profondità piano fondale da p.c. (m)
<b>333</b>	0,00
<b>360</b>	1,00
<b>373</b>	2,00

**4.0 - CONSIDERAZIONI FINALI**

L'eventuale scelta della categoria di sottosuolo spetta al progettista e relatore della relazione sismica a corredo del progetto in base:

- alle considerazioni e studi precedentemente riportati,
- alle effettive condizioni geologiche, litostratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni presenti sotto ai previsti piani fondali.

La scelta dovrà tenere conto delle eventuali differenze topografiche e di spessore dei sismostrati individuati tra il punto effettivo di esecuzione dell'indagine MASW in oggetto e lo specifico sedime progettuale.





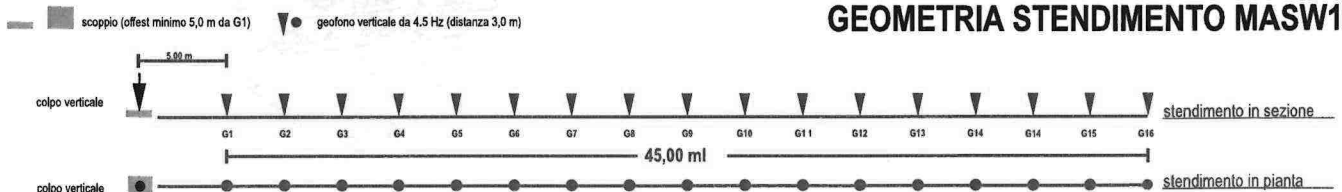
INQUADRAMENTO PLANIMETRICO DI DETTAGLIO



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA STENDIMENTO MASW1



GEOMETRIA STENDIMENTO MASW1

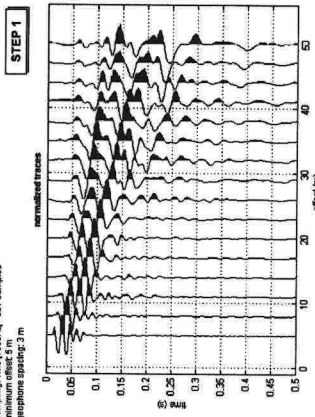


**Richiedente:** Associazione Professionale LITOSTUDIO  
**Committente:** Associazione Professionale LITOSTUDIO  
**Comune:** DERUTA (PG)  
**Località:** Ponte Nuovo



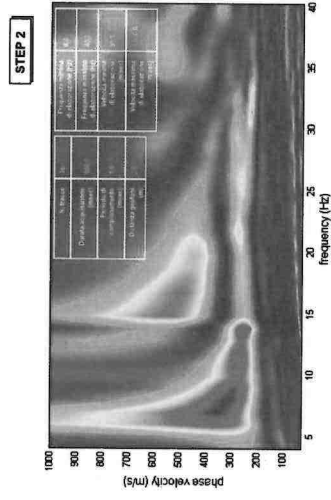
**TRACCE DEI SEGNALI ACQUISITI**

#1: data updating & processing  
 ensizer: 2016-10-17\_4:02:42\_1000\_02m\_16\_160m\_002.dat  
 sampling: freq 0.00098 - 501 samples  
 probehead spacing: 0.2 m



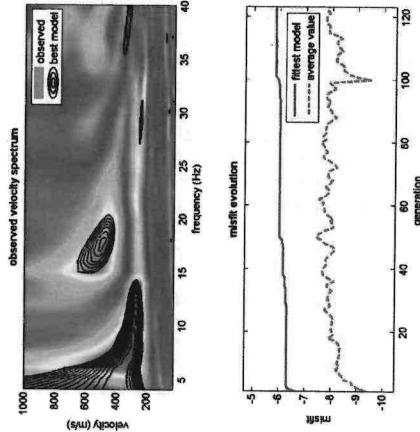
**ANALISI Frequenza - Velocità (di fase)**

#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW, ESAC & Refit analysis)



**INVERSIONE**

Metodo FVS (Full Velocity Spectrum)



**PROFLO Vs DI SITO (Best Model)**

n. testino sismografico	Profondità		Spessore		Vs [m/sec]
	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0,42	0,42	0,42	0,42	85,00
2	0,53	0,51	18,00	0,51	183,00
3	1,62	0,70	1,62	211,00	211,00
4	4,40	2,77	4,40	271,00	271,00
5	9,37	4,97	4,97	382,00	382,00
6	15,92	6,55	6,55	390,00	390,00
7	19,39	3,47	19,39	231,00	231,00
8	26,15	6,77	26,15	488,00	488,00
9					750,00



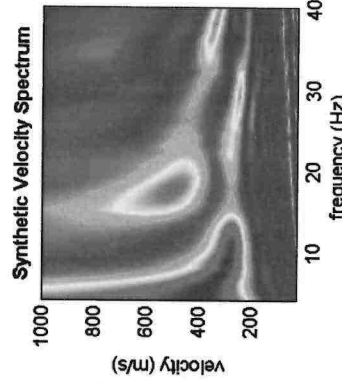
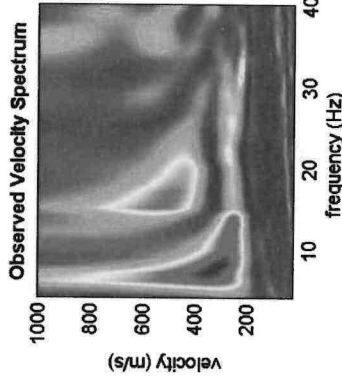
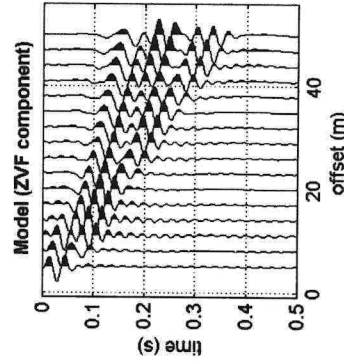
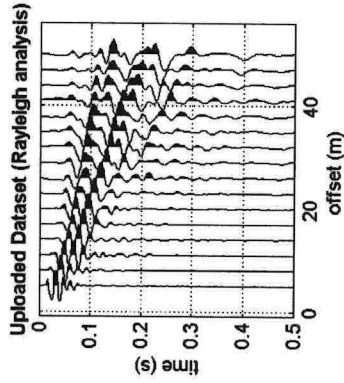
www.inmasw.com

**BEST MODEL DA INVERSIONE**

STEP 4A

Confronto tra:

- 1) tracce sperimentali - spettro sperimentale
- 2) tracce sintetiche - spettro sintetico

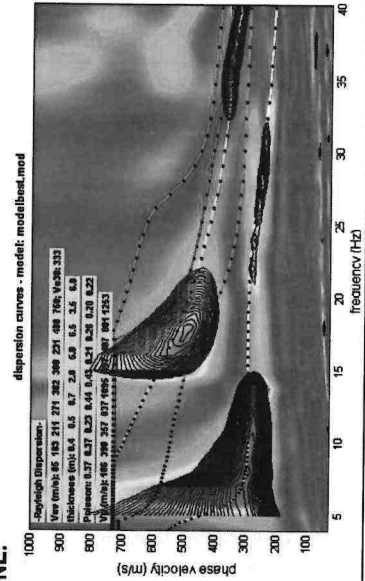


**BEST MODEL DA INVERSIONE:**

Confronto tra:

- 1) spettro sperimentale
- 2) spettro sintetico (countour lines here)
- 3) curve modell

Rayleigh Dispersion:  
 View units: 85, 183 211 231 262 298 324 348 369 386 398 408 333  
 (thickness) [m]: 0,42 0,51 0,70 0,97 1,24 1,62 2,11 2,77 3,47 4,27 5,13 6,07 7,07 8,22  
 Phase: 0,37 0,29 0,23 0,18 0,14 0,11 0,09 0,08 0,07 0,07 0,07 0,07 0,07 0,07  
 V [m/s]: 85 183 211 231 262 298 324 348 369 386 398 408 333



REPORT WINMASW

===== SECTION#1

dataset: 2016-10-17\_15-02-42\_01000\_00200\_016\_StckSm\_SEG2.dat  
 sampling (ms): 1  
 minimum offset (m): 5  
 geophone spacing (m): 3  
 offsets (m): 5 8 11 14 17 20 23 26 29 32 35 38 41 44 47 50  
 Velocity spectrum: 2016-10-17\_15-02-42\_01000\_00200\_016\_StckSm\_SEG2FVS.mat  
 Number of individuals: 80  
 Number of generations: 101

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase velocities

Adopted search space (minimum Vs): 52 107 161 190 279 222 180 389 518  
 Adopted search space (maximum Vs): 102 210 315 372 546 435 353 600 750

Adopted search space (minimum Poisson): 0.3 0.31694 0.19688 0.37604 0.40323 0.1917 0.23757 0.19185 0.18438  
 Adopted search space (maximum Poisson): 0.36667 0.38738 0.24063 0.4596 0.49283 0.2343 0.29036 0.23448 0.22535

Adopted search space (minimum Qs): 8.514 16.794 26.046 28.035 44.082 33.732 28.242 74.088 71.028  
 Adopted search space (maximum Qs): 10.406 20.526 31.834 34.265 53.878 41.228 34.518 90.552 86.812

Adopted search space (minimum reference frequency): 1  
 Adopted search space (maximum reference frequency): 40.1174

Adopted search space (minimum thickness): 0.21429 0.47857 0.54286 1.9929 2.7714 3.6286 2.8571 3.6214  
 Adopted search space (maximum thickness): 0.42 0.938 1.064 3.906 5.432 7.112 5.6 7.098

===== SECTION#2

component: ZVF  
 number of considered modes: 8  
 starting Qs values: 9.46 18.66 28.94 31.15 48.98 37.48 31.38 82.32 78.92  
 allowed variability for Poisson and Q values (%): 10

Rayleigh-wave analysis

Optimizing subsurface model - generation: 2; average & best misfits: -9.4473 -6.6943  
 Optimizing subsurface model - generation: 3; average & best misfits: -9.1296 -6.3732  
 Optimizing subsurface model - generation: 4; average & best misfits: -8.857 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 5; average & best misfits: -8.8258 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 6; average & best misfits: -8.4735 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 7; average & best misfits: -8.4491 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 8; average & best misfits: -8.309 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 9; average & best misfits: -8.2161 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 10; average & best misfits: -8.3579 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 11; average & best misfits: -8.2437 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 12; average & best misfits: -8.3384 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 13; average & best misfits: -8.3351 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 14; average & best misfits: -8.3627 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 15; average & best misfits: -8.3533 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 16; average & best misfits: -8.3669 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 17; average & best misfits: -8.3196 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 18; average & best misfits: -8.2279 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 19; average & best misfits: -7.9145 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 20; average & best misfits: -8.1074 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 21; average & best misfits: -8.0541 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 22; average & best misfits: -8.0306 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 23; average & best misfits: -8.0463 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 24; average & best misfits: -8.0672 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 25; average & best misfits: -8.0932 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 26; average & best misfits: -8.0284 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 27; average & best misfits: -7.8825 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 28; average & best misfits: -7.7714 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 29; average & best misfits: -7.9704 -6.3276  
 Optimizing subsurface model - generation: 30; average & best misfits: -7.9496 -6.2848  
 Optimizing subsurface model - generation: 31; average & best misfits: -7.8968 -6.2848  
 Optimizing subsurface model - generation: 32; average & best misfits: -7.8862 -6.2848  
 Optimizing subsurface model - generation: 33; average & best misfits: -7.9417 -6.2848  
 Optimizing subsurface model - generation: 34; average & best misfits: -8.0409 -6.2848  
 Optimizing subsurface model - generation: 35; average & best misfits: -7.8888 -6.2778  
 Optimizing subsurface model - generation: 36; average & best misfits: -7.8478 -6.2422  
 Optimizing subsurface model - generation: 37; average & best misfits: -8.1237 -6.2422

Optimizing subsurface model - generation: 38; average & best misfits: -7.9082	-6.2422
Optimizing subsurface model - generation: 39; average & best misfits: -7.7226	-6.1816
Optimizing subsurface model - generation: 40; average & best misfits: -7.6783	-6.1816
Optimizing subsurface model - generation: 41; average & best misfits: -7.6957	-6.1816
Optimizing subsurface model - generation: 42; average & best misfits: -7.8127	-6.1816
Optimizing subsurface model - generation: 43; average & best misfits: -7.8254	-6.1816
Optimizing subsurface model - generation: 44; average & best misfits: -7.7949	-6.1816
Optimizing subsurface model - generation: 45; average & best misfits: -7.9298	-6.1816
Optimizing subsurface model - generation: 46; average & best misfits: -8.0442	-6.1816
Optimizing subsurface model - generation: 47; average & best misfits: -8.1723	-6.1816
Optimizing subsurface model - generation: 48; average & best misfits: -8.0678	-6.1816
Optimizing subsurface model - generation: 49; average & best misfits: -7.7645	-6.143
Optimizing subsurface model - generation: 50; average & best misfits: -7.6495	-6.143
Optimizing subsurface model - generation: 51; average & best misfits: -7.4619	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 52; average & best misfits: -7.5129	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 53; average & best misfits: -7.753	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 54; average & best misfits: -8.0906	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 55; average & best misfits: -8.0771	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 56; average & best misfits: -7.9794	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 57; average & best misfits: -8.0756	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 58; average & best misfits: -7.8738	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 59; average & best misfits: -7.7616	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 60; average & best misfits: -7.7564	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 61; average & best misfits: -7.6789	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 62; average & best misfits: -7.7167	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 63; average & best misfits: -7.525	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 64; average & best misfits: -7.7866	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 65; average & best misfits: -7.8936	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 66; average & best misfits: -7.9059	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 67; average & best misfits: -7.7941	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 68; average & best misfits: -7.9581	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 69; average & best misfits: -8.0532	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 70; average & best misfits: -7.8958	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 71; average & best misfits: -7.8897	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 72; average & best misfits: -7.9197	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 73; average & best misfits: -8.2276	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 74; average & best misfits: -8.117	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 75; average & best misfits: -7.9494	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 76; average & best misfits: -7.7213	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 77; average & best misfits: -7.711	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 78; average & best misfits: -7.8629	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 79; average & best misfits: -7.766	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 80; average & best misfits: -7.7242	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 81; average & best misfits: -7.5996	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 82; average & best misfits: -7.7975	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 83; average & best misfits: -7.6731	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 84; average & best misfits: -7.8002	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 85; average & best misfits: -7.7729	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 86; average & best misfits: -7.8162	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 87; average & best misfits: -7.8501	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 88; average & best misfits: -8.0273	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 89; average & best misfits: -8.1908	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 90; average & best misfits: -8.0196	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 91; average & best misfits: -7.9964	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 92; average & best misfits: -7.8575	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 93; average & best misfits: -7.8664	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 94; average & best misfits: -7.9725	-6.0406
Optimizing subsurface model - generation: 95; average & best misfits: -7.8146	-6.0204
Optimizing subsurface model - generation: 96; average & best misfits: -7.7725	-6.0204
Optimizing subsurface model - generation: 97; average & best misfits: -7.9341	-6.0204
Optimizing subsurface model - generation: 98; average & best misfits: -8.1381	-6.0204
Optimizing subsurface model - generation: 99; average & best misfits: -8.0833	-6.0204
Optimizing subsurface model - generation: 100; average & best misfits: -7.9132	-5.9746

Checking the new search space (for the finer search)

Adopted search space (minimum Vs): 52 107 161 190 279 222 180 389 518  
 Adopted search space (maximum Vs): 102 210 315 372 546 435 353 600 750

Adopted search space (minimum Qs): 8.514	16.794	26.046	28.035	44.082	33.732	28.242	74.088	71.028
Adopted search space (maximum Qs): 10.406	20.526	31.834	34.265	53.878	41.228	34.518	90.552	86.812

Adopted search space (minimum reference frequency): 1  
 Adopted search space (maximum reference frequency): 40.1174

Adopted search space (minimum Poisson): 0.3 0.31694 0.19688 0.37604 0.40323 0.1917 0.23757 0.19185 0.18438



Adopted search space (maximum Poisson): 0.36667 0.38738 0.24063 0.4596 0.49283 0.2343 0.29036 0.23448 0.22535  
 Adopted search space (minimum thickness): 0.21429 0.47857 0.54286 1.9929 2.7714 3.6286 2.8571 3.6214  
 Adopted search space (maximum thickness): 0.42 0.938 1.064 3.906 5.432 7.112 5.6 7.098

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh-wave analysis

Optimizing subsurface model - generation: 2; average & best misfits: -9.4848 -5.9607  
 Optimizing subsurface model - generation: 3; average & best misfits: -8.829 -5.868  
 Optimizing subsurface model - generation: 4; average & best misfits: -8.6205 -5.868  
 Optimizing subsurface model - generation: 5; average & best misfits: -8.4493 -5.868  
 Optimizing subsurface model - generation: 6; average & best misfits: -8.4861 -5.868  
 Optimizing subsurface model - generation: 7; average & best misfits: -8.3457 -5.868  
 Optimizing subsurface model - generation: 8; average & best misfits: -8.1467 -5.8679  
 Optimizing subsurface model - generation: 9; average & best misfits: -8.2287 -5.8679  
 Optimizing subsurface model - generation: 10; average & best misfits: -8.215 -5.8679  
 Optimizing subsurface model - generation: 11; average & best misfits: -8.4222 -5.8679  
 Optimizing subsurface model - generation: 12; average & best misfits: -8.2991 -5.8679  
 Optimizing subsurface model - generation: 13; average & best misfits: -8.2301 -5.8654  
 Optimizing subsurface model - generation: 14; average & best misfits: -8.1775 -5.8654  
 Optimizing subsurface model - generation: 15; average & best misfits: -8.3954 -5.8542  
 Optimizing subsurface model - generation: 16; average & best misfits: -8.2147 -5.8542  
 Optimizing subsurface model - generation: 17; average & best misfits: -7.8682 -5.8542  
 Optimizing subsurface model - generation: 18; average & best misfits: -7.8966 -5.8542  
 Optimizing subsurface model - generation: 19; average & best misfits: -7.9088 -5.8542  
 Optimizing subsurface model - generation: 20; average & best misfits: -7.7915 -5.8542  
 Optimizing subsurface model - generation: 21; average & best misfits: -7.7751 -5.8542  
 Optimizing subsurface model - generation: 22; average & best misfits: -7.7962 -5.8542  
 Optimizing subsurface model - generation: 23; average & best misfits: -7.9104 -5.8542  
 Optimizing subsurface model - generation: 24; average & best misfits: -7.8292 -5.8542  
 Optimizing subsurface model - generation: 25; average & best misfits: -7.8777 -5.8541

Subsurface model after Vs, Qs, Vp & thickness optimization:

Vs (m/s): 85 183 211 271 382 300 231 488 750  
 Thickness (m): 0.42 0.51 0.7 2.8 5 6.5 3.5 6.8

Qs (estimated): 9 19 29 30 48 41 28 86 74  
 Vp (m/s) (estimated): 186 398 357 837 1095 497 407 801 1253  
 Poisson (estimated): 0.37 0.37 0.23 0.44 0.43 0.21 0.26 0.21 0.22  
 Reference frequency (Hz): 36

Number of models considered to calculate the average model: 84

##### RESULTS  
 #####

Dataset: 2016-10-17\_15-02-42\_01000\_00200\_016\_StckSm\_SEG2.dat  
 Analyzed data: 2016-10-17\_15-02-42\_01000\_00200\_016\_StckSm\_SEG2FVS.mat

===== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

===== MEAN MODEL

Vs (m/s): 88 171 222 269 382 296 233 519 697  
 Standard deviations (m/s): 5 13 13 2 3 8 13 50 53  
 Thickness (m): 0.4 0.6 0.8 2.9 4.9 6.0 3.5 5.4  
 Standard deviations (m): 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus  
 Vp (m/s): 182 383 375 763 1286 491 412 866 1154  
 Density (gr/cm3): 1.64 1.82 1.82 1.99 2.11 1.88 1.84 2.02 2.09  
 Vp/Vs ratio: 2.07 2.24 1.69 2.84 3.37 1.66 1.77 1.67 1.66  
 Poisson: 0.35 0.38 0.23 0.43 0.45 0.21 0.26 0.22 0.21  
 Shear modulus (MPa): 13 53 90 144 309 165 100 544 1015

===== SECTION#4

**BEST MODEL**

Vs (m/s): 85 183 211 271 382 300 231 488 750  
 thickness (m): 0.4169 0.50972 0.69724 2.7745 4.9719 6.5498 3.4686 6.7653

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 185 397 356 838 1094 498 407 802 1253  
 Density (gr/cm3): 1.65 1.83 1.80 2.01 2.08 1.89 1.84 2.00 2.11  
 Vp/Vs ratio: 2.18 2.17 1.69 3.09 2.86 1.66 1.76 1.64 1.67  
 Poisson: 0.37 0.37 0.23 0.44 0.43 0.22 0.26 0.21 0.22  
 Shear modulus (MPa): 12 61 80 148 303 170 98 476 1186

===== SECTION#5

Vs5 (mean model): 215 m/s  
 Vs5 (best model): 219 m/s

Vs20 (mean model): 277 m/s  
 Vs20 (best model): 276 m/s

Vs30 (mean model): 338 m/s  
 Vs30 (best model): 333 m/s

===== SECTION#6

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori 100 m/s (ovvero 10 < cuS30 < 20 kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Results saved in the folder "C:\Users\8560W\Desktop\zvf\_3d\_5mo\_deruta\_litostudio\output\_disp".

=====  
 winMASW - Surface Waves & Beyond  
 www.winmasw.com

Number of models used to define the mean model: 84  
 Vs30 for the best model: 333  
 Analyzing Phase velocities

## SAN NICOLO' DI CELLE

COMUNE DI DERUTA

P.R.G. Parte Operativa



## SNC\_MASW1-HV1-HV2

---

VIA XX SETTEMBRE, 76 - 06121 PERUGIA

[www.studiogeologiassociati.eu](http://www.studiogeologiassociati.eu)

PRG\_PO\_MS\_RELAZIONE\_BIS .DOC

TEL./FAX 075.5721231

[info@studiogeologiassociati.eu](mailto:info@studiogeologiassociati.eu)

# Easy MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

## Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P-Longitudinale**: onda profonda di compressione;
- **S-Trasversale**: onda profonda di taglio;
- **L-Love**: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R-Rayleigh**: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

## Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

## Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

## Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

## Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

### **Profondità di indagine**

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

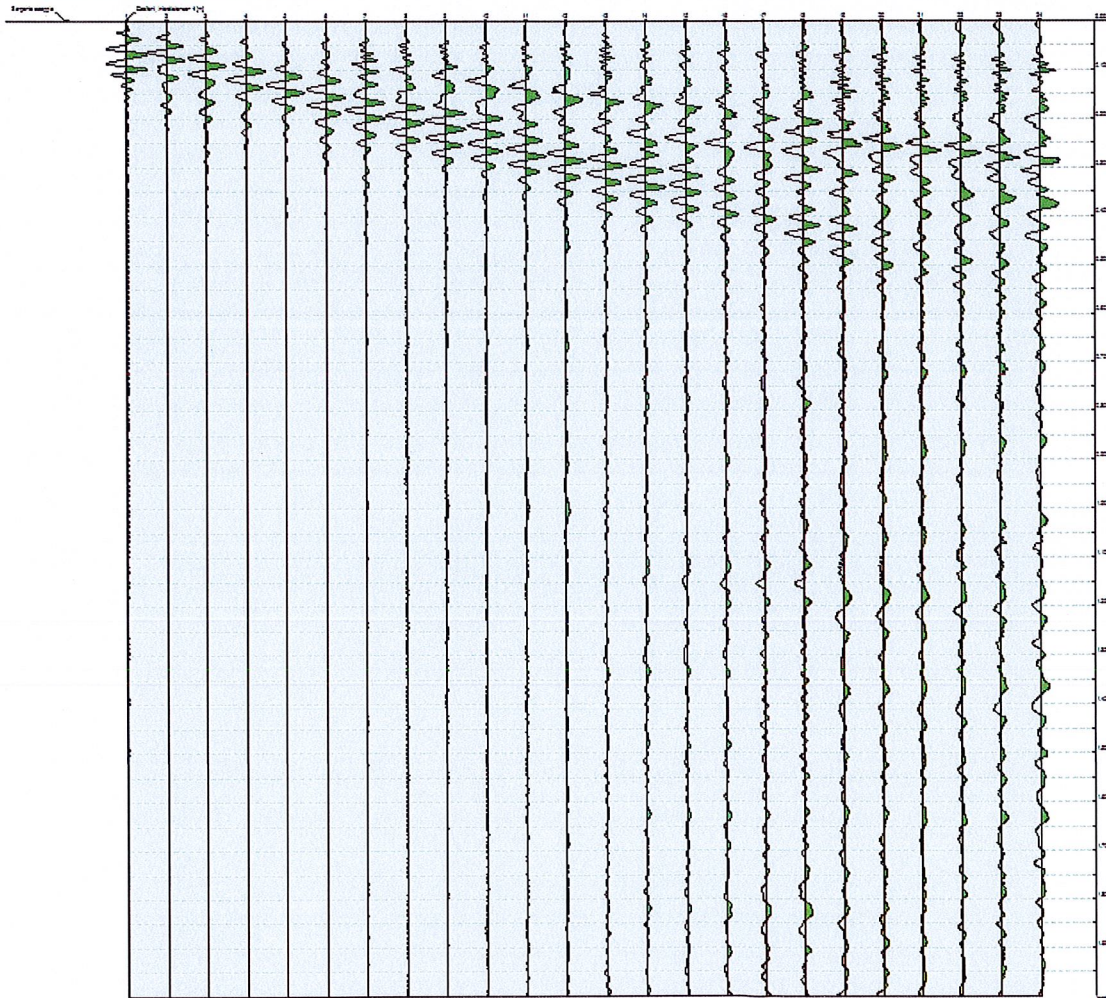
### **Dati generali**

<b>Committente</b>	Novatecno SRL
<b>Cantiere</b>	Piano attuativo di iniziativa privata - Variante
<b>Località</b>	San Michele, Sant'Angelo di Celle - Deruta
<b>Operatore</b>	Dott. Geol. Servettini Luca
<b>Responsabile</b>	Dott. Geol. Servettini Luca
<b>Data</b>	23/02/2014

## Tracce

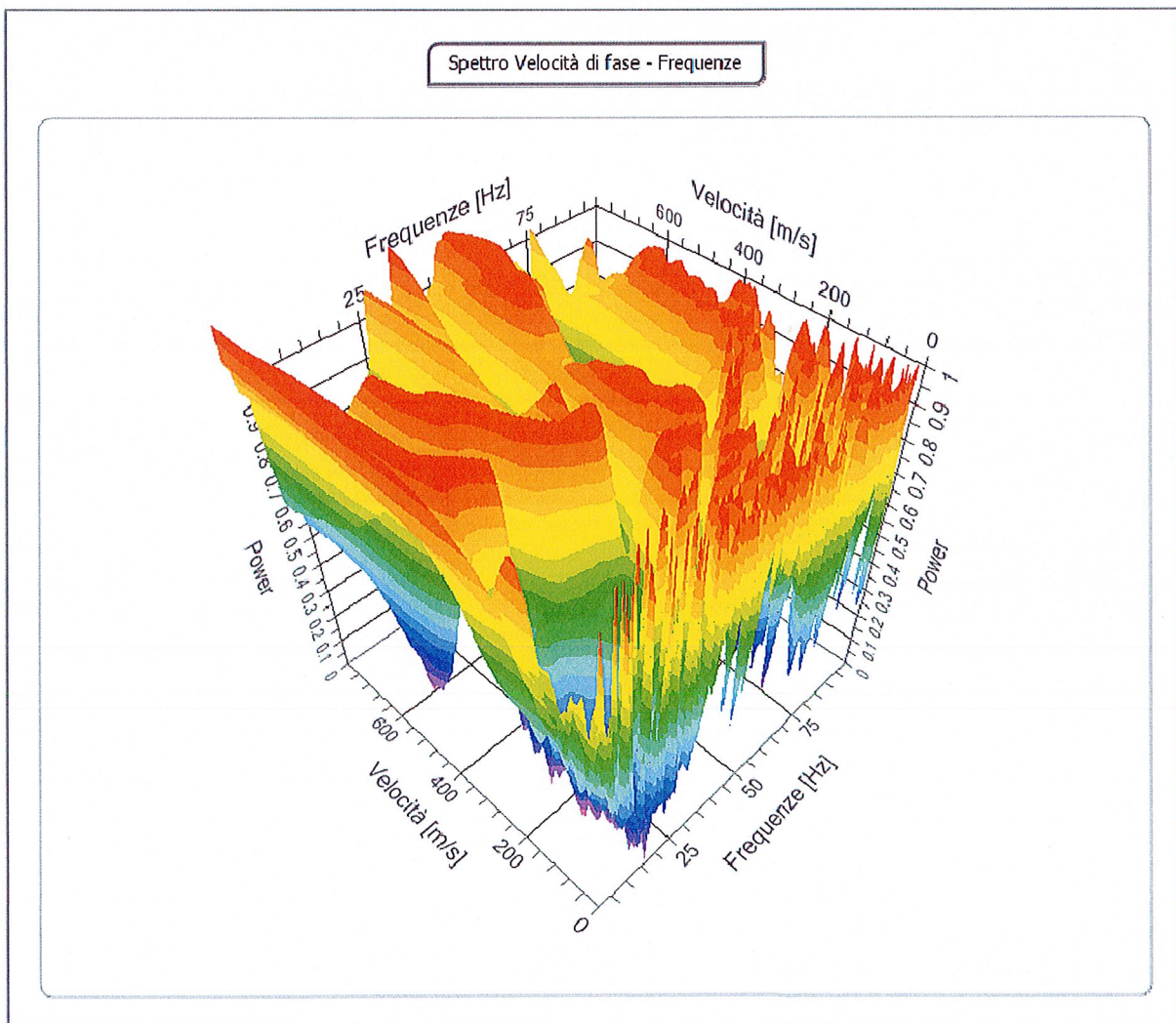
N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	4.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Committente: Novastono SRL  
Cantiere: Piano smistato di Iniziativa privata - Variante  
Località: San Michele, Sant'Angelo di Celso - Deruta  
Operatore: Dott. Geol. Seretini Luca  
Responsabile: Dott. Geol. Seretini Luca  
Data: 23/02/2014



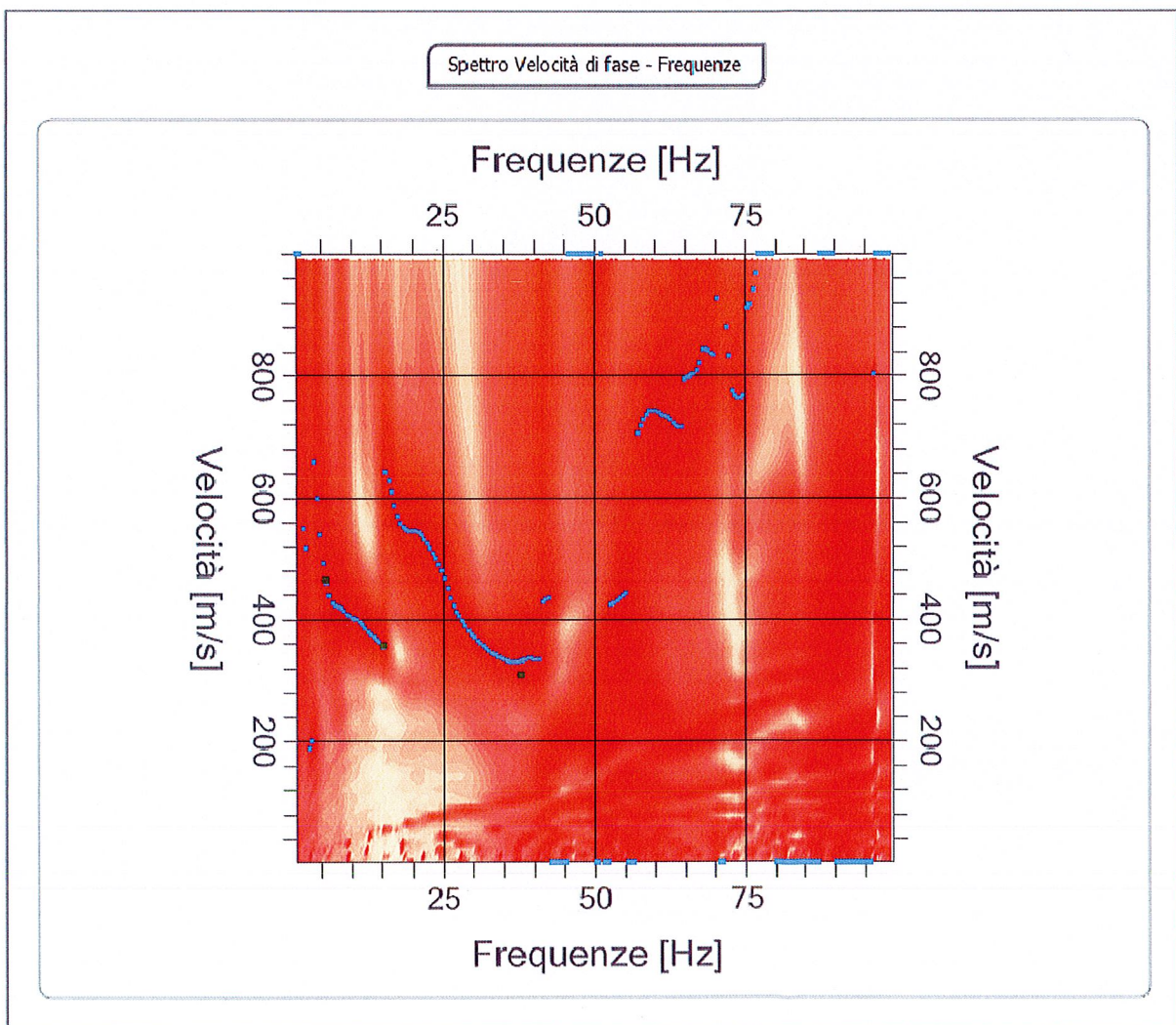
## Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	100
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1000
Intervallo velocità [m/sec]	1



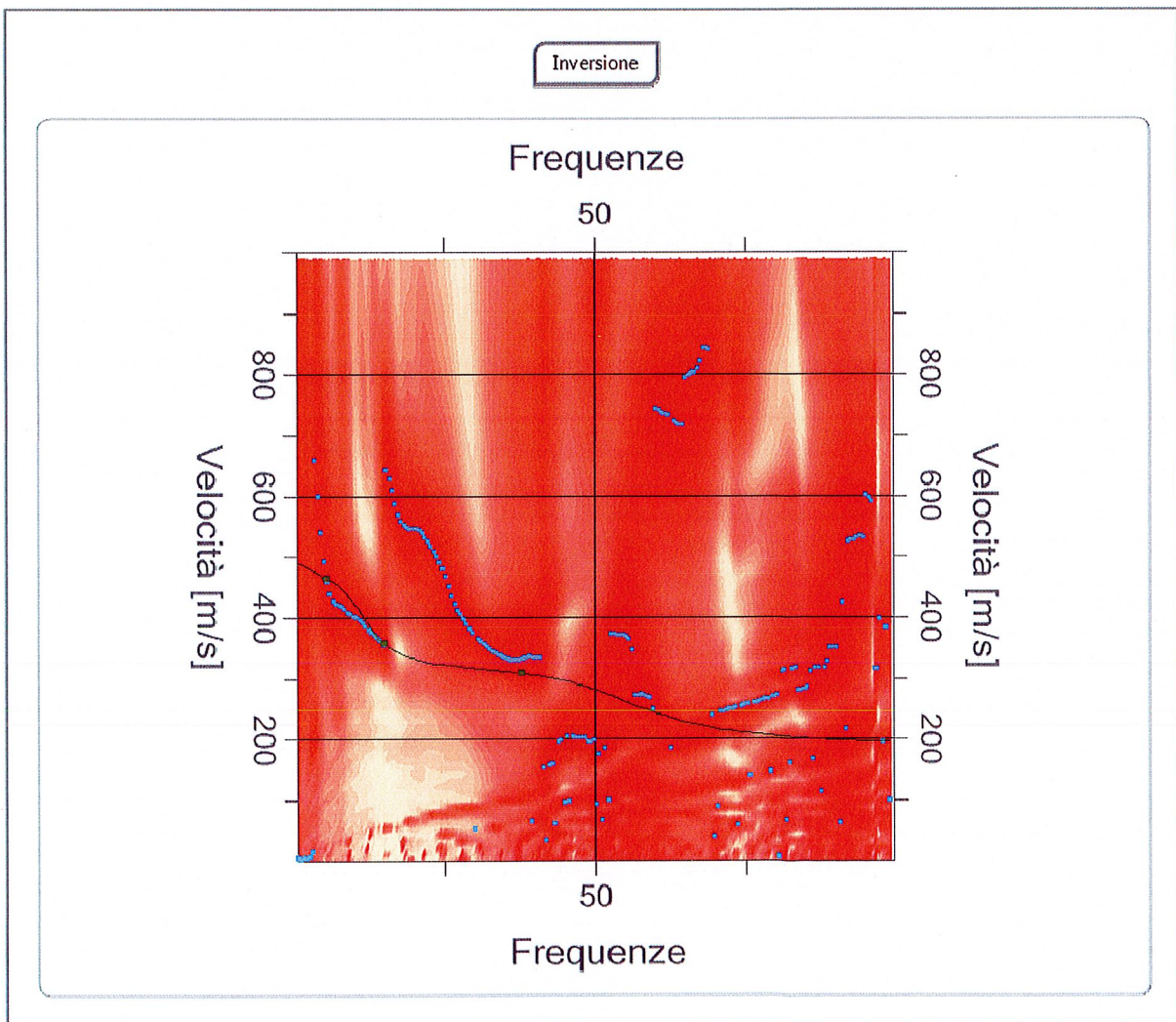
### Curva di dispersione

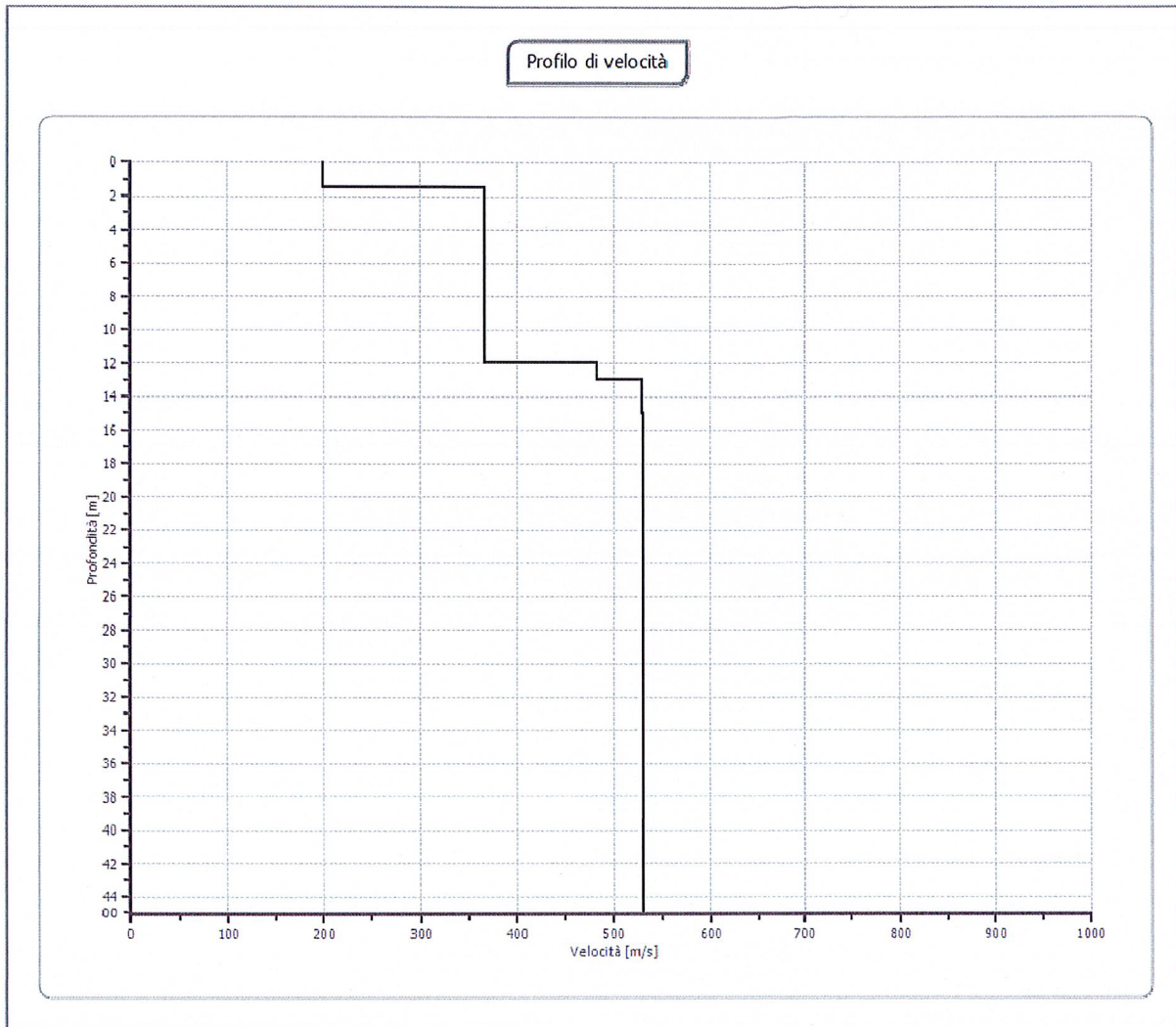
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	5.7	464.9	0
2	15.2	357.0	0
3	38.0	307.4	0



### Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficient e Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.50	1.50	2000.0	0.4	No	488.9	199.6
2		12.00	10.50	1850.0	0.4	Si	762.6	366.4
3		13.00	1.00	2100.0	0.4	No	1005.9	483.2
4		14.00	1.00	2100.0	0.4	No	1099.8	528.3
5		15.00	1.00	2200.0	0.4	No	1101.7	529.2
6		oo	oo	2300.0	0.4	No	1104.3	530.5





## Risultati

<b>Profondità piano di posa</b>	0.00
<b>[m]</b>	
<b>Vs30 [m/sec]</b>	426.73
<b>Categoria del suolo</b>	B

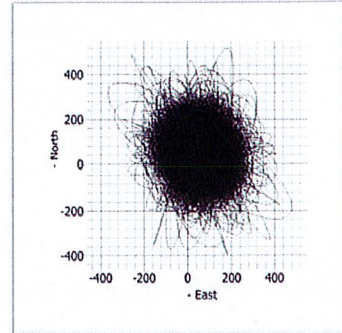
Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

MISURA DEL MICROTREMORE SISMICO – HVSR-1 stazione singola

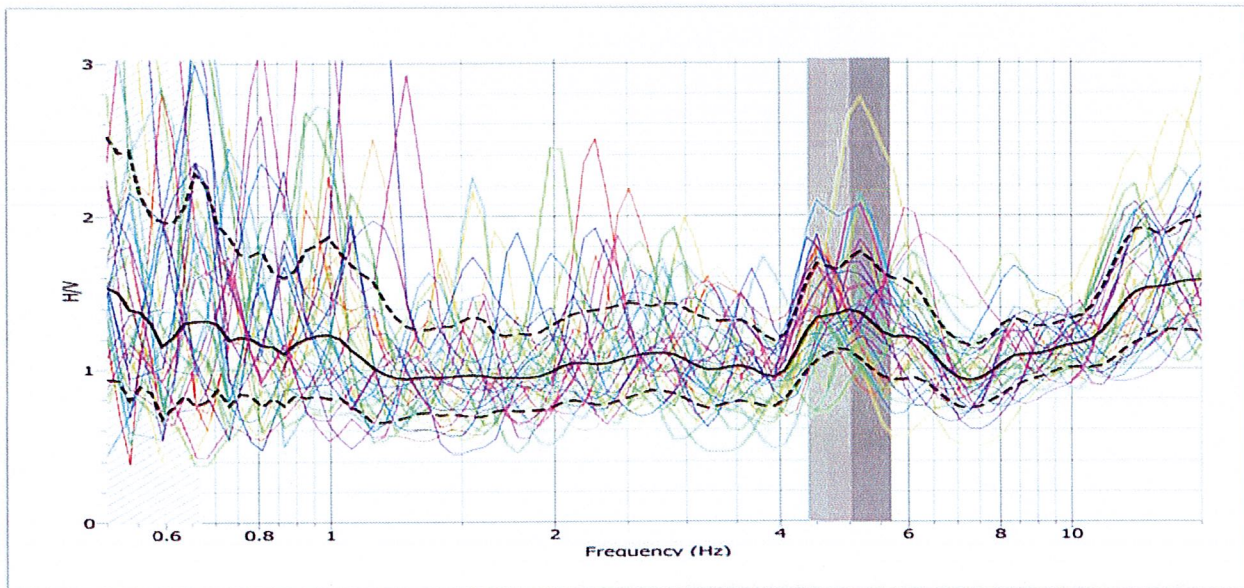
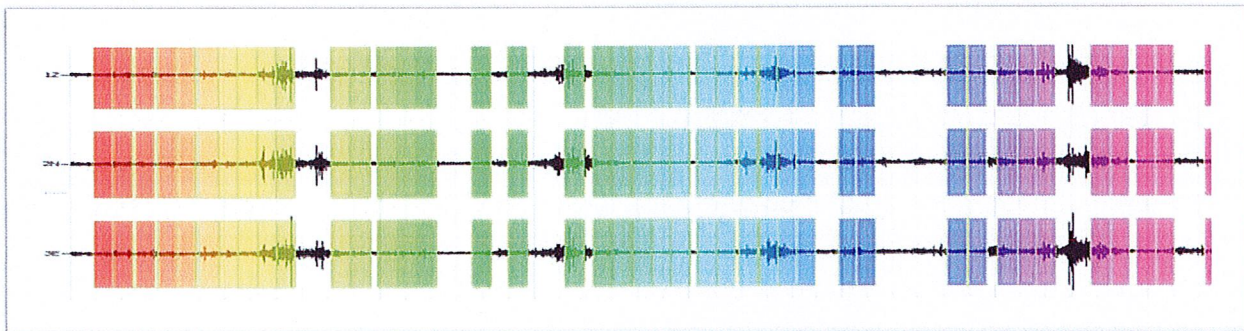
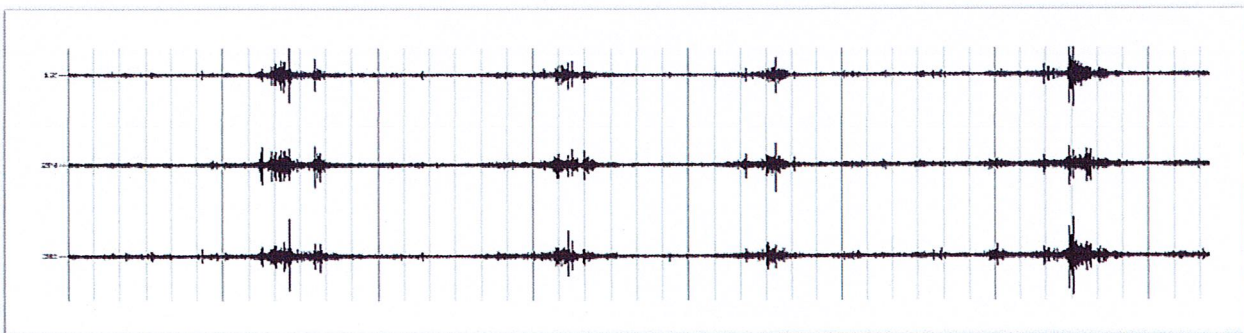
NOVATECNO SRL  
San Michele, fraz. Sant'Angelo di Celle - Deruta

26-02-2014

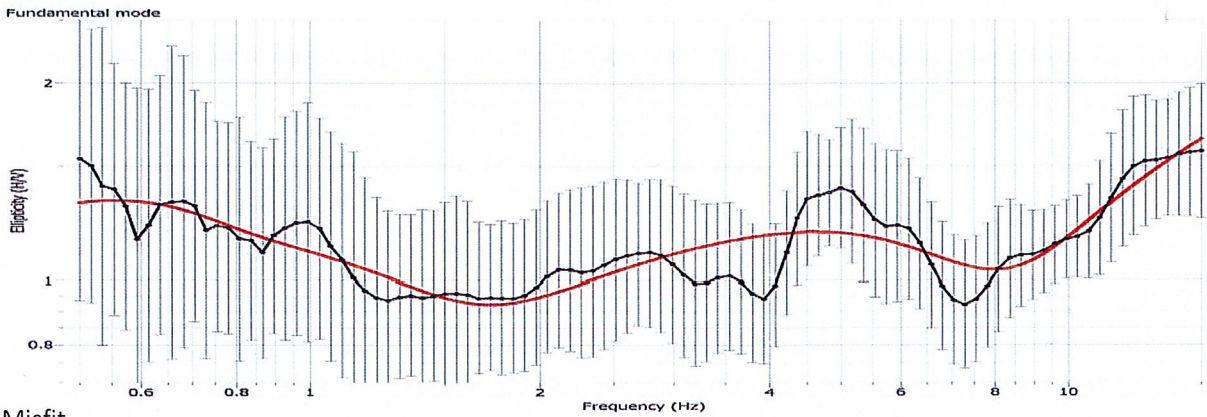
Finestra di oscillazione sul piano orizzontale



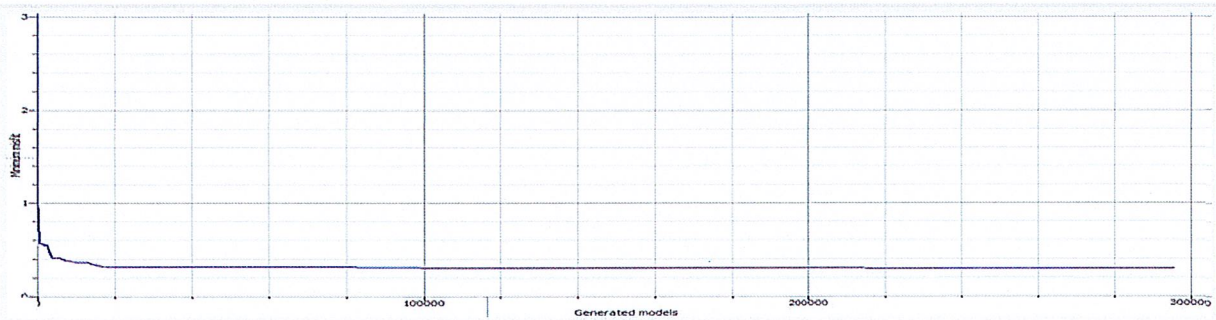
Spettro di frequenza delle onde misurate



Spettro di frequenza delle onde misurate e modello interpretativo



Misfit



Diagrammi velocità sismiche

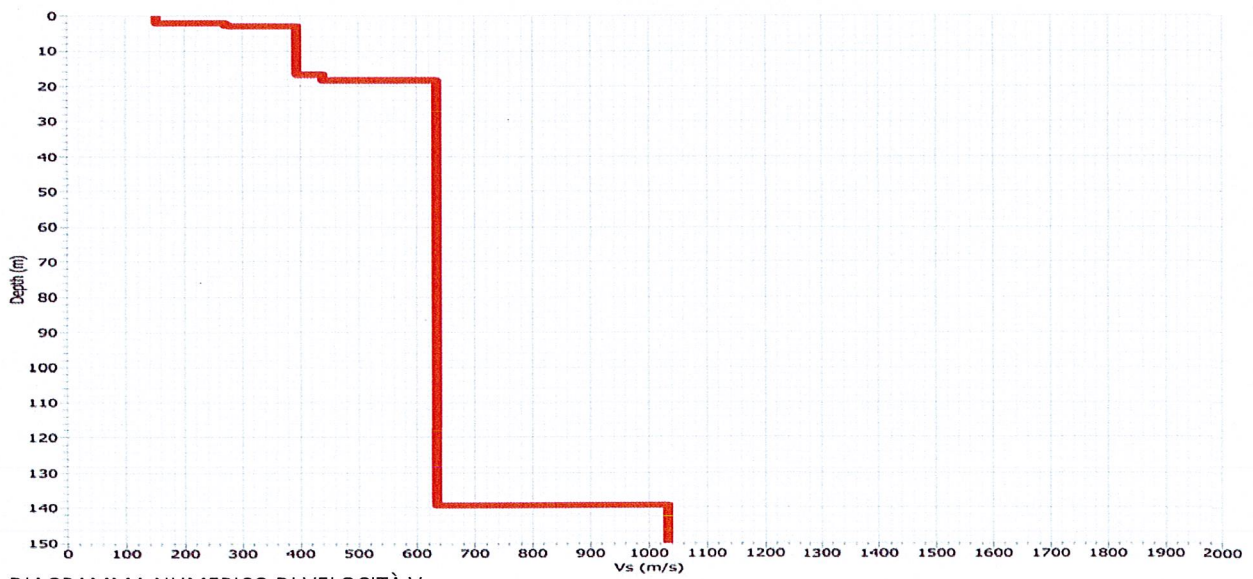


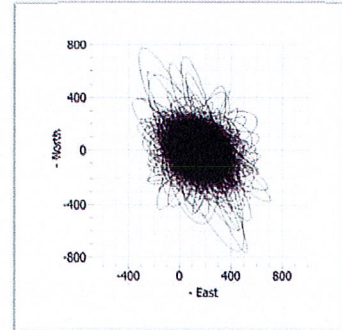
DIAGRAMMA NUMERICO DI VELOCITÀ  $V_s$

Strato	Spessore (m)	Velocità $V_s$ (m/s)
1	2	150
2	1	270
3	14	390
4	1.5	440
5	121	635
6	-	>800
$V_{s,30}=402.9$ m/s		

MISURA DEL MICROTREMORE SISMICO – HVSr-2 stazione singola

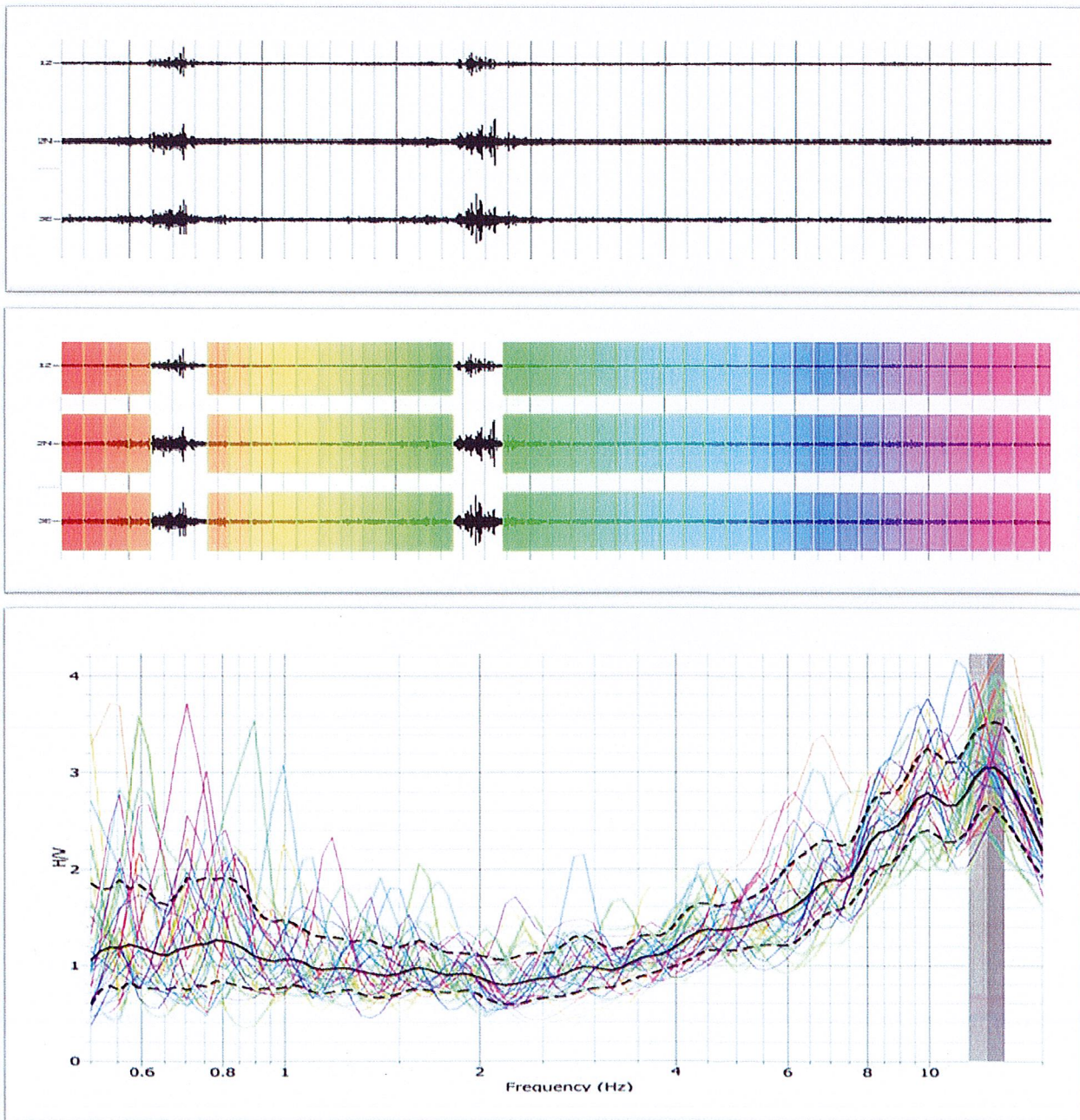
NOVATECNO SRL  
San Michele, fraz. Sant'Angelo di Celle - Deruta

26-02-2014

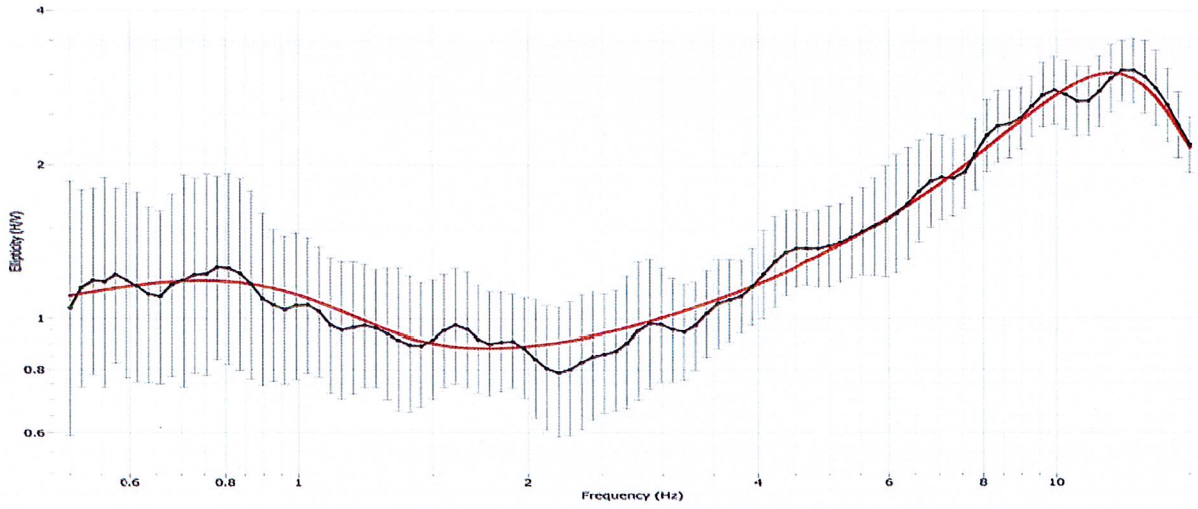


Finestra di oscillazione sul piano orizzontale

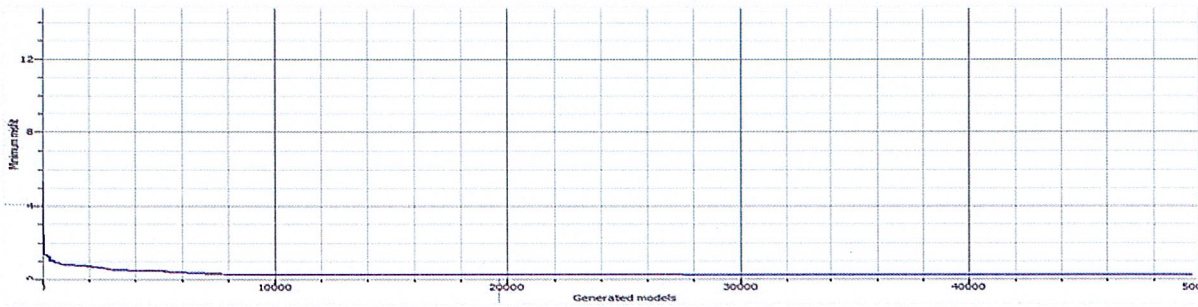
Spettro di frequenza delle onde misurate



Spettro di frequenza delle onde misurate e modello interpretativo



Misfit



Diagrammi velocità sismiche

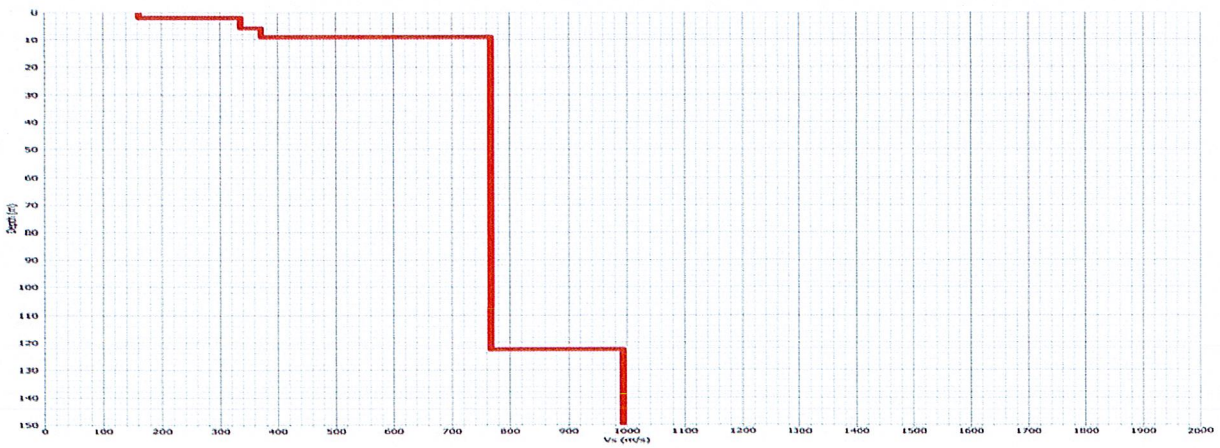


DIAGRAMMA NUMERICO DI VELOCITÀ  $V_s$

Strato	Spessore (m)	Velocità $V_s$ (m/s)
1	2	160
2	3.8	335
3	4	372
4	113	765
5	-	>800
$V_{s,30}=491.8$ m/s		

## VIALE-FANCIULLATA

COMUNE DI DERUTA

P.R.G. Parte Operativa



## ESAC2-HVSR2

---

VIA XX SETTEMBRE, 76 - 06121 PERUGIA

[www.studiogeologiassociati.eu](http://www.studiogeologiassociati.eu)

PRG\_PO\_MS\_RELAZIONE\_BIS .DOC

TEL./FAX 075.5721231

[info@studiogeologiassociati.eu](mailto:info@studiogeologiassociati.eu)

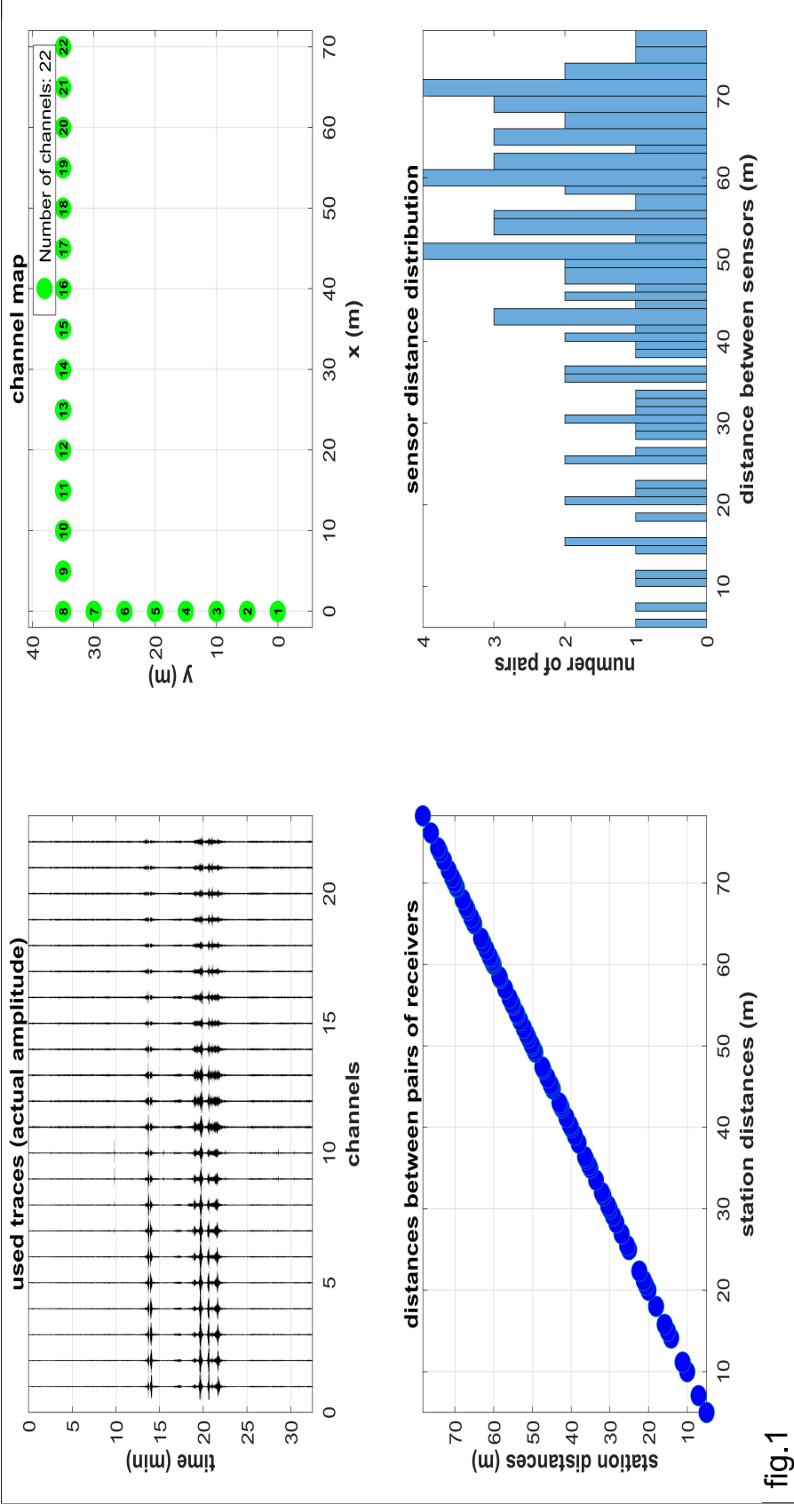
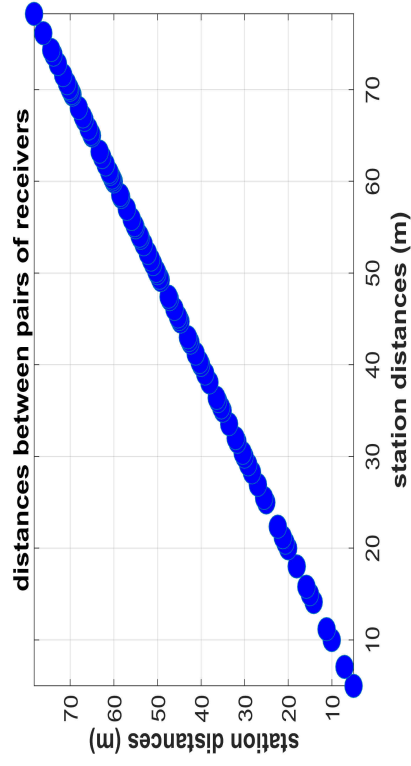



fig.1





COMUNE DI DERUTA  
INDAGINI GEOFISICHE PRG PARTE OPERATIVA

Dott. Geol. L. Faralli  
Dott. Geol. N. Gasparri  
Dott. Geol. R. Riccioni  
Dott. Geol. L. D. Venanti

## Indagine Sismica tipo ESAC - ESAC2

### Indagine Sismica tipo HVSR - HV2

# MODELLAZIONE CONGIUNTA DATI GEOFISICI

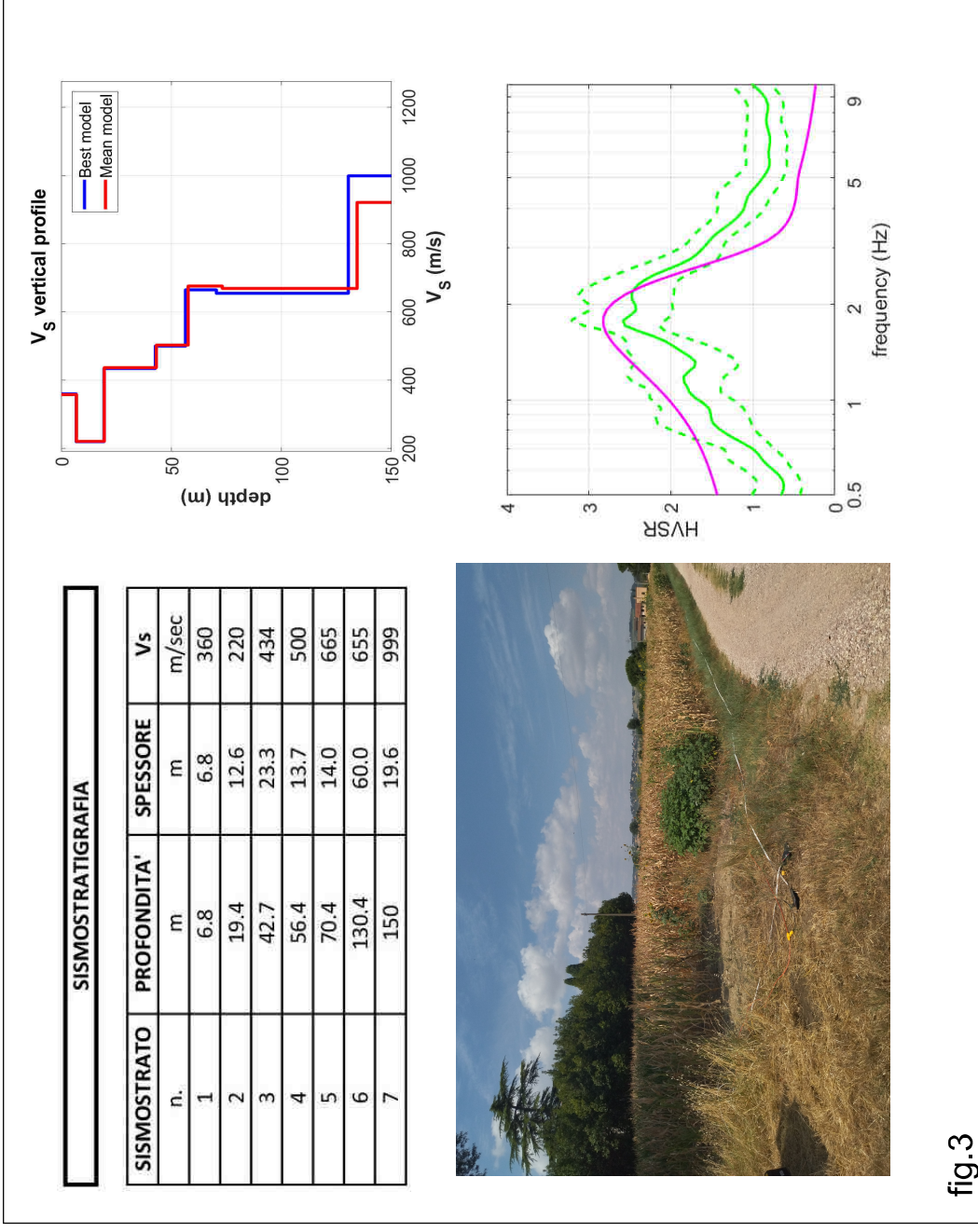


fig.3

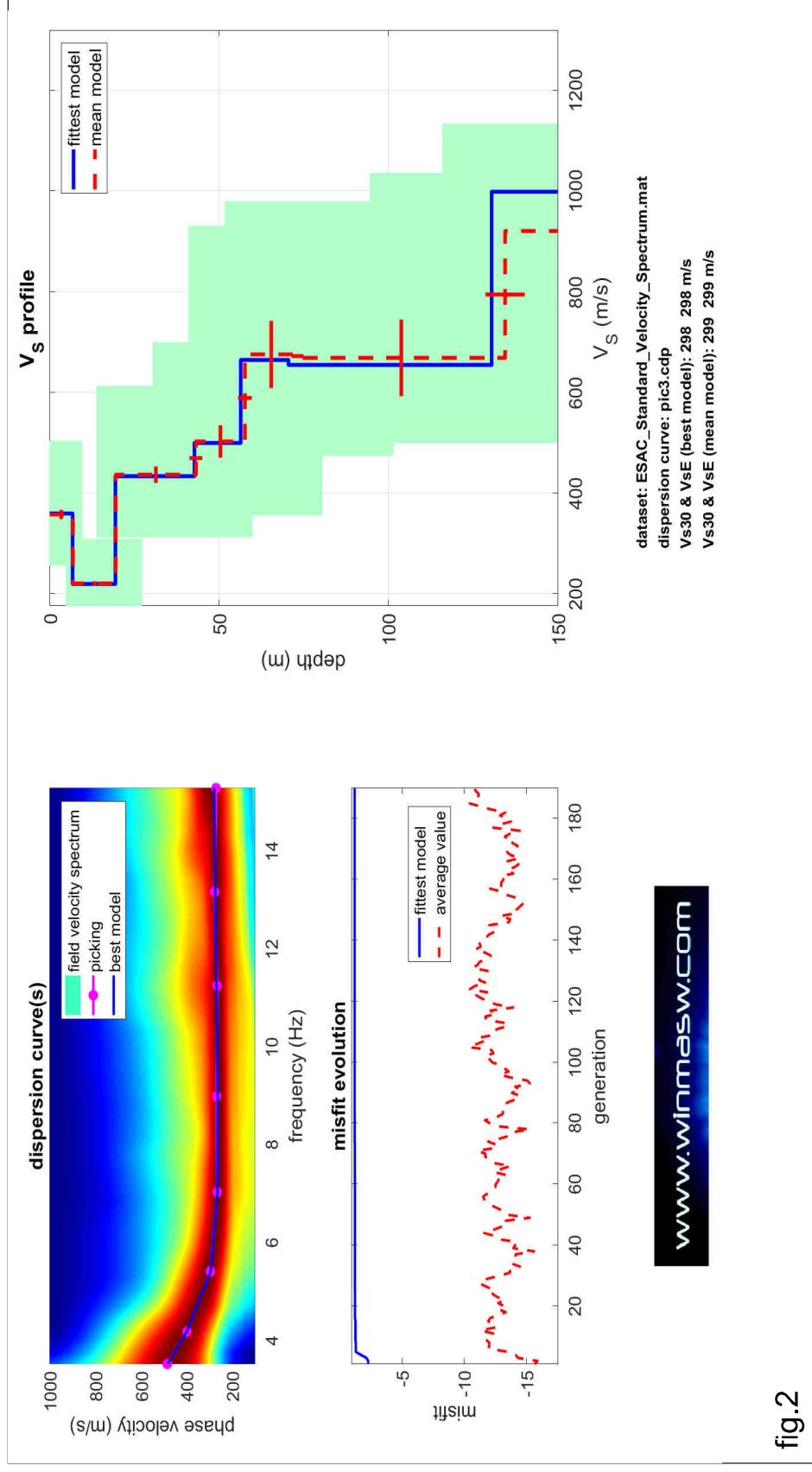


fig.2

LEGENDA

Fig.1 -Dati registrati, geometria array

Fig.2- Inversione curva di dispersione indagine ESAC da modellazione congiunta ESAC/HV: confronto picking/best model, misfit e profilo Vs

Fig.3 - Tabella sismostratigrafia, profilo Vs, documentazione fotografica indagine ESAC e analisi congiunta HV-ESAC

## STATION INFORMATION

*Station code:* DERUTA\_PRG\_PO

*Model:* SARA GEOBOX

*Sensor:* SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

*Notes:* -

## PLACE INFORMATION

*Place ID:* DERUTA\_PRG\_PO\_HVSR2

*Address:* SANT'ANGELO DI CELLE

*Latitude:* -

*Longitude:* -

*Coordinate system:* -

*Elevation:* -

*Weather:* -

*Notes:* -

## PHOTOGRAPHIC REFERENCES



### SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

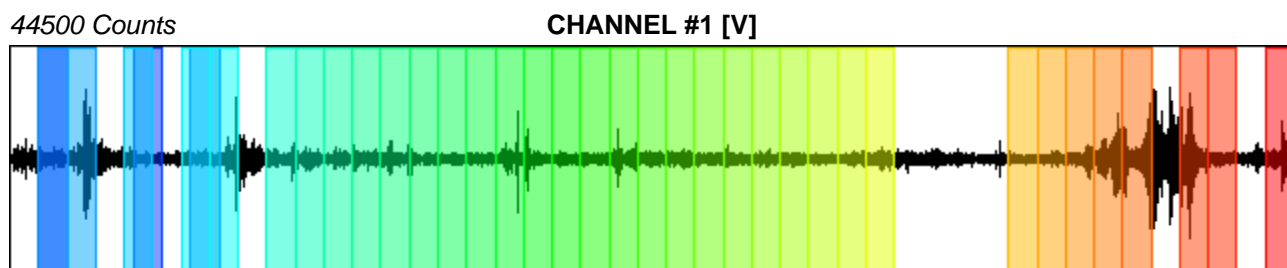
Recording start time: 2022/07/27 11:29:59

Recording length: 30 min

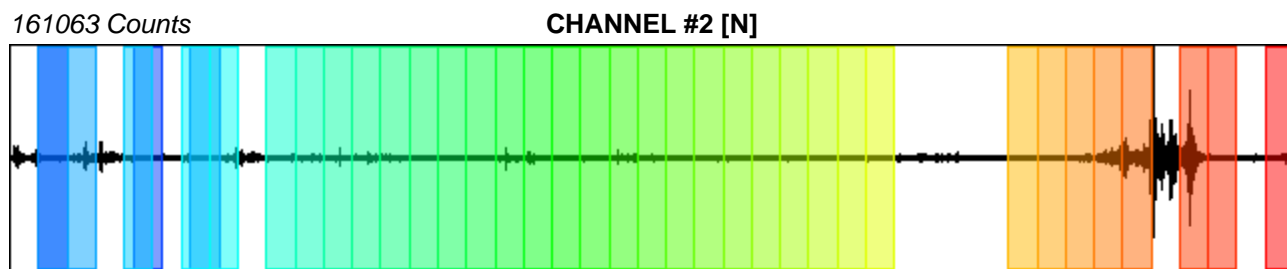
Windows count: 38

Average windows length: 40

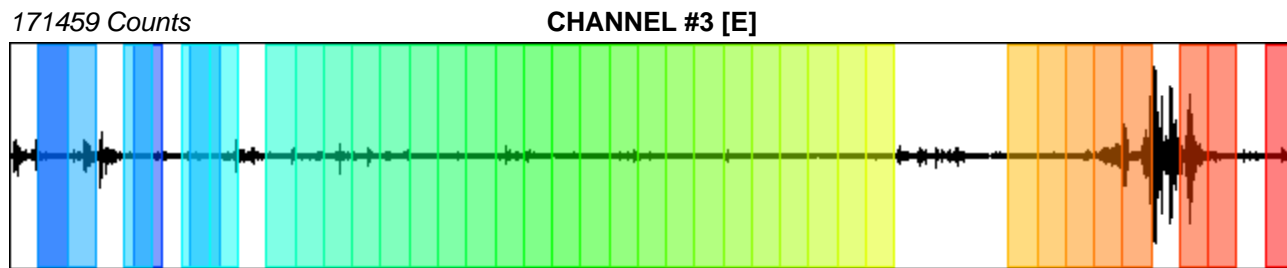
Signal coverage: 84.44%



-39835 Counts



-115865 Counts



-141293 Counts

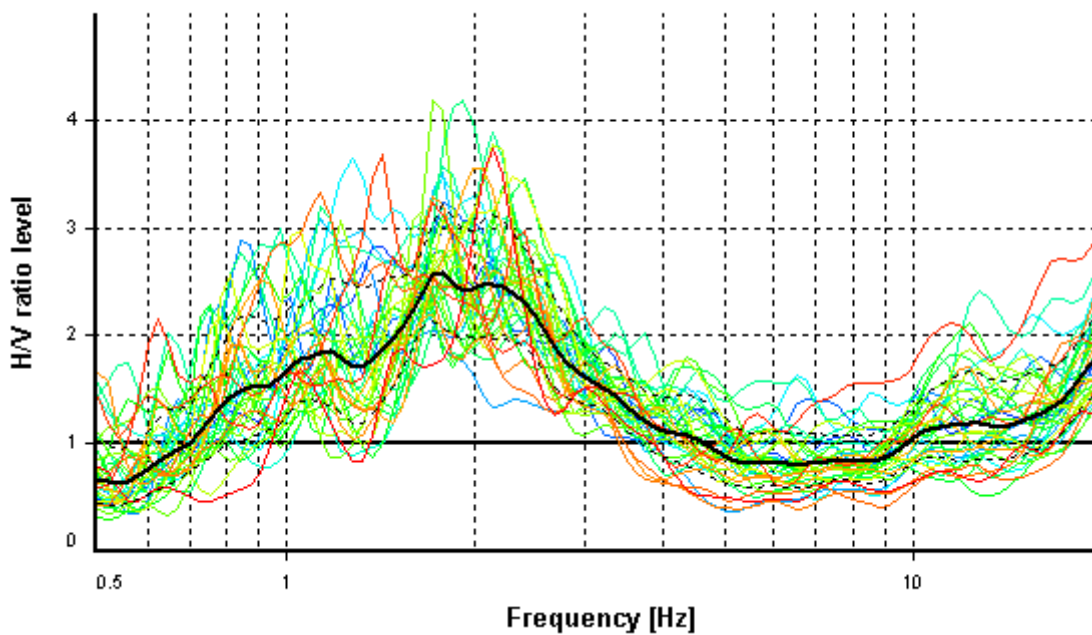
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 5%)

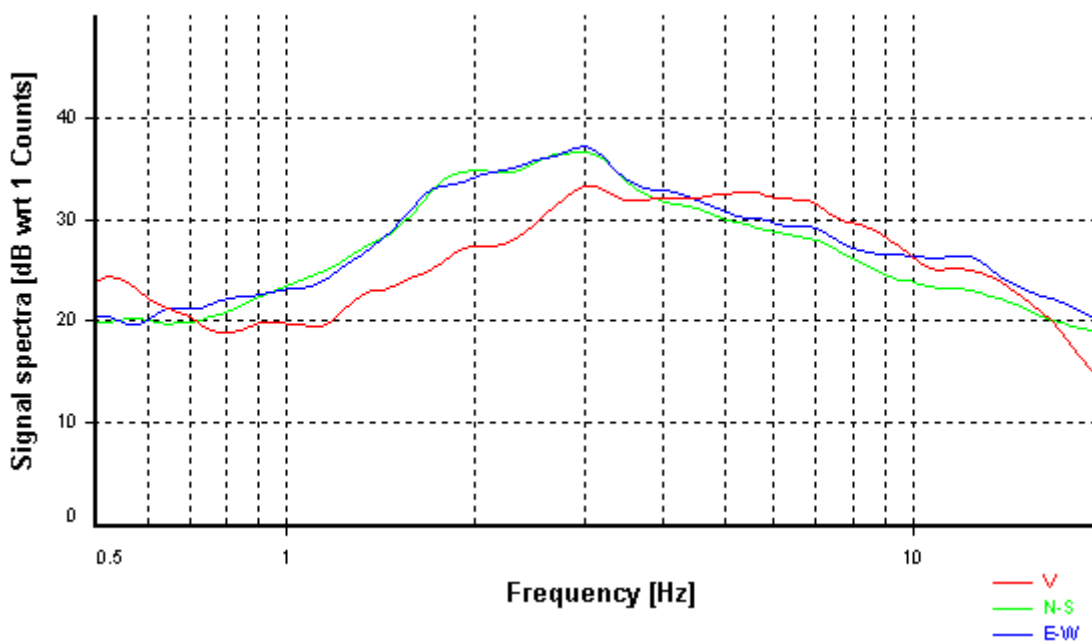
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

*Instrumental correction:* Disabled

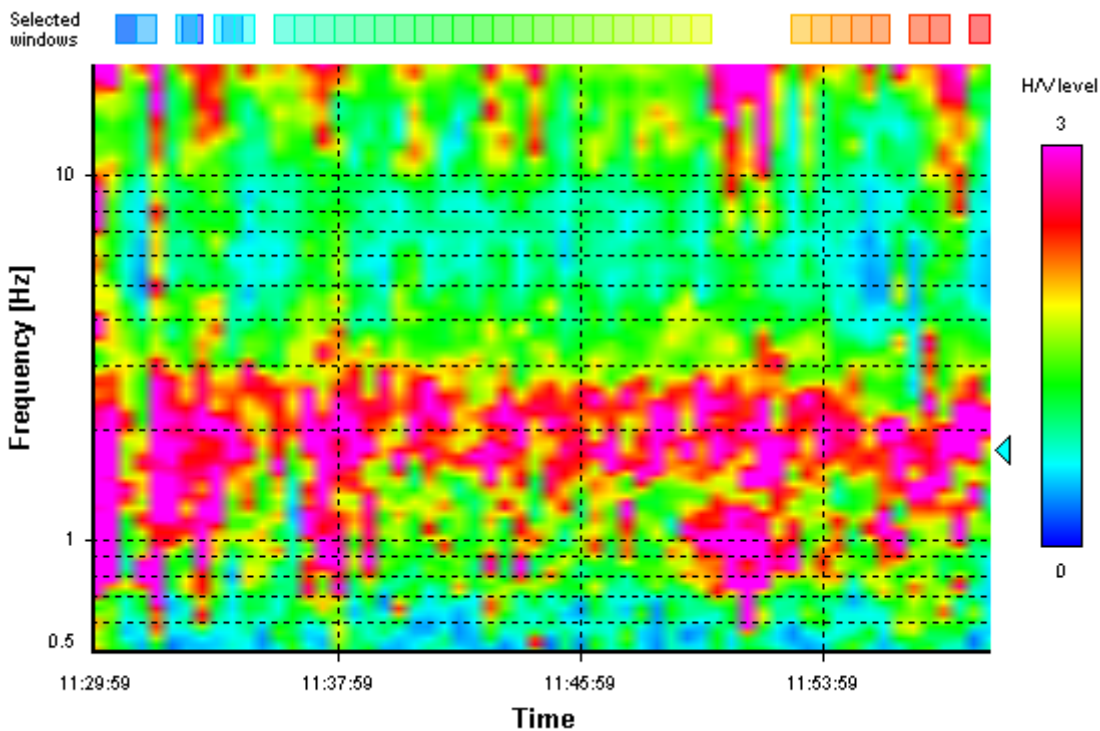
### HVSR average



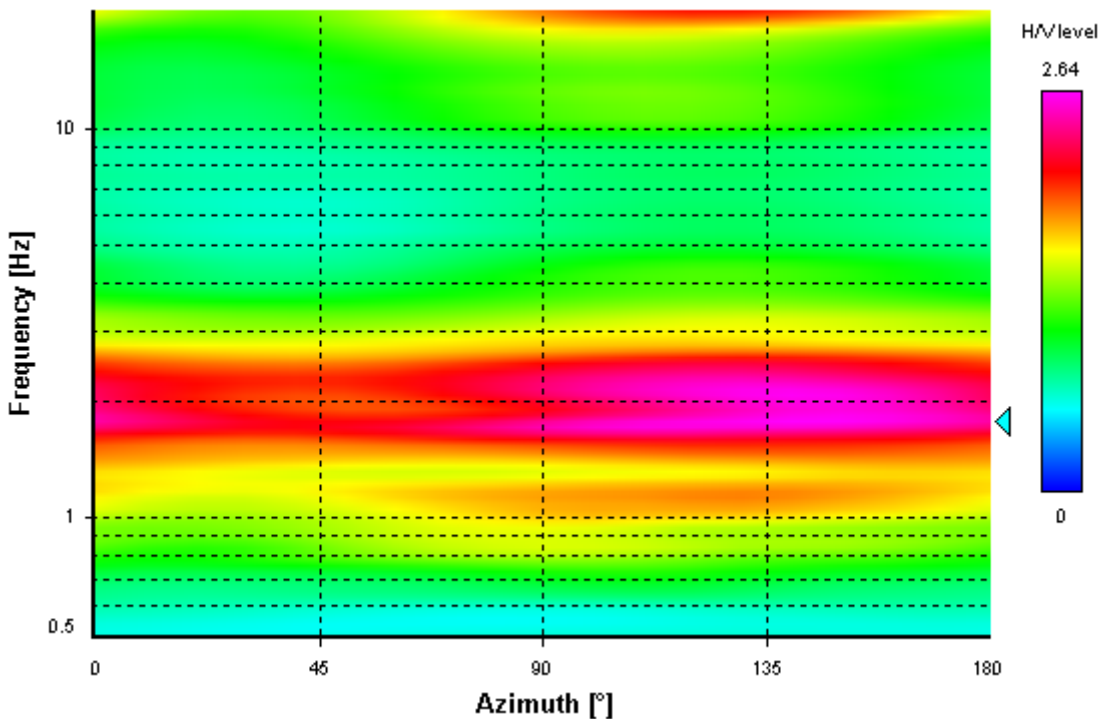
### Signal spectra average



### HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



### HVSR directional analysis



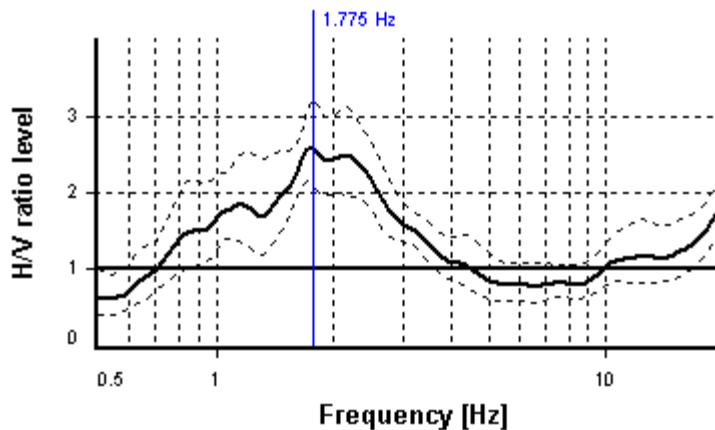
## SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**

1.775 Hz

**$A_0$  amplitude = 2.582**

**Average  $f_0 = 1.947 \pm 0.337$**



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	38 valid windows (length > 5.63 s) out of 38	OK
$n_c(f_0) > 200$	2697.84 > 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 $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.75332 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	3.60279 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.58 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.66% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.33702 >= 0.17749	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.24528 < 1.78	OK
Overall criteria fulfillment		OK

COMUNE DI DERUTA

P.R.G. Parte Operativa



## ESAC3-HVSR3

---

VIA XX SETTEMBRE, 76 - 06121 PERUGIA

[www.studiogeologiassociati.eu](http://www.studiogeologiassociati.eu)

PRG\_PO\_MS\_RELAZIONE\_BIS .DOC

TEL./FAX 075.5721231

[info@studiogeologiassociati.eu](mailto:info@studiogeologiassociati.eu)

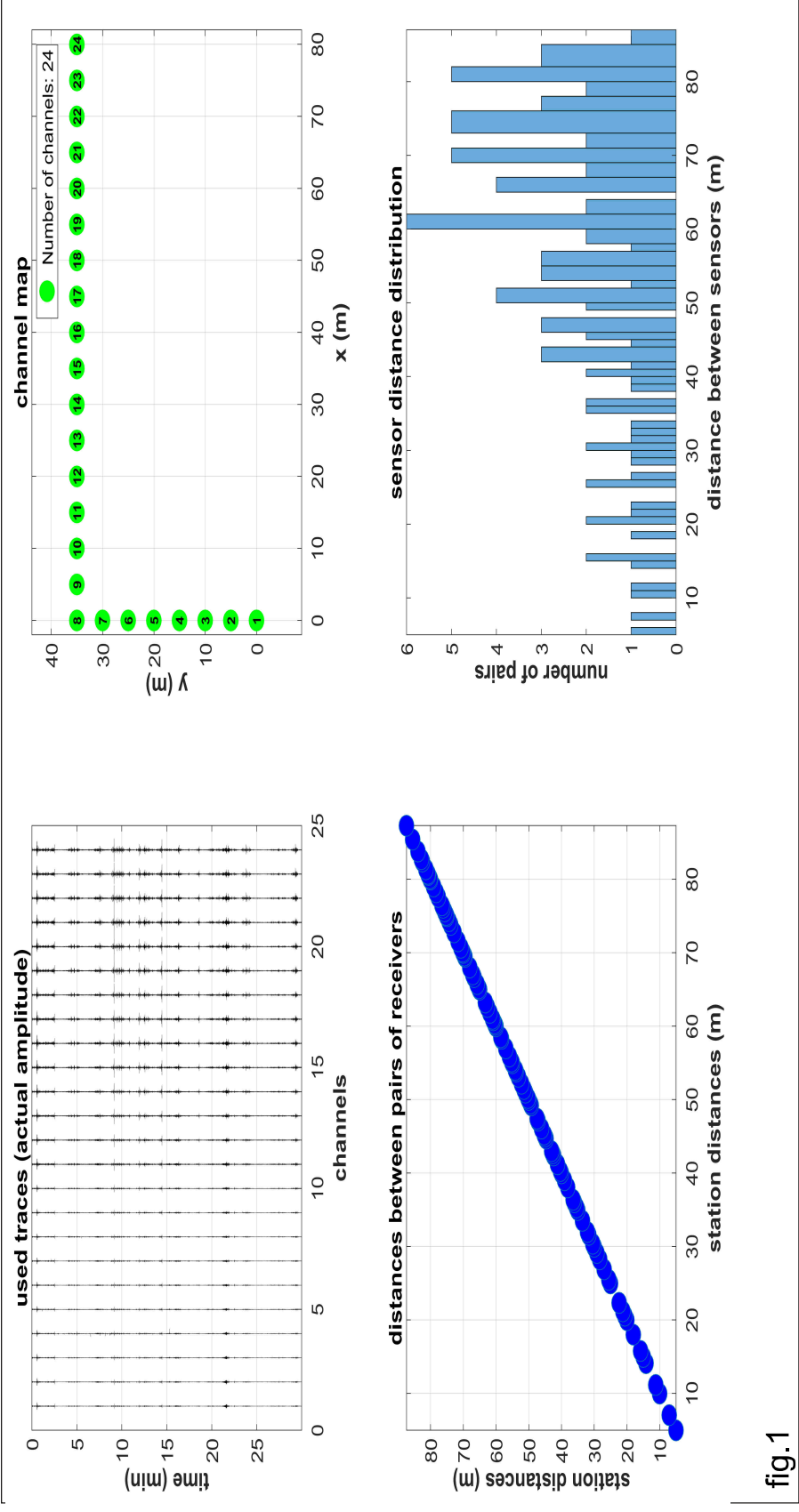


fig.1

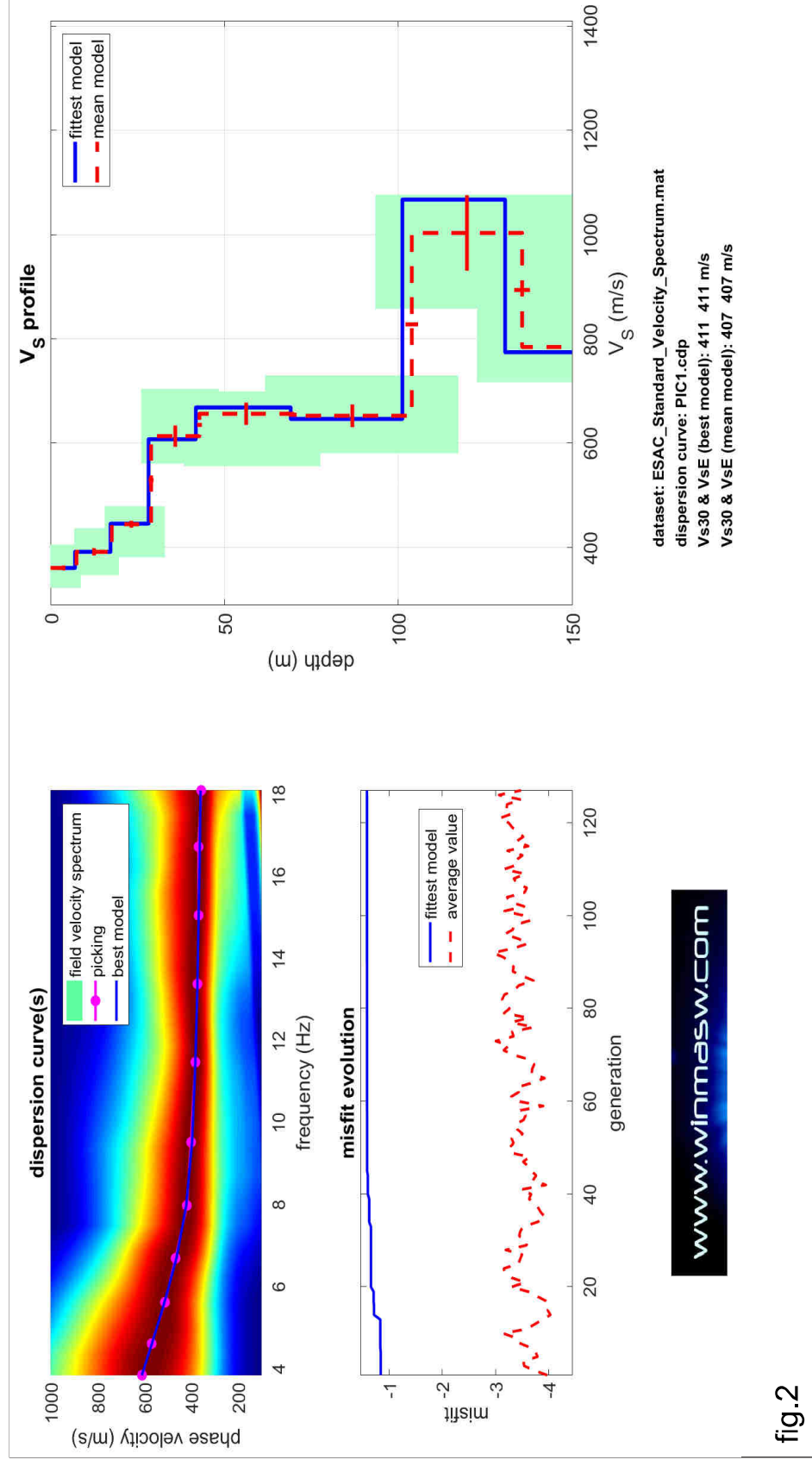


fig.2

www.winmasw.com

**SCA**  
Studio Geologi Associati

Dott. Geol. L. Faralli  
Dott. Geol. N. Gasparri  
Dott. Geol. R. Piccioni  
Dott. Geol. L. D. Venanti

**COMUNE DI DERUTA**  
**INDAGINI GEOFISICHE PRG PARTE OPERATIVA**

**Indagine Sismica tipo ESAC - ESAC3**  
**Indagine Sismica tipo HVSR - HV3**  
**MODELLAZIONE CONGIUNTA DATI GEOFISICI**

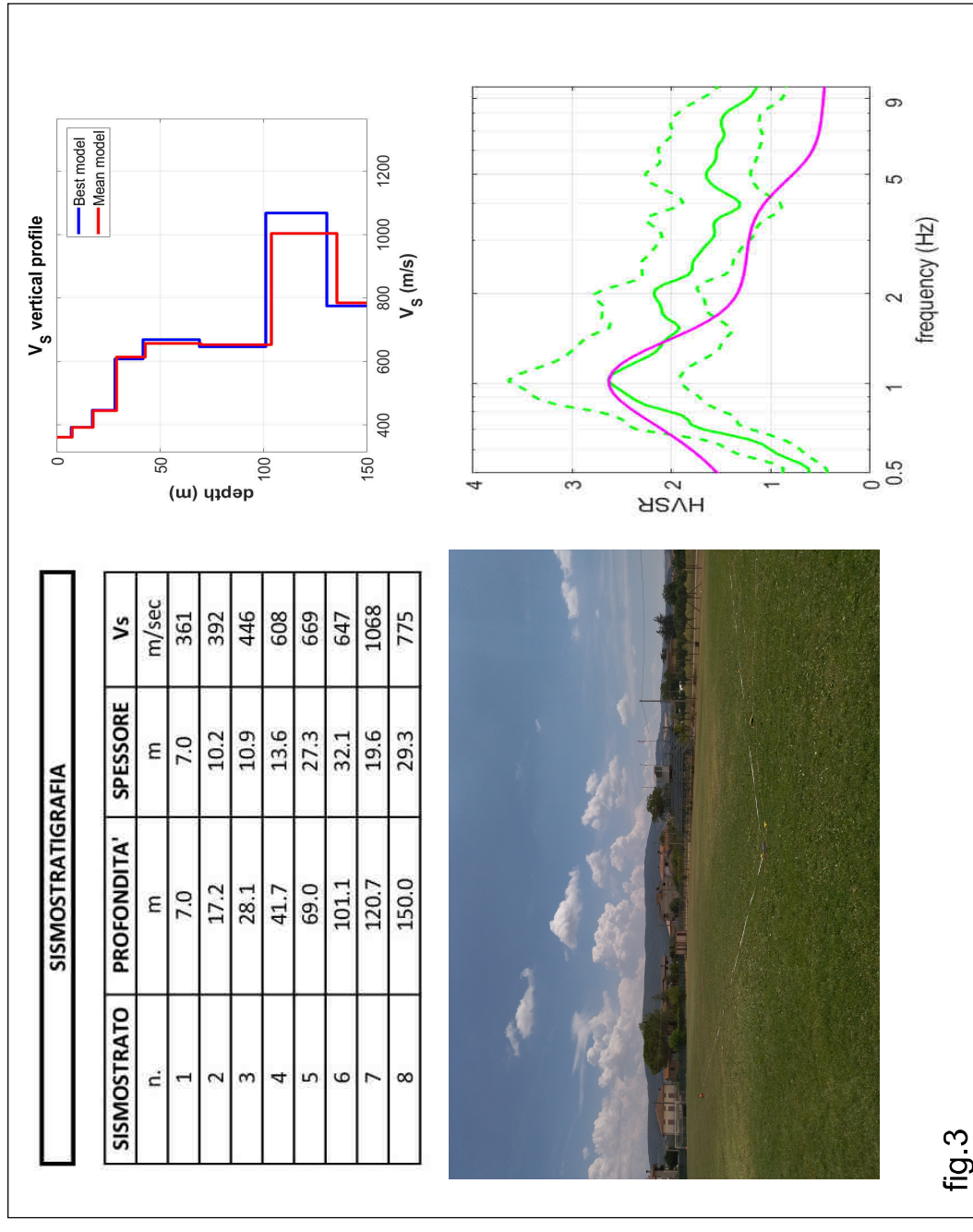


fig.3

LEGENDA

Fig.1 - Dati registrati, geometria array

Fig.2- Inversione curva di dispersione indagine ESAC da modellazione congiunta ESAC/HV: confronto picking/best model, misfit e profilo  $V_s$

Fig.3 - Tabella sismostratigrafia, profilo  $V_s$ , documentazione fotografica indagine ESAC e analisi congiunta HV-ESAC

## STATION INFORMATION

*Station code:* DERUTA\_PRG\_PO

*Model:* SARA GEOBOX

*Sensor:* SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

*Notes:* -

## PLACE INFORMATION

*Place ID:* DERUTA\_PRG\_PO\_HVSR3

*Address:* SANT'ANGELO DI CELLE-CAMPO SPORTIVO

*Latitude:* -

*Longitude:* -

*Coordinate system:* -

*Elevation:* -

*Weather:* -

*Notes:* -

## PHOTOGRAPHIC REFERENCES



## SIGNAL AND WINDOWING

*Sampling frequency:* 300 Hz

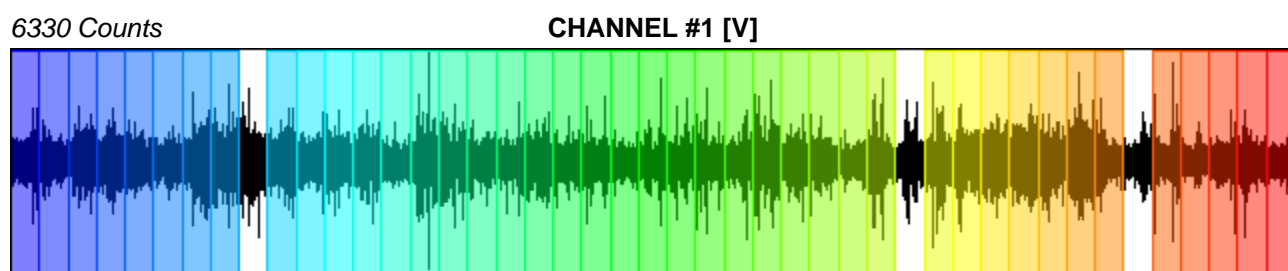
*Recording start time:* 2022/07/27 13:14:10

*Recording length:* 30 min

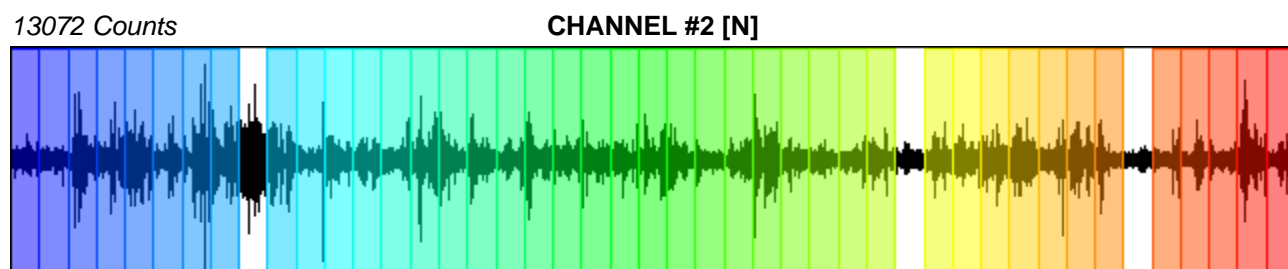
*Windows count:* 42

*Average windows length:* 40

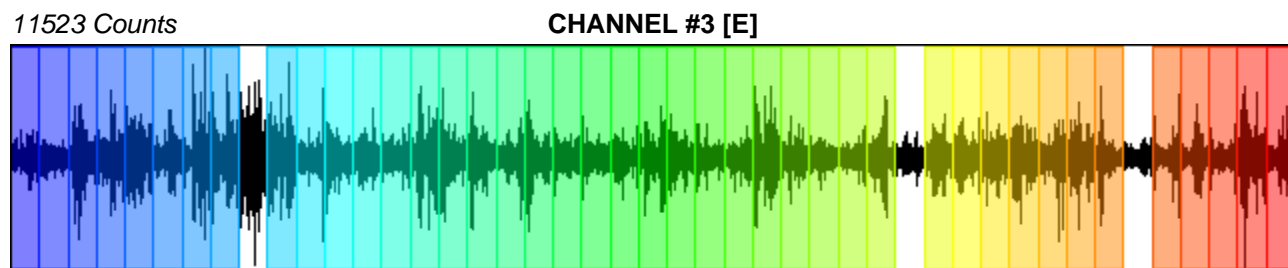
*Signal coverage:* 93.33%



-6156 Counts



-15252 Counts



-11237 Counts

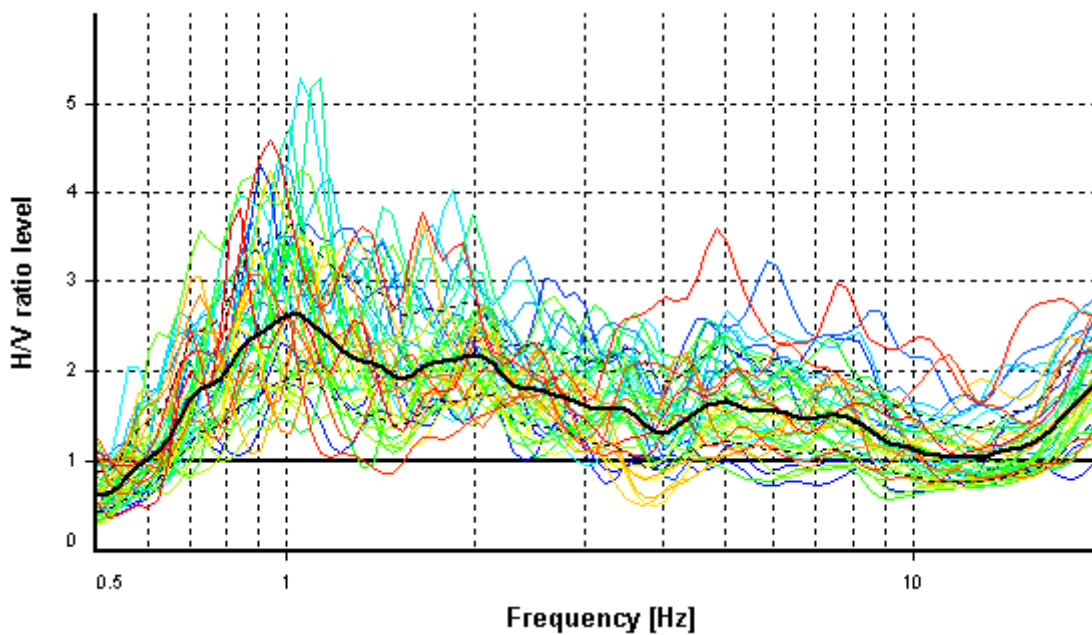
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 5%)

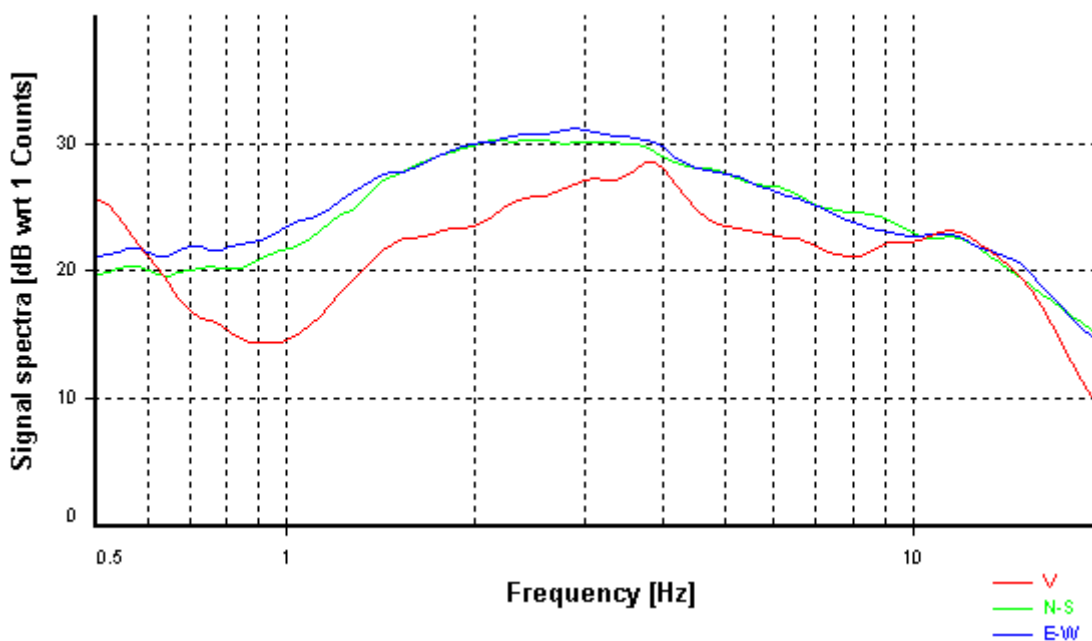
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

*Instrumental correction:* Disabled

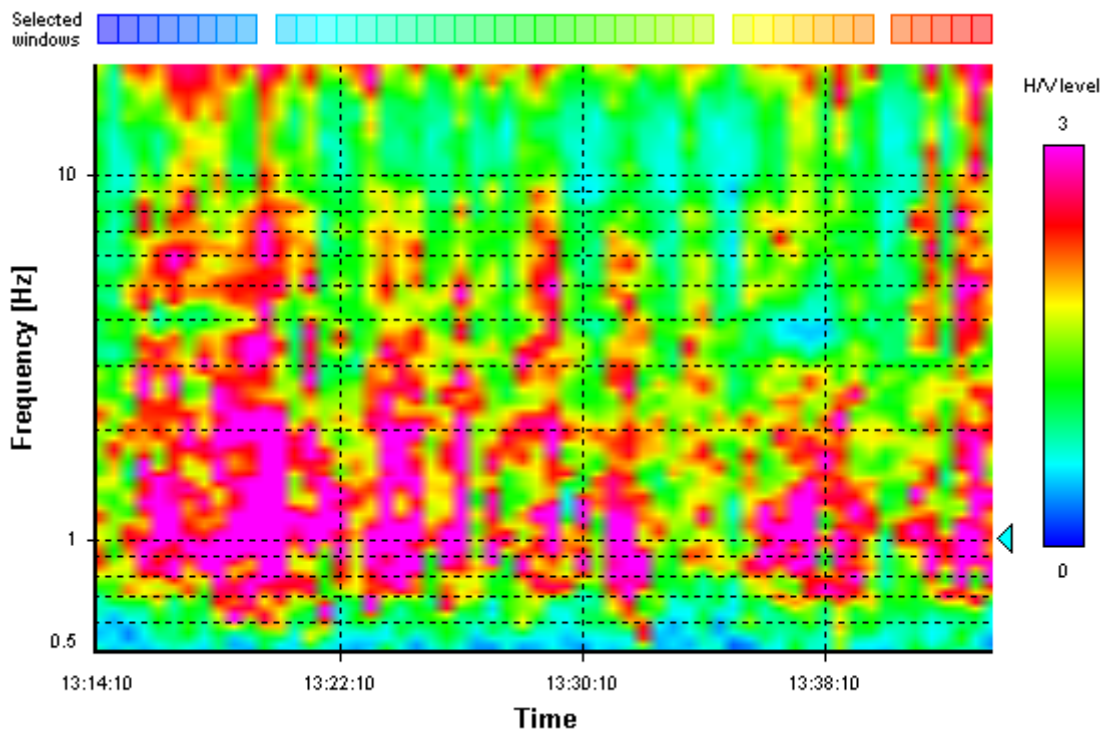
### HVSR average



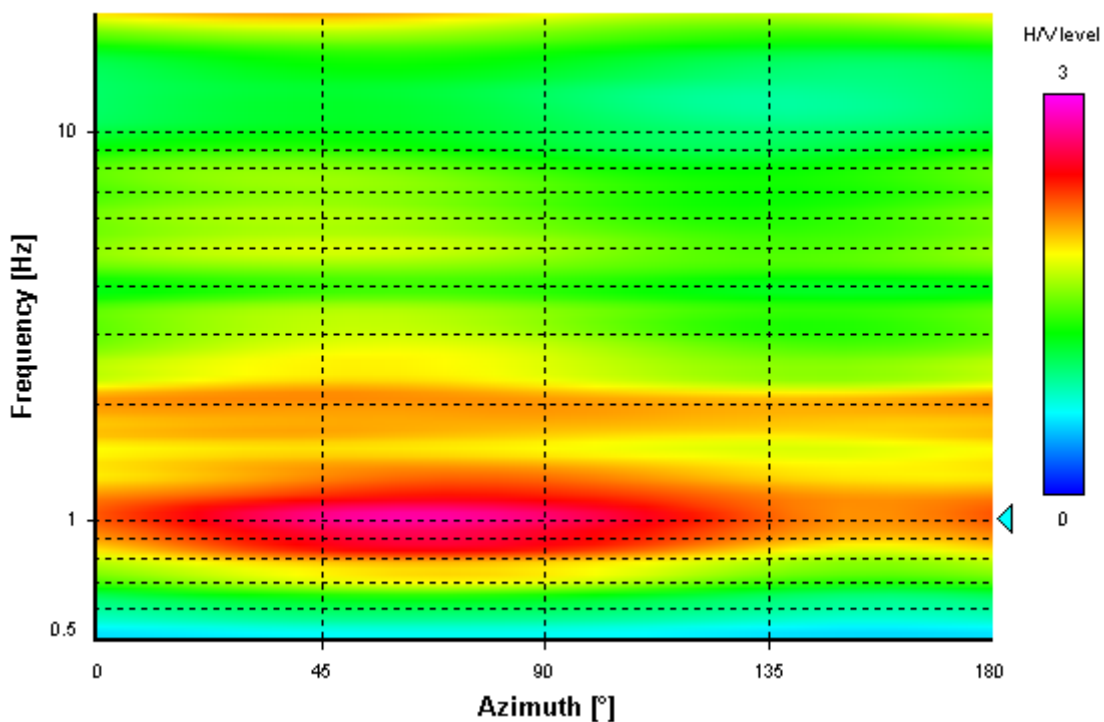
### Signal spectra average



### HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



### HVSR directional analysis



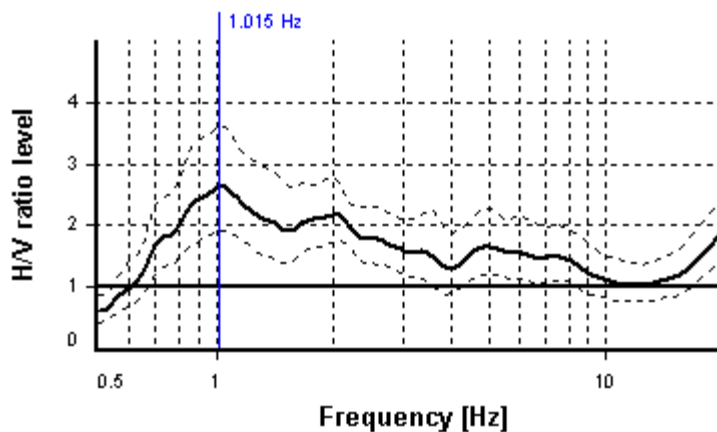
## SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**

**1.015 Hz**

**$A_0$  amplitude = 2.638**

**Average  $f_0 = 1.038 \pm 0.154$**



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	42 valid windows (length > 9.85 s) out of 42	OK
$n_c(f_0) > 200$	1705.08 > 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 $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.649 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	3.88153 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.64 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.8% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.15401 >= 0.10149	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.38187 < 1.78	OK
Overall criteria fulfillment		OK

COMUNE DI DERUTA

P.R.G. Parte Operativa



VI\_S1-S2-S3

---

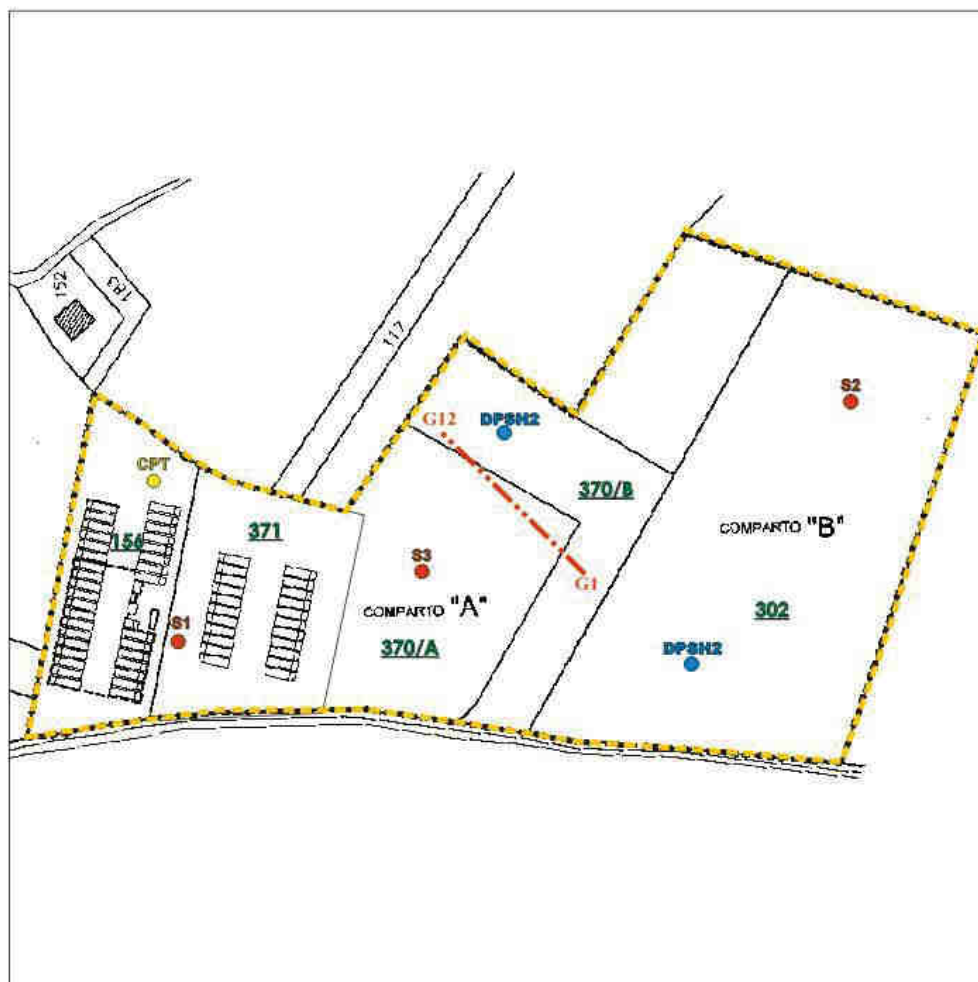
VIA XX SETTEMBRE, 76 - 06121 PERUGIA

[www.studiogeologiassociati.eu](http://www.studiogeologiassociati.eu)

PRG\_PO\_MS\_RELAZIONE\_BIS .DOC

TEL./FAX 075.5721231

[info@studiogeologiassociati.eu](mailto:info@studiogeologiassociati.eu)



*Fig. 5 – Planimetria Ubicazione Indagini.*

Riportiamo di seguito i risultati dell'indagine geognostica svolta:

### **Sondaggio S1**

Il sondaggio è posizionato all'interno dell'area sottoposta a piano attuativo ed è stato spinto fino a circa 7.0 m di profondità dal piano campagna.

I dati rilevati sono i seguenti:

- *dal piano campagna attuale e fino a 0.6 m è presente terreno vegetale;*
- *da 0.6 m fino a 1.9 m si trova la presenza di limi sabbiosi debolmente argillosi, di media consistenza (NS.P.T. 1.5 m ÷ 1.95 m = 2-4-7 colpi);*
- *da 1.9 m fino a 4.2 m si trova la presenza di sabbie limose di colore marrone chiaro, di media consistenza (NS.P.T. 3.0 m ÷ 3.45 m = 4-8-9 colpi);*
- *oltre tale profondità e sino a termine della prova (7.0 m) si rinvengono ghiaie in matrice sabbiosa, di elevata consistenza.*

### **Sondaggio S2**

Il sondaggio è posizionato all'interno dell'area sottoposta a piano attuativo ed è stato spinto fino a circa 7.0 m di profondità dal piano campagna.

I dati rilevati sono i seguenti:

- *dal piano campagna attuale e fino a 0.5 m è presente terreno vegetale;*
- *da 0.5 m fino a 1.5 m si trova la presenza di limi sabbiosi debolmente argillosi, di media consistenza (NS.P.T. 1.2 m ÷ 1.65 m = 2-4-4 colpi);*
- *da 1.5 m fino a 3.9 m si trova la presenza di sabbie limose di colore marrone chiaro, di media consistenza (NS.P.T. 2.5 m ÷ 2.95 m = 2-7-6 colpi);*
- *oltre tale profondità e sino a termine della prova (7.0 m) si rinvencono ghiaie in matrice sabbiosa, di elevata consistenza.*

### **Sondaggio S3**

Il sondaggio è posizionato all'interno dell'area sottoposta a piano attuativo ed è stato spinto fino a circa 7.0 m di profondità dal piano campagna.

I dati rilevati sono i seguenti:

- *dal piano campagna attuale e fino a 0.5 m è presente terreno vegetale;*
- *da 0.5 m fino a 1.7 m si trova la presenza di limi sabbiosi debolmente argillosi, di media consistenza (NS.P.T. 1.0 m ÷ 1.45 m = 1-3-4 colpi);*
- *da 1.7 m fino a 4.5 m si trova la presenza di sabbie limose di colore marrone chiaro, di media consistenza (NS.P.T. 3.5 m ÷ 3.95 m = 3-7-10 colpi);*
- *oltre tale profondità e sino a termine della prova (7.0 m) si rinvencono ghiaie in matrice sabbiosa, di elevata consistenza.*

Sono state eseguite N° 2 prove penetrometriche dinamiche. Le prove penetrometriche sono state effettuate con l'attrezzatura e le modalità sotto riportate:

#### **PENETROMETRO DINAMICO PAGANI TG 30 - 20 (4×4)**

Massa battente	M = 30 Kg
Altezza di caduta	H = 20 cm
Avanzamento prefissato	$\delta = 10$ cm
Superficie punta	A = 10 cm <sup>2</sup>
Diametro punta	$\varnothing = 35.7$ cm
Numero colpi punta	N = N(10)

Le considerazioni morfologiche e geologiche d'insieme indicano che tali litotipi presentano una continuità laterale tale da assicurare un piano fondale omogeneo per le strutture. Dall'indagine effettuata sono stati estrapolati i parametri geotecnici relativi all'intervallo di terreni:

#### **PROVA PENETROMETRICA n° 1(certificato SantaLiberata)**

La prova è stata effettuata all'interno dell'area interessata dal piano di recupero, la posizione e la profondità di investigazione sono state mirate a verificare i litotipi e la resistenza alla compressione dei terreni. La falda è stata rinvenuta a -2.5 m dal p.c..

La prospezione è stata spinta sino alla profondità di 7.0 m ed ha evidenziato dati stratigrafici e di resistenza dei materiali che possono essere brevemente riassunti in:

*dal piano campagna sino a 0.8 m di profondità è presente terreno vegetale;*

*oltre tale profondità e sino a 2.7 m si rinvencono materiali da interpretare come limi sabbiosi debolmente argillosi di media consistenza (Rpd  $\approx$  24.6 Kg/cmq);*

*al di sotto e sino alla profondità di 4.7 m si rinvencono terreni con buone caratteristiche caratteristiche di resistenza al taglio (Rpd  $\approx$  41.7 Kg/cmq) riferibili a sabbie limose;*

*al di sotto e sino alla profondità di 7.0 m si rinvencono terreni con ottime caratteristiche di resistenza al taglio (Rpd  $\approx$  130.5 Kg/cmq) riferibili a ghiaie e sabbie.*

#### **PROVA PENETROMETRICA n° 2(certificato SantaLiberata)**

La prova è stata effettuata all'interno dell'area interessata dal piano di recupero, la posizione e la profondità di investigazione sono state mirate a verificare i litotipi e la resistenza alla compressione dei terreni. La falda è stata rinvenuta a -2.5 m dal p.c.. La prospezione è stata spinta sino alla profondità di 7.0 m ed ha evidenziato dati stratigrafici e di resistenza dei materiali che possono essere brevemente riassunti in:

*dal piano campagna sino a 0.7 m di profondità è presente terreno vegetale;*

*oltre tale profondità e sino a 2.1 m si rinvencono materiali da interpretare come limi sabbiosi debolmente argillosi di media consistenza (Rpd  $\approx$  19.6 Kg/cmq);*

*al di sotto e sino alla profondità di 4.4 m si rinvencono terreni con buone caratteristiche caratteristiche di resistenza al taglio (Rpd  $\approx$  38.5 Kg/cmq) riferibili a sabbie limose;*

*al di sotto e sino alla profondità di 7.0 m si rinvencono terreni con ottime caratteristiche di resistenza al taglio (Rpd  $\approx$  118.1 Kg/cmq) riferibili a ghiaie e sabbie.*

In precedenza era stata eseguita una prova penetrometrica statica con penetrometro Olandese Gouda.

La stratigrafia ricavata dalla prova che ha raggiunto la profondità di 5.0 m dal P.C. è la seguente:

***da 0.0 m a 0.5 m è presente il terreno vegetale;***

***da 0.5 m a 2.6 m si rinvencono limi sabbioso-argillosi di media consistenza;***

***da 2.5 m a 5.0 m si rinvencono ghiaie e sabbie.***

- .

Le condizioni stratigrafiche locali riscontrate denotano la presenza di una

COMUNE DI DERUTA

P.R.G. Parte Operativa



FA\_MASW1

---

VIA XX SETTEMBRE, 76 - 06121 PERUGIA

[www.studiogeologiassociati.eu](http://www.studiogeologiassociati.eu)

PRG\_PO\_MS\_RELAZIONE\_BIS .DOC

TEL./FAX 075.5721231

[info@studiogeologiassociati.eu](mailto:info@studiogeologiassociati.eu)



# INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA MASW

DATA: MARZO 2021

*LOCALITA': FANCIULLATA, VIA BARTOLOMEO CAPORALI, DERUTA (PG)*

*COORDIATE (ED50): 42.976774, 12.391030*

# INDAGINE M.A.S.W.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua (al centro dello stendimento) il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o 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, anche se influenzate dalla  $V_p$  (Velocità delle onde P) e della densità, esse sono strettamente correlate alla  $V_s$  (parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito e negli studi di amplificazione dello scuotimento sismico).

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile dal fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

In questo metodo le onde superficiali generate in un punto, sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori i quali permettono di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, dando così, informazioni sui primi 30m-50m di profondità di indagine, in funzione della rigidezza del suolo.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, schematizzato in Figura 1 e 2, può essere suddiviso in tre fasi:

- 1) Acquisizione (Figura 1);
- 2) Elaborazione (Figura 2);
- 3) Inversione (Figura 3).

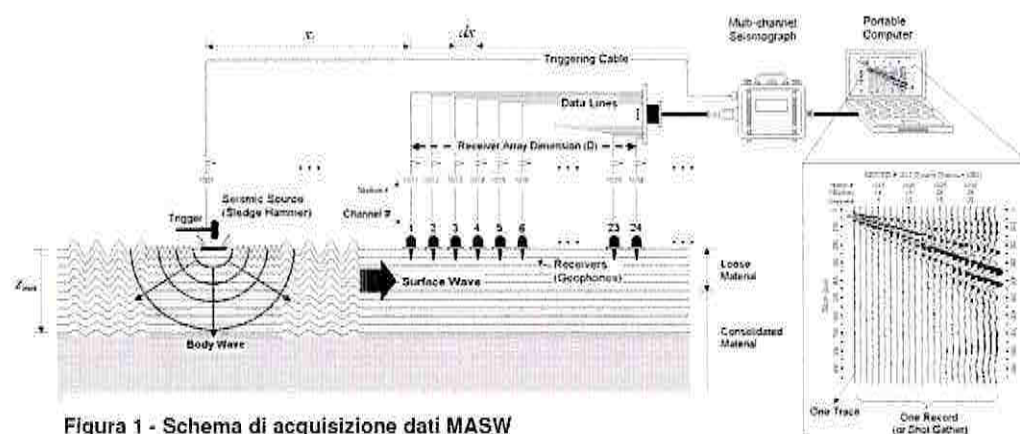


Figura 1 - Schema di acquisizione dati MASW

# INDAGINE M.A.S.W.

## ACQUISIZIONE

La prova è consistita nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche verticali, per la generazione delle onde P, e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori (geofoni) a componente verticale.

## ELABORAZIONE

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto ovvero, la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (il codice di calcolo utilizzato è EasyMasw®)

in un grafico, si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione (Figura 2).

Shot at (54, 0, 0), time=2019-04-19 00:00:00

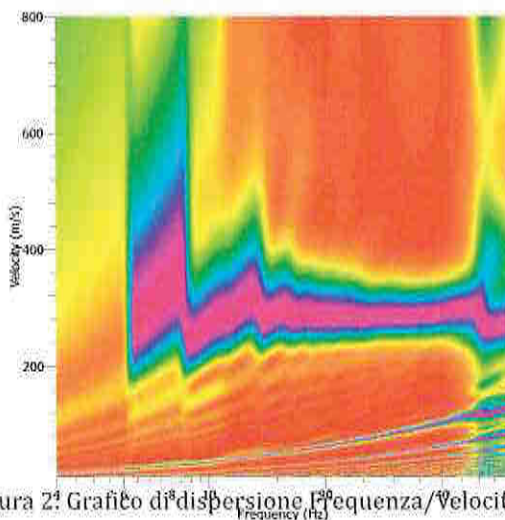


Figura 2: Grafico di dispersione [frequenza/velocità]

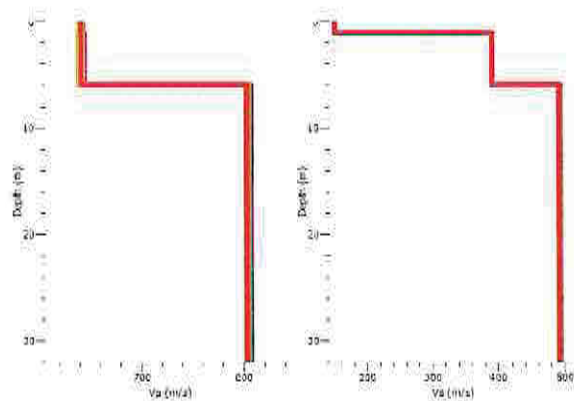


Figura 3: Grafico Vs/Profondità

## INVERSIONE

La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo viscoelastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati.

Il processo di inversione è iterativo: il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza fra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura (Figura 3).

# INDAGINE M.A.S.W.

La presente relazione illustra e descrive le indagini geofisiche di tipo sismico (MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves) realizzate nel territorio comunale di Deruta, relativamente ai lavori di ristrutturazione di un edificio colonico, l'indagine è stata realizzata all'interno della proprietà dei committenti (Sig. Lucarini).

Scopo dell'indagine è definire il parametro Vs30 per la classificazione sismica dei suoli (in accordo al Decreto. 17.01.2018) e successivi aggiornamenti. In quanto segue si illustrano ed analizzano i risultati ottenuti.

## STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata con un sismografo a 12 canali (Do.Re.Mi., Sara electronic instruments) dotato di un convertitore analogico/digitale a 24 bit (unità SR04GeoBox, Sara electronic instruments). Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard 10/100 (base RS323) per la comunicazione con un computer portatile su cui è installato un apposito programma (Do.Re.Mi.) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.

I geofoni utilizzati (Sara electronic instruments) possiedono una frequenza di risonanza pari 4.5 Hz con distorsione inferiore allo 0.2%.

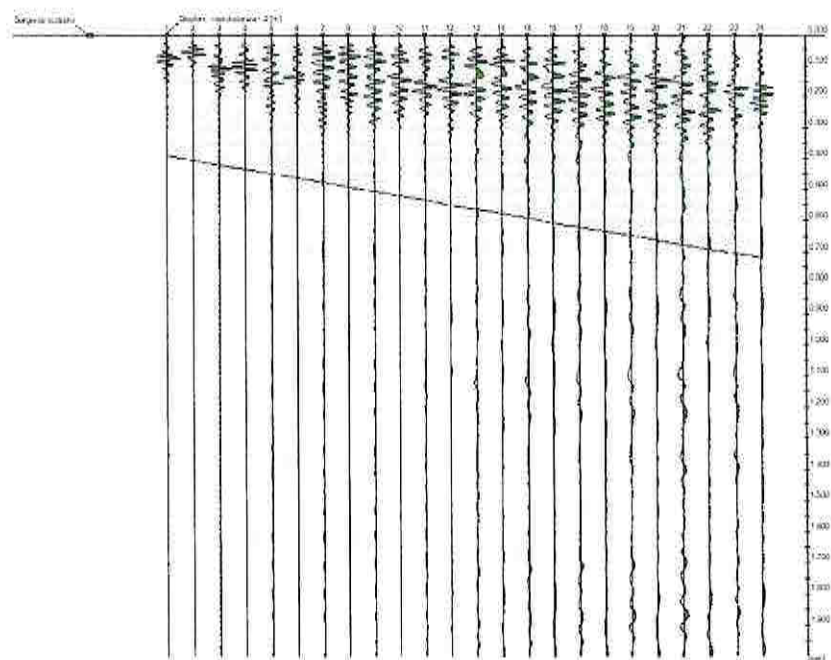
L'energizzazione si è ottenuta con massa battente da 3 Kg su piastra in PVC. Per l'innesco (trigger) si è utilizzato uno "shock sensor" posto in vicinanza della battuta e connesso via cavo al sismografo.

## UBICAZIONE INDAGINI ED ACQUISIZIONE DATI

L'indagine ha previsto la realizzazione di una prova MASW che, compatibilmente con gli spazi disponibili in sito, è stata ubicata lungo la strada antistante l'accesso alla proprietà (ubicazione riportata in Figura 1). Lo stendimento è stato realizzato

posizionando 12 geofoni a 4.5 Hz equispaziati di 3.0 m, per un totale di 42 m lineari di stendimento.

Committente: Sigg. Lucarini  
Località: Fanciullata, Deruta (PG)  
Operatore: -  
Data: 29/03/2021



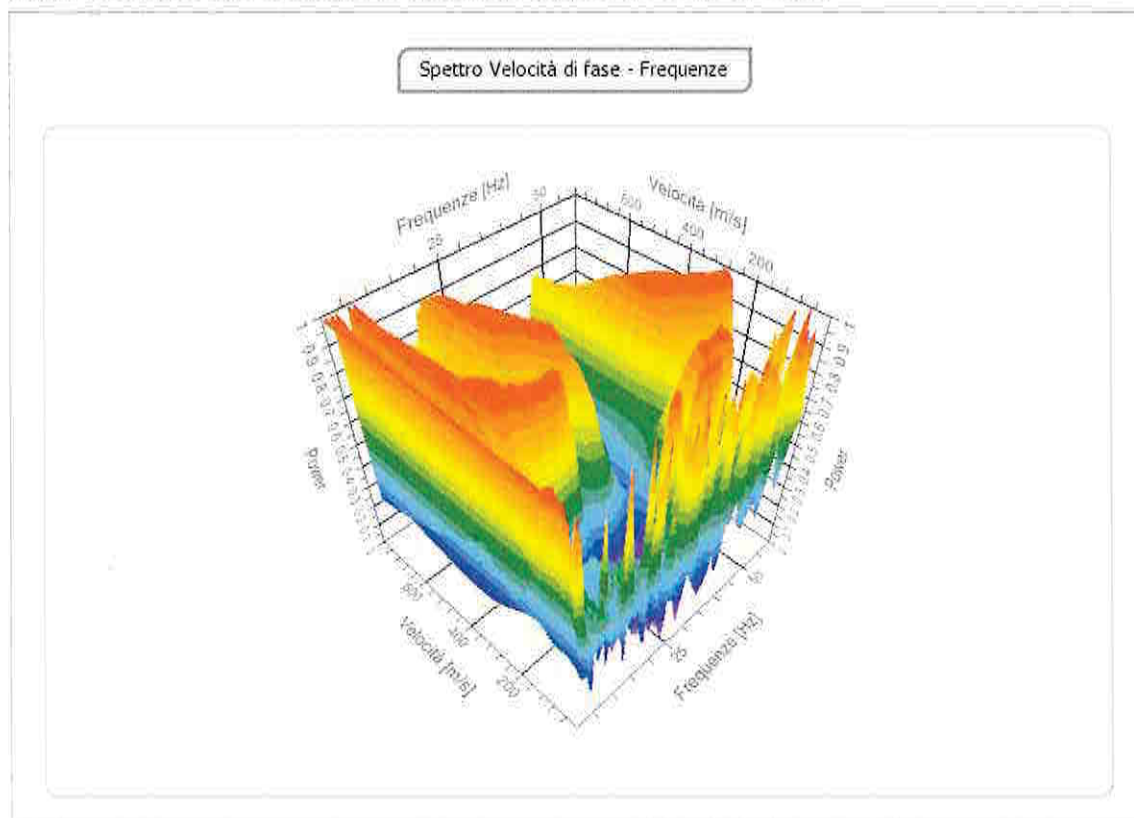
## INDAGINE M.A.S.W.

Per l'acquisizione dei dati si sono individuati 4 punti di energizzazione; tali punti sono stati ubicati alle due estremità dello stendimento, alla distanza massima di 4,00m e 6,00m metri dal primo/ultimo geofono. Per ogni punto di energizzazione sono stati generati almeno 3 impulsi sismici

### INTERPRETAZIONE DEI DATI

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software GeoStru EasyMasw, che analizza la curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh.

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.



# INDAGINE M.A.S.W.

## INVERSIONE E MODELLO GEOTECNICO

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

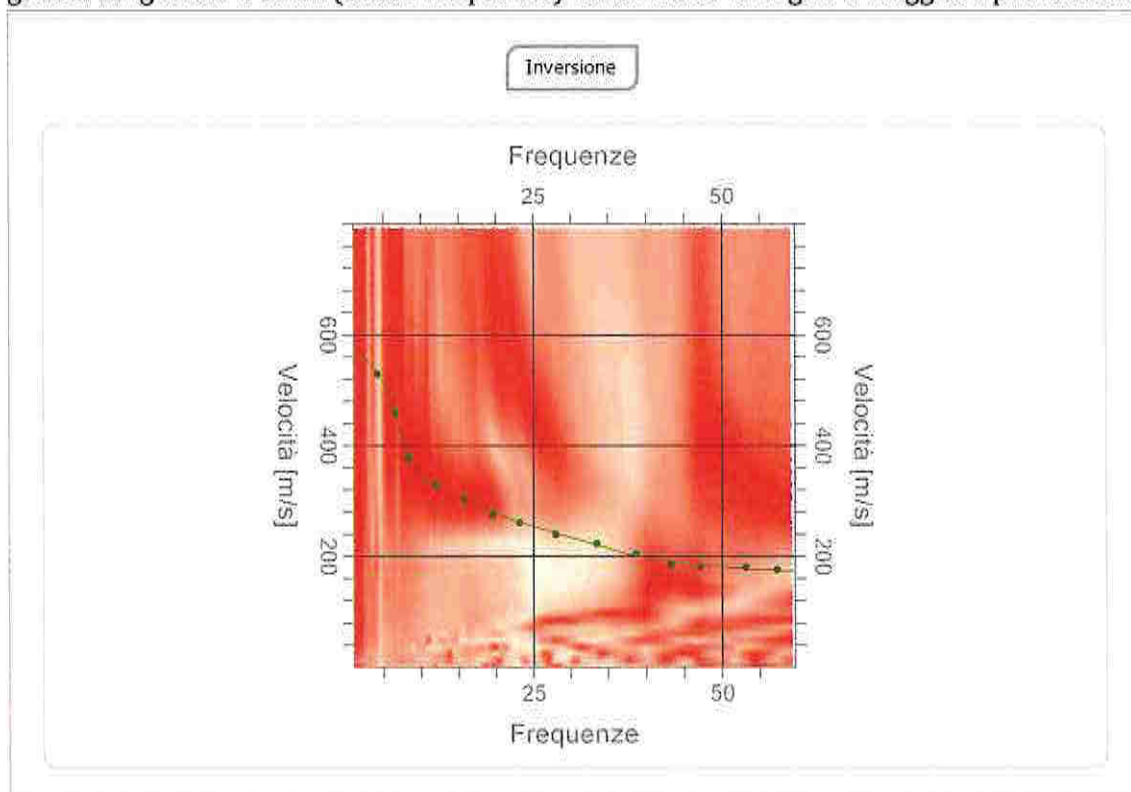
Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

### Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

### Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.



# INDAGINE M.A.S.W.

## Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	4.1	528.1	0
2	6.6	458.9	0
3	8.3	375.5	0
4	11.8	327.8	0
5	15.7	303.9	0
6	19.5	275.3	0
7	23.2	261.0	0
8	27.9	239.5	0
9	33.5	222.8	0
10	38.6	203.7	0
11	43.2	184.7	0
12	47.2	179.9	0
13	53.1	179.9	0
14	57.3	175.1	0

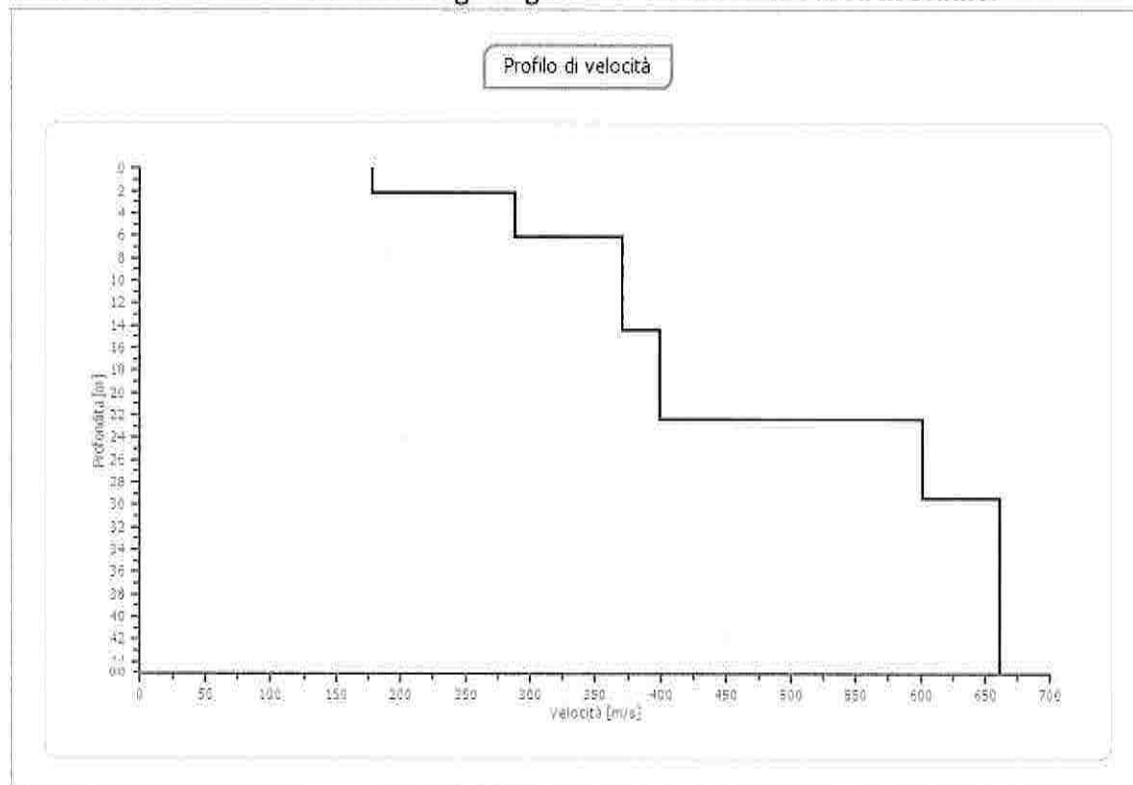
## Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		2.14	2.14	1700.00	0.40	No	435.5	177.8
2		6.16	4.02	1800.00	0.35	No	599.7	288.1
3		14.46	8.30	1800.00	0.35	No	770.5	370.1
4		22.38	7.92	1900.00	0.30	No	747.3	399.4
5		29.44	7.06	1900.00	0.30	No	1124.9	601.3
6		oo	oo	2000.00	0.25	No	1144.5	660.8

# INDAGINE M.A.S.W.

## RISULTATI

Dall'analisi dei dati sismici relativo alla prova MASW, si è ottenuto un riscontro abbastanza coerente con l'assetto geologico che caratterizza l'area in studio.



Profilo Velocità/Profondità

In ottemperanza alle "Aggiornamenti delle Nuove Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 2018" la classificazione del sito è stata ottenuta sulla base del valore  $V_{s,eq}$  (velocità media delle onde di taglio), dato dalla seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo (in m/sec), per un totale di  $N$  strati presenti sopra il bedrock sismico ( $V_s > 800$  m/s).

Da quanto sopra esposto, ai fini della definizione della azione sismica di progetto, si registra una velocità equivalente  $V_s(30\text{ m})$  di 371 m/s e si identifica la categoria di sottosuolo relativamente all'area in esame è la "B"



# INDAGINE M.A.S.W.

## ALTRI PARAMETRI GEOTECNICI

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coeff. Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	Qc [kPa]
1	2.14	2.14	177.78	435.46	1700.00	0.40	53.73	322.37	250.73	150.44	420.76
2	6.16	4.02	288.10	599.72	1800.00	0.35	149.40	647.39	448.19	403.37	4759.92
3	14.46	8.30	370.12	770.47	1800.00	0.35	246.58	1068.52	739.74	665.77	N/A
4	22.38	7.92	399.43	747.27	1900.00	0.30	303.14	1060.98	656.80	788.15	N/A
5	29.44	7.06	601.31	1124.94	1900.00	0.30	686.98	2404.44	1488.47	1786.16	N/A
6	∞	∞	660.78	1144.50	2000.00	0.25	873.26	2619.77	1455.43	2183.14	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compres. volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## GALLERIA FOTOGRAFICA



COMUNE DI DERUTA

Provincia di PERUGIA

*Indicazioni per la compilazione:*

*Cancellare le parti e le caselle non compilate e non barrate in quanto non pertinenti all'istanza*

## CERTIFICAZIONE DI COMPATIBILITA' IN MATERIA IDROGEOLOGICA

INTERVENTI EDILIZI CHE INTERESSANO TERRENI VINCOLATI A SCOPI IDROGEOLOGICI - R.D. 3267/1923

ALLEGATA ALLA ISTANZA DI [PERMESSO DI COSTRUIRE] / [SEGNALAZIONE CERTIFICATA DI INIZIO ATTIVITA' EDILIZIA]

(Art. 22 bis legge regionale 18/2/2004, n. 1)

II/ La sottoscritto/a **LANRANCO MATTIOLI**

**GUALDO CATTANEO**

(Luogo di nascita)

**05/07/1957**

(Data di nascita)

**VIA FOLIGNO - SAN TEREZIANO**

(Indirizzo)

**3472687864**

(Telefono)

**geoalfa@tiscali.it**

(e-mail / PEC)

**In qualità di geologo abilitato/a iscritto/a all'Ordine dei Geologi**

**della Regione UMBRIA**

**con il numero di iscrizione 48**

**codice fiscale / partita IVA: C.F. - MTT LFR 57L05 E229F / P.Iva 01389290543**

con riferimento alla istanza per il rilascio di [Permesso di Costruire] / [Segnalazione Certificata di Inizio Attività edilizia]

presentata da **Lucarini Alessandro**

in qualità di:  proprietario/i  titolare/i del seguente diritto reale sull'immobile

legale rappresentante della società \_\_\_\_\_

come da dichiarazione redatta dal progettista \_\_\_\_\_

e documentazione allegati alla istanza di [Permesso di Costruire] / [Segnalazione Certificata di Inizio Attività edilizia] relativa ad interventi da eseguirsi

in Comune di **DERUTA**

Fraz./Loc. **FANCIULLATA** Via **BARTOLOMEO CAPORALI**

n. \_\_\_\_\_ Foglio Catastale **18** Particelle **80**

# CASALINA

COMUNE DI DERUTA

P.R.G. Parte Operativa

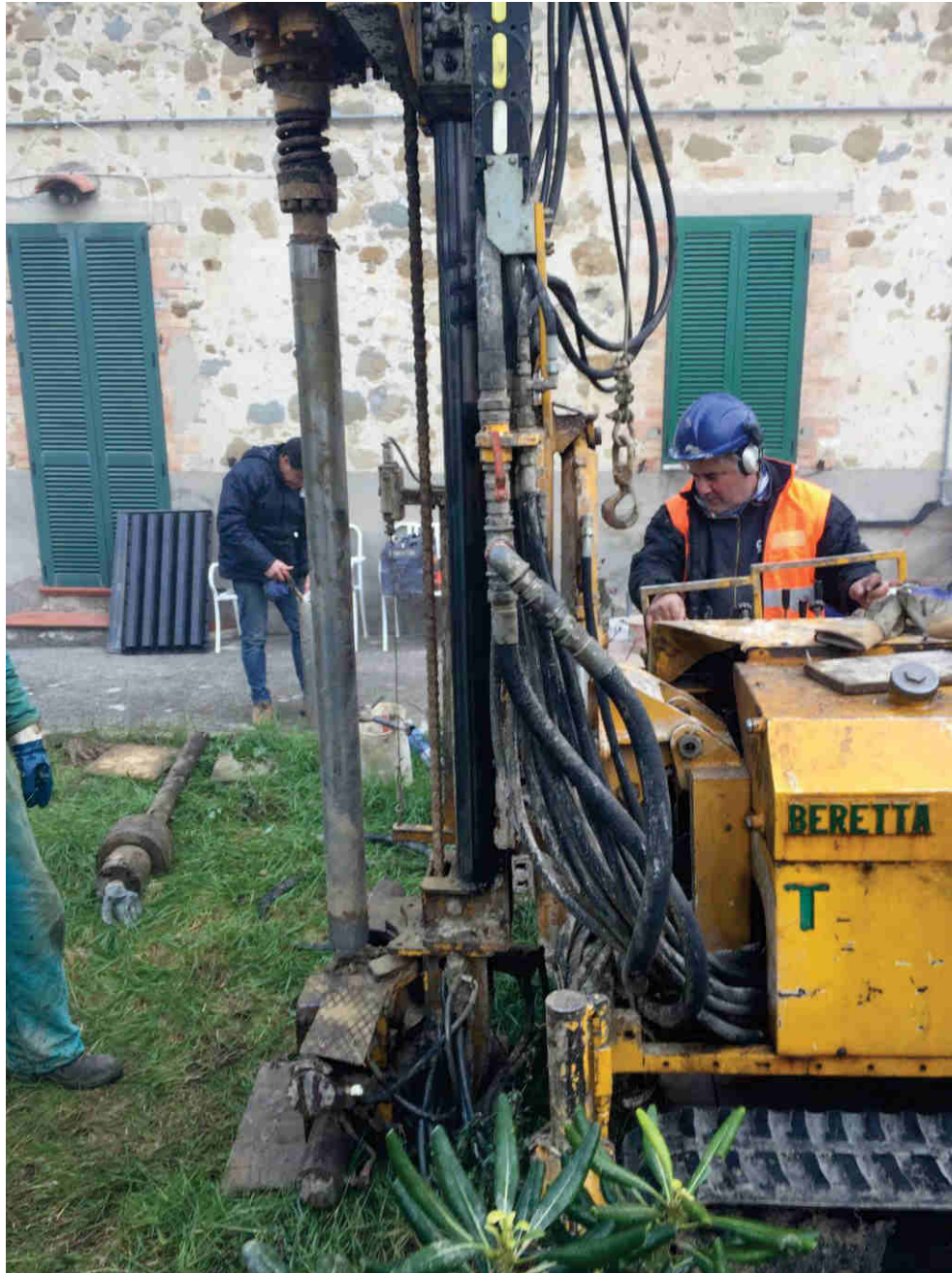


CA\_S1



**DOTT. GEOL. ALESSANDRO NANNUCCI** - Fraz. Protte n. 138 - 06049 Spoleto (PG)  
tel./cell.: 0743/275818 - 335/8229320 e-mail: [geol.nannucci@gmail.com](mailto:geol.nannucci@gmail.com)

## Documentazione fotografica del sondaggio a carotaggio continuo S.1



**DOTT. GEOL. ALESSANDRO NANNUCCI** - Fraz. Protte n. 138 - 06049 Spoleto (PG)  
 tel./cell.: 0743/275818 - 335/8229320 e-mail: [geol.nannucci@gmail.com](mailto:geol.nannucci@gmail.com)



Sondaggio S1 cassetta C1 da 0 a 5m



Sondaggio S1 cassetta C2 da 5 a 10m



Sondaggio S1 cassetta C3 da 10 a 15 m

## ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA



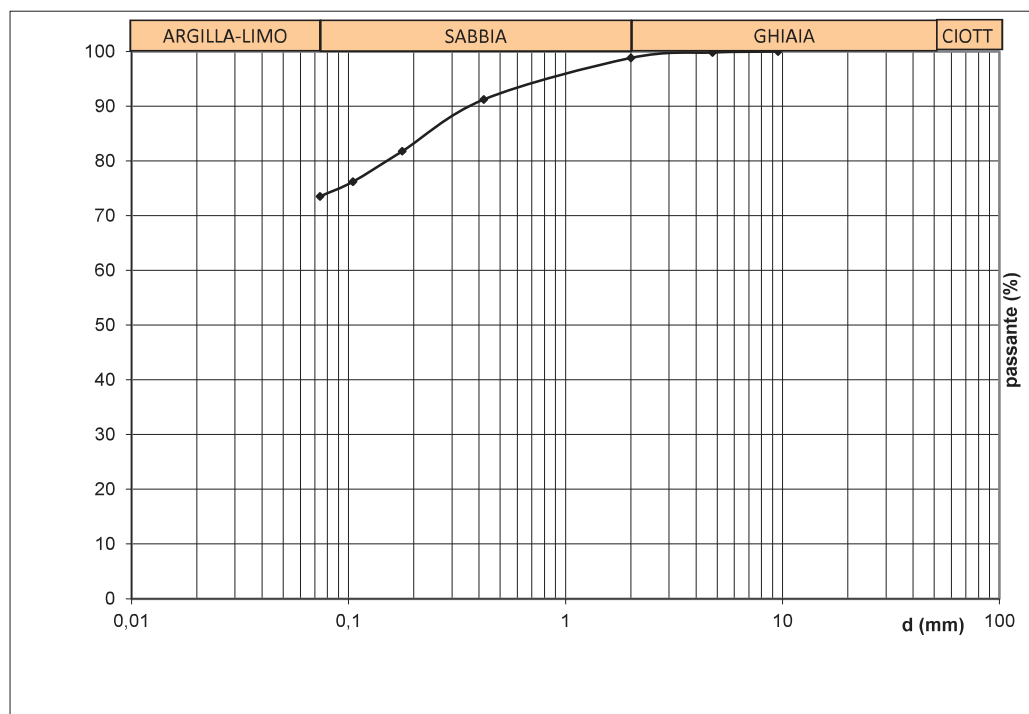
**N° D'ORDINE:** 20/063  
**SONDAGGIO:** 1  
**CAMPIONE:** 1  
**PROFONDITA':** 2,6-3,0

**N° CERTIFICATO:** 20/0295  
**COMMITTENTE:** Sig.ra Isabella Ambrogin  
**LOCALITA':** Casalina di Deruta (PG)  
**DATA INIZIO:** 07/03/2020  
**DATA FINE:** 09/03/2020

**Titolo del lavoro:** Edificio lesionato dal sisma 2016  
**Descrizione del campione :** Limi sabbiosi marroni con rare concrezioni carbonatiche

**Tipo di prova:** per via umida                      **Umidità (%) :** 18,9  
**Peso totale del campione (g):** 705                      **Peso secco (g) :** 593

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Peso netto trattenuto (g)	Trattenuto (%)	Passante (%)
3/8	9,53	0	0,00	100,00
N4	4,76	1	0,17	99,83
N10	2,00	7	1,18	98,82
N40	0,42	52	8,77	91,23
N80	0,177	108	18,21	81,79
N140	0,105	141	23,78	76,22
N200	0,074	157	26,47	73,53



Lo sperimer

Il Direttore del Laboratorio

# ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE



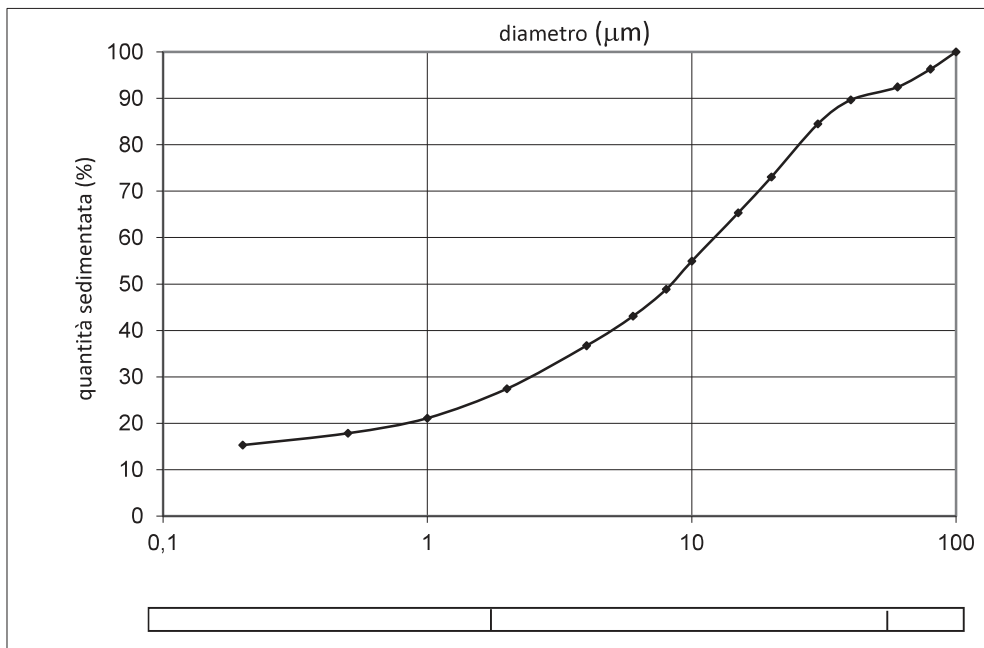
N° D'ORDINE: 20/063  
SONDAGGIO: 1  
CAMPIONE: 1  
PROFONDITA': 2,6-3,0

N° CERTIFICATO: 20/0295  
COMMITTENTE: Sig.ra Isabella Ambrogini  
LOCALITA': Casalina di Deruta (PG)  
DATA INIZIO: 07/03/2020  
DATA FINE: 09/03/2020

**Titolo del lavoro:** Edificio lesionato dal sisma 2016  
**Descrizione del campione :** Limi sabbiosi marroni con rare concrezioni carbonatiche

Peso totale del campione (g): 40      Temperatura di prova (°C): 20  
Peso specifico dei granuli (kN/m<sup>3</sup>): 27,23

DIAMETRO ( $\mu\text{m}$ )		QUANTITA' %
0,2	Argilla	15,29
0,5		17,83
1		21,11
2		27,45
4	Limo	36,71
6		43,09
8		48,85
10		54,92
15		65,34
20		73,08
30		84,52
40	89,66	
60	92,47	
80	Sabbia	96,32
100		100,00



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

## DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA DI ATTERBERG

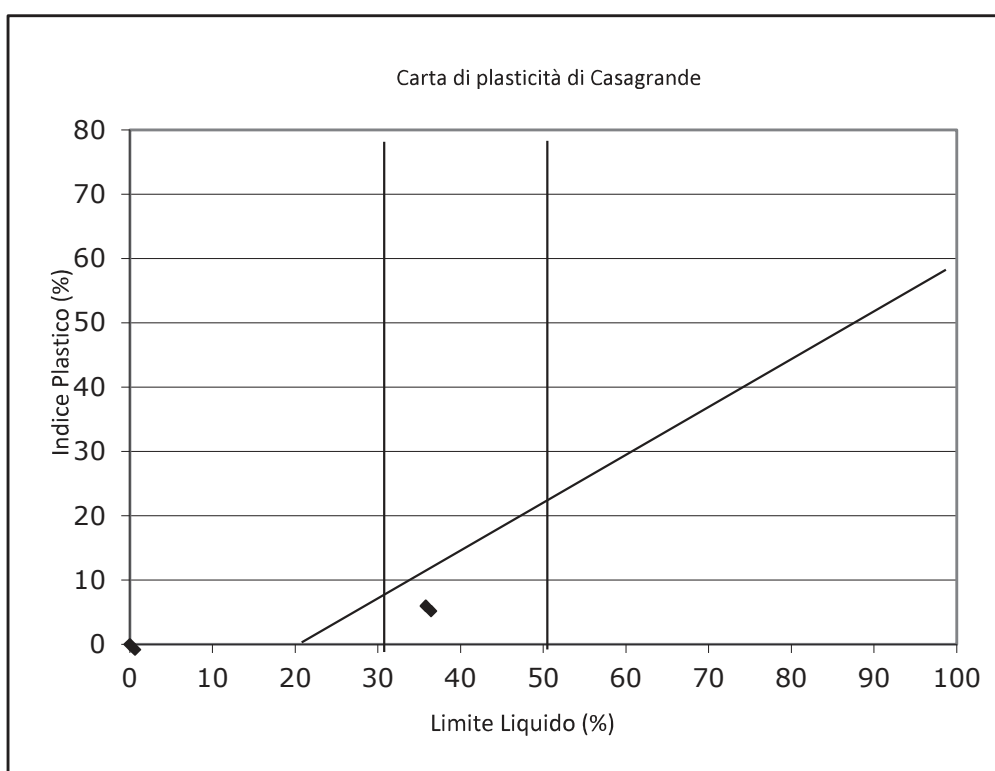


N° D'ORDINE: 20/063  
SONDAGGIO: 1  
CAMPIONE: 1  
PROFONDITA': 2,6-3,0

N° CERTIFICATO: 20/0294  
COMMITTENTE: Sig.ra Isabella Ambrogini  
LOCALITA': Casalina di Deruta (PG)  
DATA INIZIO: 09/03/2020  
DATA FINE: 10/03/2020

**Titolo del lavoro:** Edificio lesionato dal sisma 2016

**Descrizione del campione :** Limi sabbiosi marroni con rare concrezioni carbonatiche



Contenuto naturale d'acqua	18,9	%
Limite Liquido	35,8	%
Limite Plastico	29,8	%
Indice Plastico	6,0	%
Limite di Ritiro		%
Indice di Consistenza	2,82	
Classificazione del Materiale:	Limi a media plasticità	

Lo sperimentatore

Il direttore del Laboratorio

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

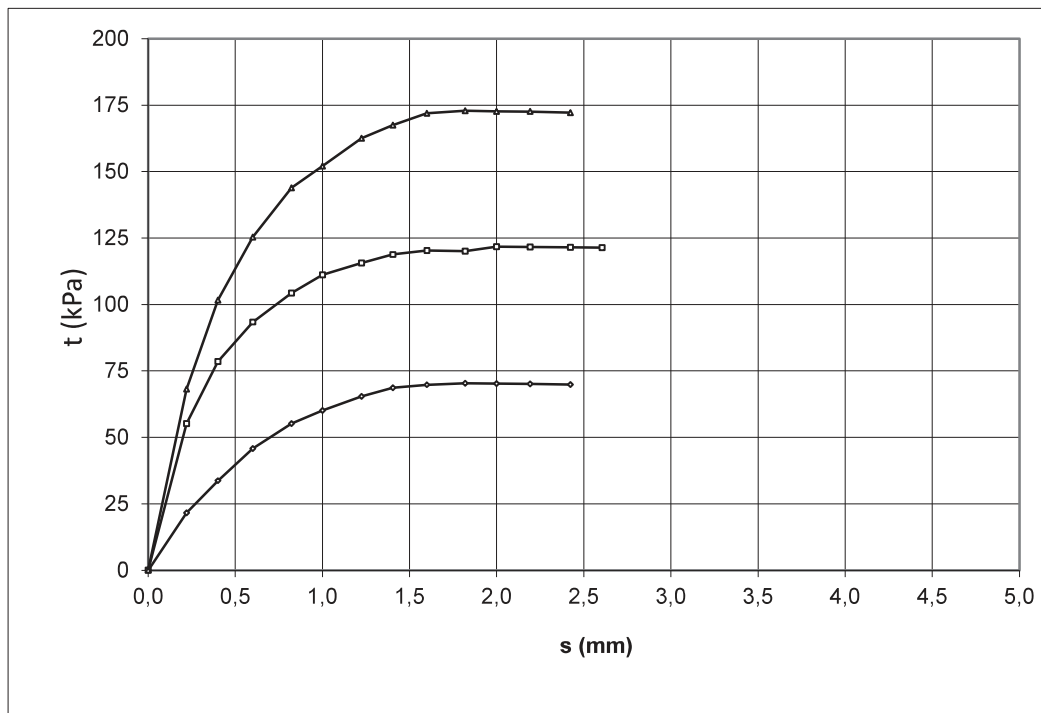


N° D'ORDINE: 20/063  
SONDAGGIO: 1  
CAMPIONE: 1  
PROFONDITA': 2,6-3,0

N° CERTIFICATO: 20/0296  
COMMITTENTE: Sig.ra Isabella Ambrogini  
LOCALITA': Casalina di Deruta (PG)  
DATA INIZIO:  
DATA FINE:

**Titolo del lavoro:** Ristrutturazione edificio lesionato dal sisma 2016  
**Descrizione del campione :** Limi sabbiosi marroni con rare concrezioni biancastre

PROVINO N.	1	2	3
Peso dell'unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	20,21	20,23	18,45
Contenuto naturale d'acqua (%)	18,88	18,88	18,88
Pressione verticale (kPa)	100	200	300
<b>CARATTERISTICHE DELLA PROVA</b>			
Velocità di deformazione (mm/min)	0,001		
Dimensione dei provini (cm)	2,00 x 6,00		
Tipo di prova eseguita:	CD		



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO



**N° D'ORDINE:** 20/063  
**SONDAGGIO:** 1  
**CAMPIONE:** 1  
**PROFONDITA':** 2,6-3,0

**N° CERTIFICATO:** 20/0296  
**COMMITTENTE:** Sig.ra Isabella Ambrogini  
**LOCALITA':** Casalina di Deruta (PG)  
**DATA INIZIO:** 06/03/2020  
**DATA FINE:** 23/03/2020

**Titolo del lavoro:** Ristrutturazione edificio lesionato dal sisma 2016  
**Descrizione del campione :** Limi sabbiosi marroni con rare concrezioni biancastre

### VALORI DEGLI SFORZI DI TAGLIO

Spostamento s (mm)	Provino 1 t (kPa)	Provino 2 t (kPa)	Provino 3 t (kPa)
0,0	0,0	0,0	0,0
0,2	21,6	55,2	68,2
0,4	33,7	78,5	101,6
0,6	45,8	93,4	125,4
0,8	55,2	104,3	143,9
1,0	60,1	111,2	152,1
1,2	65,4	115,6	162,5
1,4	68,7	118,8	167,5
1,6	69,8	120,3	171,9
1,8	70,3	120,1	172,9
2,0	70,2	121,7	172,7
2,2	70,1	121,6	172,6
2,4	69,9	121,5	172,2
2,6		121,4	
2,8			
3,0			
3,2			
3,4			
3,6			
3,8			
4,0			
4,2			
4,4			
4,6			
4,8			
5,0			

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

## SCHEDA RIASSUNTIVA DEL CAMPIONE



**N° D'ORDINE:** 20/063  
**SONDAGGIO:** 1  
**CAMPIONE:** 1  
**PROFONDITA':** 2,6-3,0

**COMMITTENTE:** Sig.ra Isabella Ambrogini  
**LOCALITA':** Casalina di Deruta (PG)  
**DATA INIZIO:** 06/03/2020  
**DATA FINE:** 24/03/2020

**TITOLO DEL LAVORO:** Ristrutturazione edificio lesionato dal sisma 2016

PARAMETRO GEOTECNICO	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA	
PESO DI VOLUME APPARENTE	$\gamma$	20,29	kN/m <sup>3</sup>	
PESO DI VOLUME SECCO	$\gamma_d$	17,07	kN/m <sup>3</sup>	
PESO DI VOLUME SATURO	$\gamma_{sat}$	20,80	kN/m <sup>3</sup>	
PESO DI VOLUME IMMERSO	$\gamma_{imm}$	10,80	kN/m <sup>3</sup>	
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	$\gamma_s$	27,23	kN/m <sup>3</sup>	
INDICE DEI VUOTI	e	0,595		
POROSITA'	n	37,30	%	
GRADO DI SATURAZIONE INIZIALE	Sr	86,40	%	
UMIDITA' NATURALE	w	18,88	%	
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL	35,8	%	
LIMITE DI PLASTICITA'	LP	29,8	%	
INDICE DI PLASTICITA'	IP	6,0	%	
LIMITE DI RITIRO	LR		%	
INDICE DI CONSISTENZA	Ic	2,81		
ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO	$\phi'$	27	°	
COESIONE DRENATA	c'	19,0	kPa	
ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO	$\phi_{res}$	-	°	
COESIONE NON DRENATA	cu	-	kPa	
<b>ANALISI GRANULOMETRICA</b>				
PARTE GROSSOLANA	GHIAIA (%)	SABBIA (%)	LIMO+ARGILLA (%)	
(% trattenuta al setaccio n°200)	1,18	25,29	73,53	
PARTE FINA	SABBIA (%)	LIMO (%)	ARGILLA (%)	
(% passante al setaccio n°200)	3,68	68,87	27,45	
GRANULOMETRIA CUMULATIVA	GHIAIA (%)	SABBIA (%)	LIMO (%)	ARGILLA (%)
	1,18	28,00	50,64	20,18
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006				
INDICE DI GRUPPO				

Lo Sperimentatore

*Roberto F. ...*

Il direttore del Laboratorio

*[Signature]*

**N° D'ORDINE:** 20/063  
**SONDAGGIO:** 1  
**CAMPIONE:** 1  
**PROFONDITA':** 2,6-3,0

**COMMITTENTE:** Sig.ra Isabella Ambrogini  
**LOCALITA':** Casalina di Deruta (PG)  
**DATA INIZIO:** 06/03/2020  
**DATA FINE:** 24/03/2020

**TITOLO DEL LAVORO:** Ristrutturazione edificio lesionato dal sisma 2016

**DESCRIZIONE:** Limi sabbiosi marroni con rare concrezioni biancastre

QUALITA' DEL CAMPIONE	Q5
-----------------------	----



Lo Sperimentatore

*Roberto Fiorani*

Il direttore del Laboratorio

*[Handwritten signature]*

COMUNE DI DERUTA

P.R.G. Parte Operativa



CA\_MASW1

---

VIA XX SETTEMBRE, 76 - 06121 PERUGIA

[www.studiogeologiassociati.eu](http://www.studiogeologiassociati.eu)

PRG\_PO\_MS\_RELAZIONE\_BIS .DOC

TEL./FAX 075.5721231

[info@studiogeologiassociati.eu](mailto:info@studiogeologiassociati.eu)

**DOTT. GEOL. ALESSANDRO NANNUCCI** - Fraz. Protte n. 138 – 06049 Spoleto (PG)  
tel./cell.: 0743/275818 - 335/8229320 e-mail: [geol.nannucci@gmail.com](mailto:geol.nannucci@gmail.com)

### 3.2. Indagini geofisiche

L'indagine è stata eseguita con lo scopo di ottenere una caratterizzazione sismo-stratigrafica del sito in esame ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 e nello specifico sé stato eseguito n. 1 profilo sismico M.A.S.W con ricostruzione della sismostratigrafia;

#### Profilo sismico MASW

Per l'acquisizione della linea sismica di superficie è stato impiegato un sismografo Ambrogeo – Echo 24/2002 Seismic Unit, a 24 canali. L'acquisizione delle onde di Rayleigh è avvenuta tramite uno stendimento sismico a 12 geofoni verticali con frequenza propria di 4.5 Hz distanziati ognuno di 2,00 m per una lunghezza complessiva dello stendimento pari a 27 m.



Profilo sismico MASW

## Relazione sulla modellazione sismica

Il rilievo geofisico è basato sull'impiego della tecnica MASW (multichannel analysis of surface waves), per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio (VS), tramite l'inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con algoritmi genetici.

Il Parametro VSeq è il parametro geofisico che rappresenta meglio la variabilità geotecnica dei materiali geologici presenti nel sottosuolo.

Il parametro VSeq rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro profondità H caratterizzate da VS non inferiore a 800 m/s.

È calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Dove:

Vi: velocità delle onde S dello strato i-esimo

hi: spessore in metri dello strato i-esimo

N: numero di strati

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

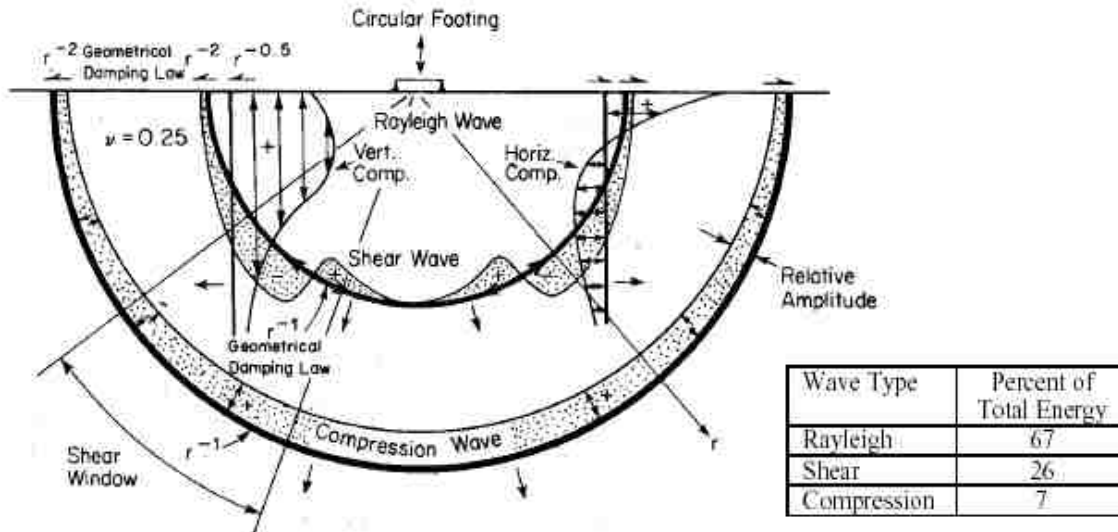
A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS compresi tra 100 m/s e 180 m/s.

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D con profondità del substrato non superiore a 30 m.



### SISMOGRAFO AMBROGEO – ECHO 24/2002 SEISMIC UNIT

Number of channels  
 12  
 Sampler interval  
 0,296 msec  
 A/D Conversion  
 16 bit  
 Amplifiers  
 Input impedance  
 1 KOhm  
 Gain  
 10 dB - 100 dB, step 1 dB  
 Saturation tension  
 +/- 2,3 V  
 Saturation level  
 100 dB  
 Distorsion  
 0,01%  
 Sampler  
 25 msec (191 points)  
 50 msec (383 points)  
 100 msec (756 points)  
 200 msec (1530 points)  
 400 msec (3060 points)  
 800 msec (6121 points)  
 Sampling  
 130 micro/sec  
 Record lenght  
 25-50 -10 -20 -400-800 millisec  
 Filter low pass

from 50 to 950 Hz, step 1 Hz  
 Digital Filter (FIR) low pass  
 1000-900-800-700-600-500-400-300-200-100-50 Hz  
 Digital Filter (FIR) high pass  
 0-25-50-75-100-125-150-175-200-225-250 Hz  
 Frequency response  
 7-950 Hz, filter at 950 Hz  
 Dynamic range  
 93 dB  
 Noise  
 0,66 uV rms, gain = 55 dB  
 Crosstalk  
 52 dB, gain = 55 dB  
 Power  
 12 V

SECTION1

sampling (ms): 0.131  
 minimum offset (m): 5  
 geophone spacing (m): 2  
 offsets (m): 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27  
 Dispersion curve: picking5e.cdp  
 Number of individuals: 32  
 Number of generations: 61

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase velocities

Adopted search space (minimum Vs): 107 193 214 264  
 Adopted search space (maximum Vs): 210 378 420 518

Adopted search space (minimum Poisson): 0.24478 0.24498 0.24478 0.24528  
 Adopted search space (maximum Poisson): 0.45459 0.45496 0.45459 0.45551

Adopted search space (minimum Qs): 19.125 24.4375 31.875 40.375  
 Adopted search space (maximum Qs): 29.25 37.375 48.75 61.75

Adopted search space (minimum reference frequency): 1  
 Adopted search space (maximum reference frequency): 39.7419

Adopted search space (minimum thickness): 1.0714 2.8571 3.5714  
 Adopted search space (maximum thickness): 2.1 5.6 7

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -21.5793	-7.21126
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -20.1021	-7.21126
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -18.4215	-6.73935
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -14.9428	-6.73935
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -14.5832	-5.53387
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -18.3207	-5.53387
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -14.8376	-5.53387
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -14.7551	-5.53387
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -14.2756	-5.53387
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -13.495	-5.53387
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -14.3652	-5.53387
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -11.3144	-4.95247
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -13.4305	-4.95247
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -11.5187	-4.95247
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -13.1078	-4.83704
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -11.351	-4.83704
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -11.8531	-4.70122
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -12.5512	-4.70122
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -14.044	-4.70122
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -13.6369	-4.70122
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -12.47	-4.45342
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -11.3478	-4.45342
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -11.5213	-4.45342
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -11.1111	-4.45342
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -8.9746	-4.2757
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -9.4439	-4.2757
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -11.7218	-4.27573
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -16.0315	-4.24163
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -14.0741	-4.24163
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -15.0928	-4.24163
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -14.8077	-4.24163
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -15.5946	-4.22259
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -13.3454	-4.22259
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -12.1756	-4.22259
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -13.6134	-4.22259
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -13.1727	-4.22259
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -13.9956	-4.22259
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -13.3782	-4.22259
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -12.5056	-4.22259
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -13.7933	-4.16971
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -11.4041	-4.16971
Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits: -12.2044	-4.16971
Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits: -14.2155	-4.16971
Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits: -12.374	-4.16971
Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits: -10.6585	-3.21338
Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits: -13.8141	-3.21338
Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits: -11.2781	-3.21338
Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits: -12.3965	-3.21338
Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits: -12.4624	-3.21338
Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits: -12.6714	-3.21338
Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits: -14.7853	-3.21338
Optimizing Vs & Thickness - generation: 52; average & best misfits: -13.9259	-3.21338
Optimizing Vs & Thickness - generation: 53; average & best misfits: -10.8889	-3.21338
Optimizing Vs & Thickness - generation: 54; average & best misfits: -11.7561	-3.21338
Optimizing Vs & Thickness - generation: 55; average & best misfits: -16.42	-3.21338
Optimizing Vs & Thickness - generation: 56; average & best misfits: -13.8042	-3.21338
Optimizing Vs & Thickness - generation: 57; average & best misfits: -10.8566	-3.21338
Optimizing Vs & Thickness - generation: 58; average & best misfits: -10.029	-3.21338
Optimizing Vs & Thickness - generation: 59; average & best misfits: -8.1947	-3.2134

Adopted search space (minimum Vs): 107 193 214 264  
 Adopted search space (maximum Vs): 210 378 420 518

Adopted search space (minimum Qs): 19.125 24.4375 31.875 40.375  
 Adopted search space (maximum Qs): 29.25 37.375 48.75 61.75

Adopted search space (minimum reference frequency): 1  
 Adopted search space (maximum reference frequency): 39.7419

Adopted search space (minimum Poisson): 0.24478 0.24498 0.24478 0.24528  
 Adopted search space (maximum Poisson): 0.45459 0.45496 0.45459 0.45551

Adopted search space (minimum thickness): 1.0714 2.8571 3.5714  
 Adopted search space (maximum thickness): 2.1 5.6 7

Rayleigh-wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -18.8551 -2.30521  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -16.8347 -2.30521  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -14.6188 -2.30521  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -10.0176 -2.12303  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -12.7907 -2.12303  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -11.5254 -2.12303  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -12.4435 -2.12303  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -6.7497 -2.0545  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -9.8287 -2.0545  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -11.492 -1.98479  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -12.6581 -1.98479  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -15.1762 -1.98479  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -10.8511 -1.98479  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -10.659 -1.98479  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -9.4753 -1.9848  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -10.3288 -1.98479

Model after the Vs & Thickness optimization:

Vs (m/s): 157 268 269 362

Thickness (m): 1.7 5.3 5.8

Number of models considered to calculate the average model: 45

ans =

1.0e+05 \*

1.8701  
 1.9601  
 2.1917  
 2.8212  
 3.1753

ans =

1.0e+05 \*

1.8739  
 1.9641  
 2.1945  
 2.8222  
 3.2016

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

MEAN MODEL

Vs (m/s): 157 268 269 362  
 Standard deviations (m/s): 3 1 5 0

Thickness (m): 1.7 5.3 5.9  
 Standard deviations (m): 0.0 0.2 0.4

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 313 618 499 696  
 Density (gr/cm3): 1.77 1.92 1.92 2.00  
 Vp/Vs ratio: 1.99 2.31 1.86 1.92  
 Poisson: 0.33 0.38 0.30 0.31  
 Shear modulus (MPa): 44 138 139 262  
 Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
3.08605	320.1618
8.01938	282.2172
28.7279	219.4549
37.0457	196.4089
39.7419	187.3861

SECTION4

BEST MODEL

**Vs (m/s): 157 268 269 362**  
**thickness (m): 1.6571 5.2928 5.813**

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 312 616 499 625  
 Density (gr/cm3): 1.77 1.92 1.92 2.00  
 Vp/Vs ratio: 1.99 2.30 1.86 1.73  
 Poisson: 0.33 0.38 0.30 0.25  
 Shear modulus (MPa): 44 138 139 262  
 Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
3.08605	317.531
8.01938	282.1234
28.7279	219.1696
37.0457	196.0112
39.7419	187.0111

SECTION5

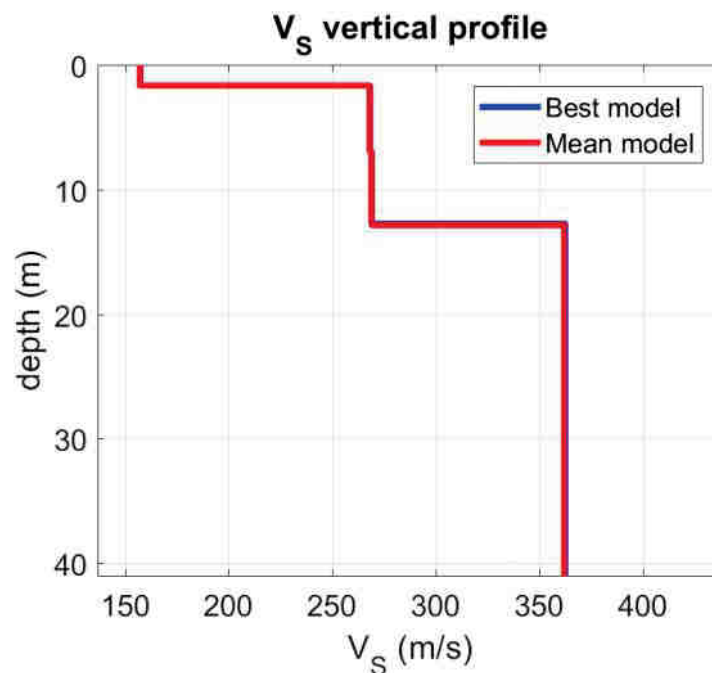
Vs30 & VsE (mean model): 301 301 m/s  
 Vs30 & VsE (best model): 301 301 m/s

SECTION6

**Possible Soil Type: C**  
 (based on the mean model)

**best model**

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	157	1.6571	1.6571
2	268	5.2928	6.9500
3	269	5.8130	12.7630
4	362	0	0





COMUNE DI DERUTA

P.R.G. Parte Operativa



CA\_DPM1

---

VIA XX SETTEMBRE, 76 - 06121 PERUGIA

[www.studiogeologiassociati.eu](http://www.studiogeologiassociati.eu)

PRG\_PO\_MS\_RELAZIONE\_BIS .DOC

TEL./FAX 075.5721231

[info@studiogeologiassociati.eu](mailto:info@studiogeologiassociati.eu)

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	55/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

## 7. INDAGINI PENETROMETRICHE

La campagna di indagini è stata eseguita nel maggio 2020 ed è composta da:

- n. 1 indagini penetrometriche dinamiche DPM.



**Figura 2:** Ubicazione indagini penetrometriche.

● Indagine DPM.

La campagna di prove penetrometriche è stata necessaria a fornire una caratterizzazione dei terreni presenti nell'area d'indagine nonché determinare le geometrie dei terreni interessati dalle opere in oggetto.

*I dati ottenuti dalle indagini di campagna sono stati elaborati con le varie metodologie e formule note in geotecnica, utilizzando poi i risultati ritenuti più cautelativi.*

Di seguito verranno riportate le risultanze delle elaborazioni dei dati ottenuti.

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	56/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: *Pucci Goffredo*  
 Cantiere: Sisma 2016  
 Località: Casalina - Comune di Deruta (PG)

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM (DL030 10) (Medium)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0.20 m
Peso sistema di battuta	12.5 Kg
Diametro punta conica	35.68 mm
Area di base punta	10 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2.9 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0.761
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	57/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

## PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

### **Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	58/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

### 7.1. Prova DPM 1

COORDINATE DPM 1		GPS - Sistema di rif.: WGS84
DPM 1	Latitudine: 42.950531	Longitudine: 12.399220



Foto 6: DPM 1



Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	60/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

5.10	10	0.784	23.56	30.05
5.20	11	0.783	25.88	33.06
5.30	10	0.782	23.50	30.05
5.40	9	0.781	21.12	27.05
5.50	6	0.780	14.06	18.03
5.60	13	0.729	28.48	39.07
5.70	19	0.728	41.58	57.10
5.80	20	0.727	43.71	60.10
5.90	40	0.576	66.08	114.65
6.00	48	0.575	79.17	137.58
6.10	51	0.575	83.99	146.18
6.20	53	0.574	87.15	151.91
6.30	60	0.573	98.52	171.97

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPM 1

### TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1.9	0.20	1.9	Skempton (1986)	12.09
Strato 2	6.35	5.50	6.35	Skempton (1986)	24.34
Strato 3	28.92	6.30	28.92	Skempton (1986)	62.39

#### Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1.9	0.20	1.9	Meyerhof (1965)	24.76
Strato 2	6.35	5.50	6.35	Meyerhof (1965)	27.08
Strato 3	28.92	6.30	28.92	Meyerhof (1965)	35.17

#### Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1.9	0.20	1.9	Bowles (1982)	23.70
Strato 2	6.35	5.50	6.35	Bowles (1982)	37.05
Strato 3	28.92	6.30	28.92	Bowles (1982)	219.60

#### Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1.9	0.20	1.9	Begemann (1974)	31.37
Strato 2	6.35	5.50	6.35	Begemann (1974)	40.51
Strato 3	28.92	6.30	28.92	Begemann (1974)	356.17

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	1.9	0.20	1.9	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 2	6.35	5.50	6.35	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 3	28.92	6.30	28.92	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	61/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1.9	0.20	1.9	Meyerhof ed altri	1.40
Strato 2	6.35	5.50	6.35	Meyerhof ed altri	1.59
Strato 3	28.92	6.30	28.92	Meyerhof ed altri	2.12

#### Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1.9	0.20	1.9	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.87
Strato 2	6.35	5.50	6.35	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.90
Strato 3	28.92	6.30	28.92	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

#### Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	1.9	0.20	1.9	(A.G.I.)	0.35
Strato 2	6.35	5.50	6.35	(A.G.I.)	0.34
Strato 3	28.92	6.30	28.92	(A.G.I.)	0.3

#### Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1.9	0.20	1.9	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	185.02
Strato 2	6.35	5.50	6.35	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	386.73
Strato 3	28.92	6.30	28.92	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	976.57

#### Modulo di reazione Ko

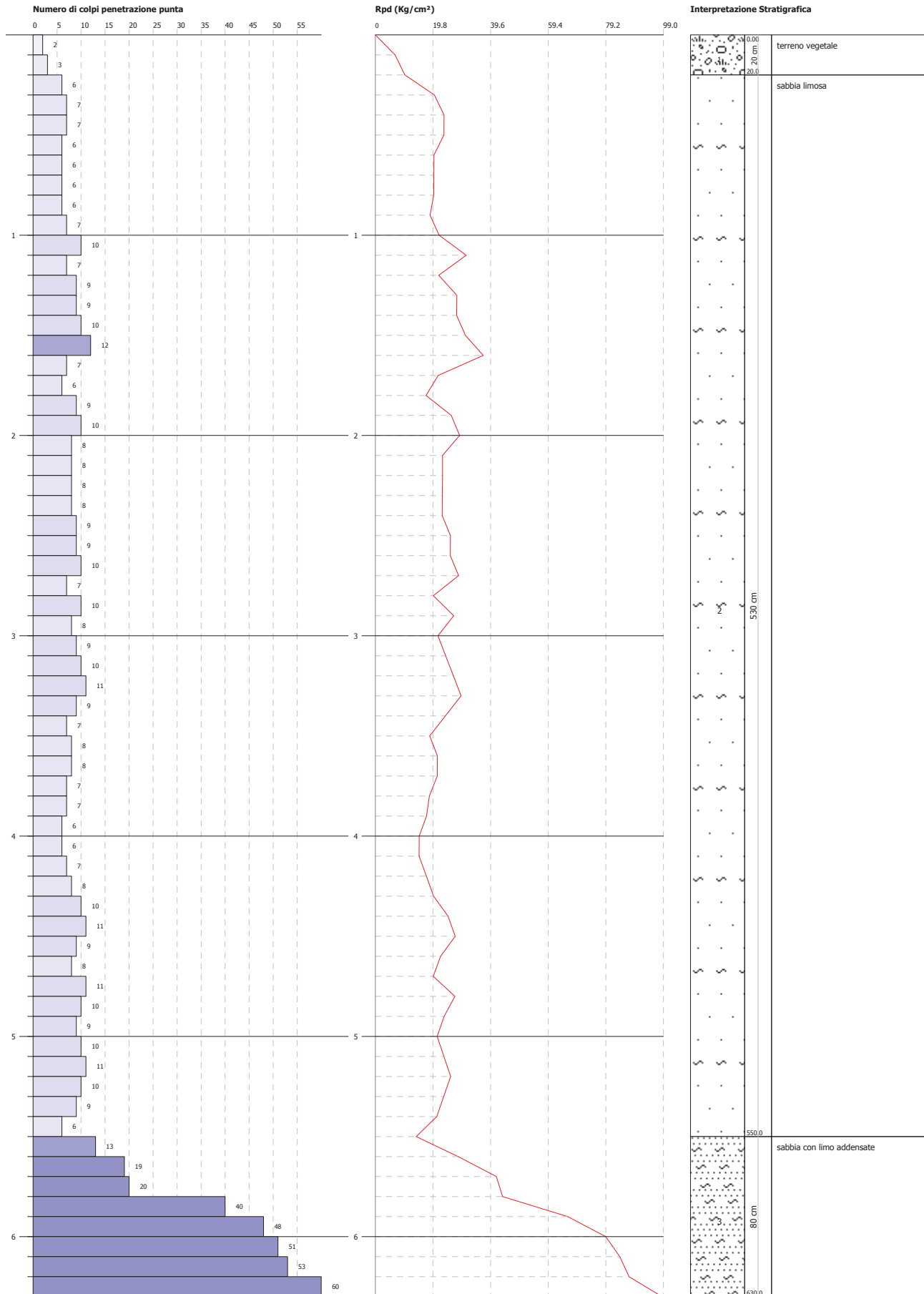
	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	1.9	0.20	1.9	Navfac 1971-1982	0.24
Strato 2	6.35	5.50	6.35	Navfac 1971-1982	1.30
Strato 3	28.92	6.30	28.92	Navfac 1971-1982	5.46

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM 1**  
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Pucci Goffredo - Delegato  
Cantiere : sisma 2016  
Località : Casalina - Comune di Deruta

Data :14/05/2020

Scala 1:27



COMUNE DI DERUTA

P.R.G. Parte Operativa



# CA\_SISMICA1

---

VIA XX SETTEMBRE, 76 - 06121 PERUGIA

[www.studiogeologiassociati.eu](http://www.studiogeologiassociati.eu)

PRG\_PO\_MS\_RELAZIONE\_BIS .DOC

TEL./FAX 075.5721231

[info@studiogeologiassociati.eu](mailto:info@studiogeologiassociati.eu)

La prova conferma la presenza (al di sotto del suolo/riporto di 0,5m) di un primo strato (Strato 1) molto resistente, costituito da alluvioni a granulometria fine sabbioso limosa mediamente addensate, seguito ad una profondità di circa 5,5m (strato 2) dal banco delle alluvioni grossolane ghiaiose ad una profondità di circa 5,5m.

In allegato vengono riportati i risultati delle indagini e le correlazioni secondo vari Autori.

• **INDICAZIONI SUI PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI**

Nella seguente tabella vengono riassunti i principali parametri geotecnici. Visto il tipo di indagini eseguite, occorre tener presente che tali parametri sono stati desunti mediante correlazioni con i risultati delle NSPT.

**PRINCIPALI PARAMETRI GEOTECNICI**

PARAMETRI GEOTECNICI							
Unità litostr.	Descrizione litologica	Quota (m)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	C' (Kg/cm <sup>2</sup> )	M0 (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)
1	Alluvioni sabbiose	0,5 -5,5	1,92	1	-	100	29/30
2	Alluvioni ghiaiose	da 5,5m	1,98	2		300	35/38

Fig.5 - Tabella dei parametri geotecnici estrapolati dall'elaborazione delle indagini e da letteratura geotecnica

Fig.6 -  $\gamma$  = peso di volume del terreno      Cu = coesione non drenata      C' = coesione drenata  
M0 = modulo edometrico       $\phi$  = angolo di attrito interno

**6- MODELLAZIONE SISMICA**

Classificazione sismica

Il territorio nazionale è stato classificato, in base all'intensità e frequenza dei terremoti del passato, in diverse zone sismiche. Ciò con l'intento di ridurre gli effetti di un terremoto attraverso l'emanazione di speciali norme tecniche per le costruzioni in quelle zone classificate a rischio sismico. Fino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche.

Successivamente, in seguito all'emanazione di nuovi criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale, basati su studi relativi alla pericolosità sismica del territorio ed in particolare sull'analisi della probabilità che un territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo

(generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo, sono state introdotte nuove norme.

A tal fine il Presidente del Consiglio dei Ministri ha emesso un'Ordinanza (n. 3274 del 20 marzo 2003), nella quale vengono dettati i principi generali sulla base dei quali le Regioni hanno provveduto alla compilazione dell'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

Zona 1	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti
Zona 2	Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti
Zona 3	I Comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti
Zona 4	E' la zona meno pericolosa

*(Fonte: Sito del Dipartimento della Protezione Civile - Presidenza del Consiglio dei Ministri)*

A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1=0.35 g, zona 2=0.25 g, zona 3=0.15 g, zona 4=0.05 g).

Nel territorio ricadente nella Zona 4 (che ha sostituito le zone che nella precedente normativa risultavano non classificate) è facoltà delle Regioni prescrivere o meno l'obbligo della progettazione antisismica.

In seguito ad un aggiornamento dello studio di pericolosità sismica, recepito nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006, sono stati introdotti degli intervalli di accelerazione ( $a_g$ ), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06)

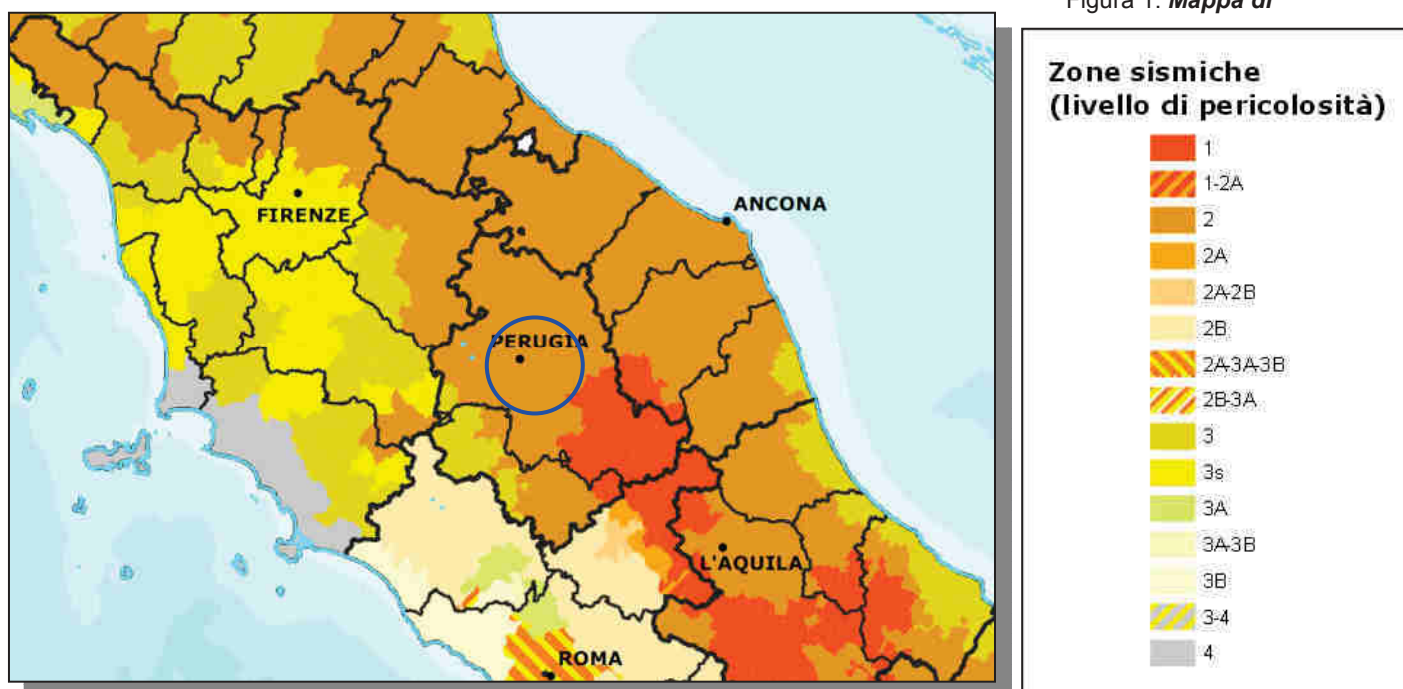
Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ )
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

*(Fonte: Sito del Dipartimento della Protezione Civile - Presidenza del Consiglio dei Ministri)*

In alcune regioni sono state introdotte anche delle sottozone (contraddistinte oltre che dal numero anche da una lettera) al fine di meglio adattare la norma alle effettive caratteristiche sismiche del proprio territorio.

Il sito in oggetto è classificato come Zona sismica 2.

Figura 1: *Mapa di*



*classificazione sismica al 2015*

*(Fonte: Sito del Dipartimento della Protezione Civile - Presidenza del Consiglio dei Ministri)*

In definitiva ad ogni zona (o sottozona) è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido ( $a_g$ ).

Ma in seguito all'entrata in vigore delle attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008), il valore di tale pericolosità di base non ha più influenza sulla progettazione.

Secondo le N.T.C., infatti, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto, in funzione della vita nominale dell'opera ed in funzione delle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche del sito in oggetto.

Alla classificazione sismica, intesa come zona sismica cui appartiene un certo comune, rimane oggi la sola utilità di pianificazione territoriale.

## Pericolosità sismica

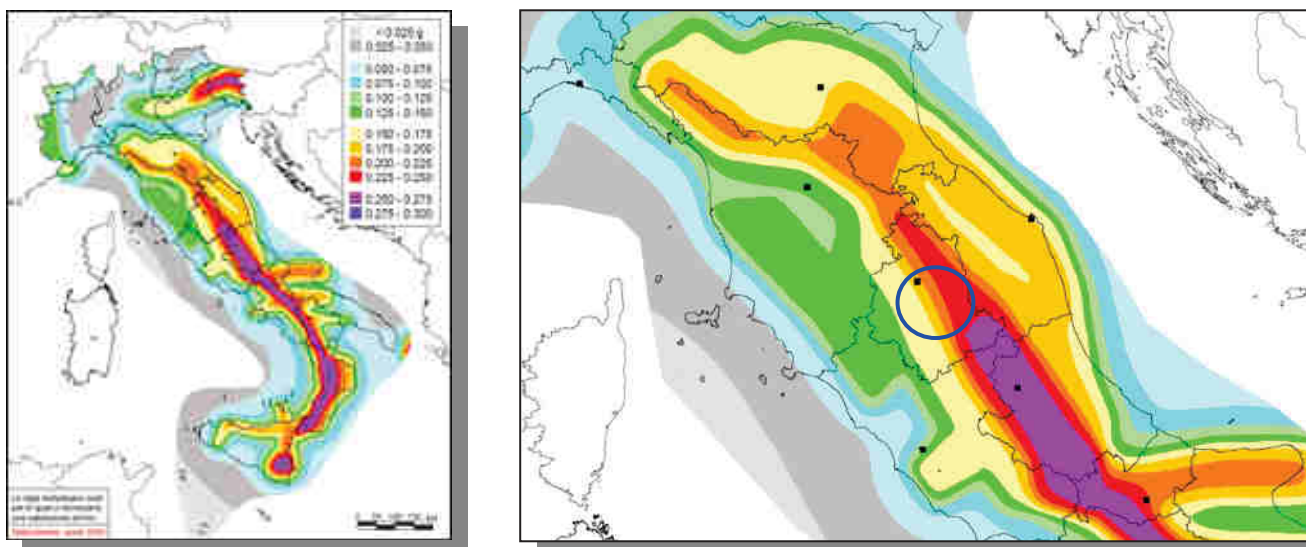
Per pericolosità sismica si intende lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo.

Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.).

Dopo l'approvazione da parte della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004, la mappa MPS04 è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale con l'emanazione dell'Ordinanza PCM 3519/2006 (G.U. n.105 dell'11 maggio 2006).

Successivamente, nell'ambito del progetto INGV-DPC S1 (2005-2007), sono state elaborate una serie di mappe di pericolosità sismica per diverse probabilità di eccedenza in 50 anni, basate sullo stesso impianto metodologico e sugli stessi dati di input di MPS04. Inoltre sono state prodotte mappe per gli stessi periodi di ritorno anche in termini di accelerazioni spettrali. Per ogni punto della griglia di calcolo (che ha una densità di 20 punti per grado, circa un punto ogni 5 km) sono oltre 2200 i parametri che ne descrivono la pericolosità sismica. Questa mole di dati ha reso possibile la definizione di norme tecniche nelle quali l'azione sismica di riferimento per la progettazione è valutata punto per punto e non più solo per 4 zone sismiche, cioè secondo solo 4 spettri di risposta elastica.

Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha emanato nuove Norme Tecniche delle Costruzioni con il D.M. del 14 gennaio 2008 e successivamente con il D.M. 17 gennaio 2018 (NTC2018) nelle quali la definizione dell'azione sismica di riferimento si basa sui dati rilasciati da INGV e dal Progetto S1. Questi dati sono pubblicati in siti dell'INGV realizzati appositamente.



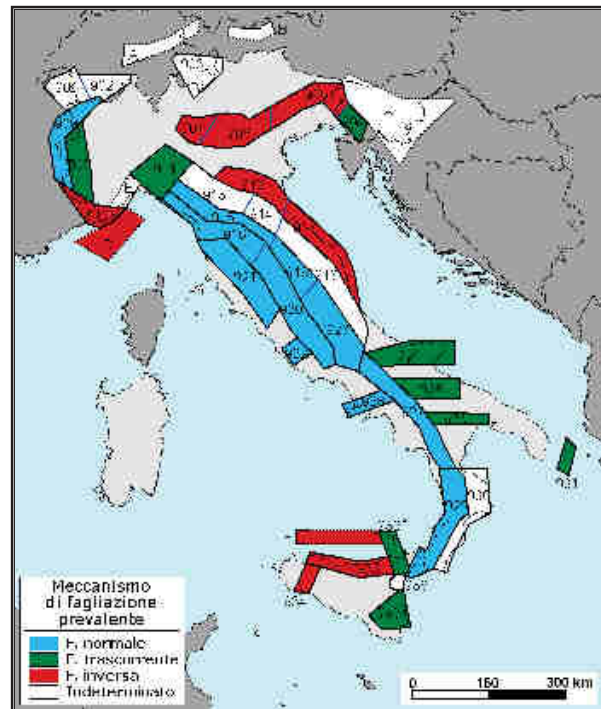
Nella successiva tabella vengono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale. Nella tabella sono indicate oltre all'Is, l'anno, il mese, il giorno, in cui si è verificato, l'area epicentrale e la magnitudo momento (Mw).

Is	Anno Mese Giorno O_M_S	Area epicentrale	Mw
6-7	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	7.08
5-6	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	5.97
4	1930 10 30 07 13	Senigallia	5.83
5	1979 09 19 21 35 37.00	Valnerina	5.83
5-6	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	5.66
4	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	5.62
5	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	5.62
5-6	1997 10 06 23 24 53.29	Appennino umbro-marchigiano	5.47
3-4	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	5.34
4-5	1998 03 26 16 26 17.03	Appennino umbro-marchigiano	5.26
5	1997 10 03 08 55 22.07	Appennino umbro-marchigiano	5.22
3-4	1980 02 28 21 04 40.00	Valnerina	4.97
3	1997 11 09 19 07 33.27	Valnerina	4.87
3	1993 06 05 19 16 17.02	Valle del Topino	4.72
4-5	1997 05 12 13 50 14.63	Monti Martani	4.72
2	1971 02 11 18 49 21.00	Valle del Chiascio	4.61
3	1915 03 26 23 37	Perugino	4.55
2	2000 06 22 12 16 35.58	Bacino di Gubbio	4.47
3	1906 02 05 16 34	Valnerina	4.41
4	1905 12 09 21 41	Valle Umbra	4.24
5	2009 12 15 13 11 58.98	Valle del Tevere	4.23

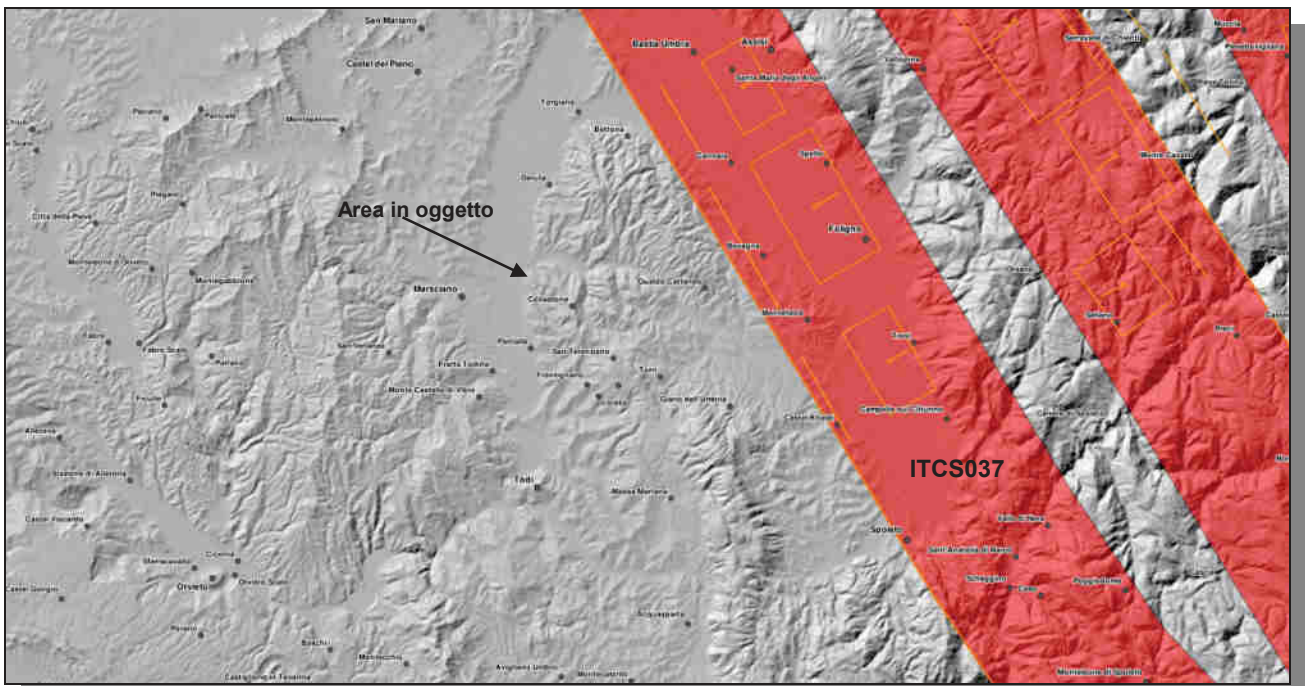
I principali meccanismi focali sono invece stati dedotti dall'osservazione della Zonazione Sismogenetica ZS9 realizzata dal Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità (Ordinanza PCM 20.03.03 n.

3274) dell'INGV. L'assegnazione delle varie zone è basata su una combinazione dei meccanismi focali osservati con dati geologici a varie scale. Secondo tale classificazione, la zona presa in considerazione nel presente progetto è caratterizzata da un meccanismo di fagliazione atteso di tipo normale.

*Meccanismo di fagliazione prevalente atteso per le diverse ZS – (Fonte INGV)*



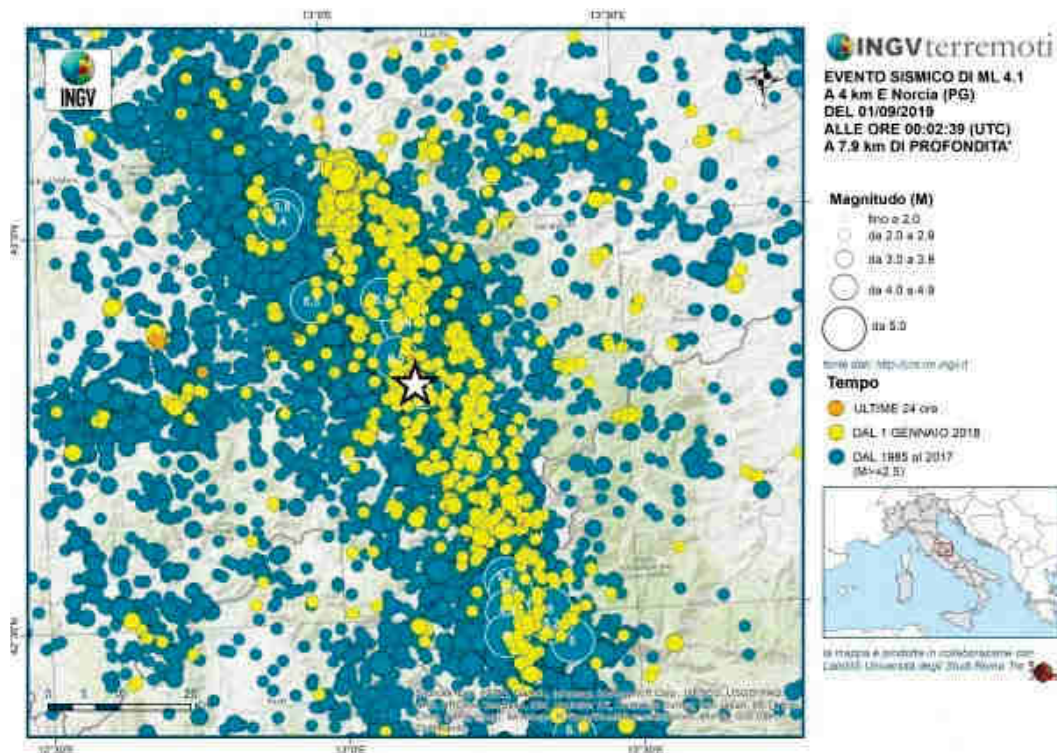
La zona in oggetto è ubicata nelle vicinanze di una distinta sorgente sismogenetica composta, allungata in senso Nord-Ovest – Sud-Est, che contiene un numero imprecisato di sorgenti sismogenetiche individuali. Alla zona sismogenetica composta ITCS037 (denominata Mugello-Citta' di Castello-Leonessa) è attribuita la magnitudo massima di 6.2.



*Sorgenti sismogenetiche del data base DISS 3.2.0*

L'area in oggetto è stata interessata dalla recente attività sismica dell'Appennino centrale.

La sequenza sismica continua con un numero complessivo di scosse superiore alle 110.000 dal 24 agosto 2016. Si riporta nella figura la mappa della sismicità, realizzata dall'INGV.



*Mappa della sequenza sismica in Italia centrale (INGV)*

#### INDAGINI EFFETTUATE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Come detto per il presente progetto sono state eseguite alcune indagini sismiche a cui la progettazione può fare riferimento e riportate in allegato:

- *n. 2 indagini sismiche con metodologia MASW;*
- *n. 1 indagini sismiche passive in Array con metodologia Re.Mi.;*
- *n. 1 indagini sismiche a rifrazione elaborate con metodo tomografico;*
- *n. 2 indagini a sismica passiva a stazione singola – HVSR (n. 6 registrazioni).*

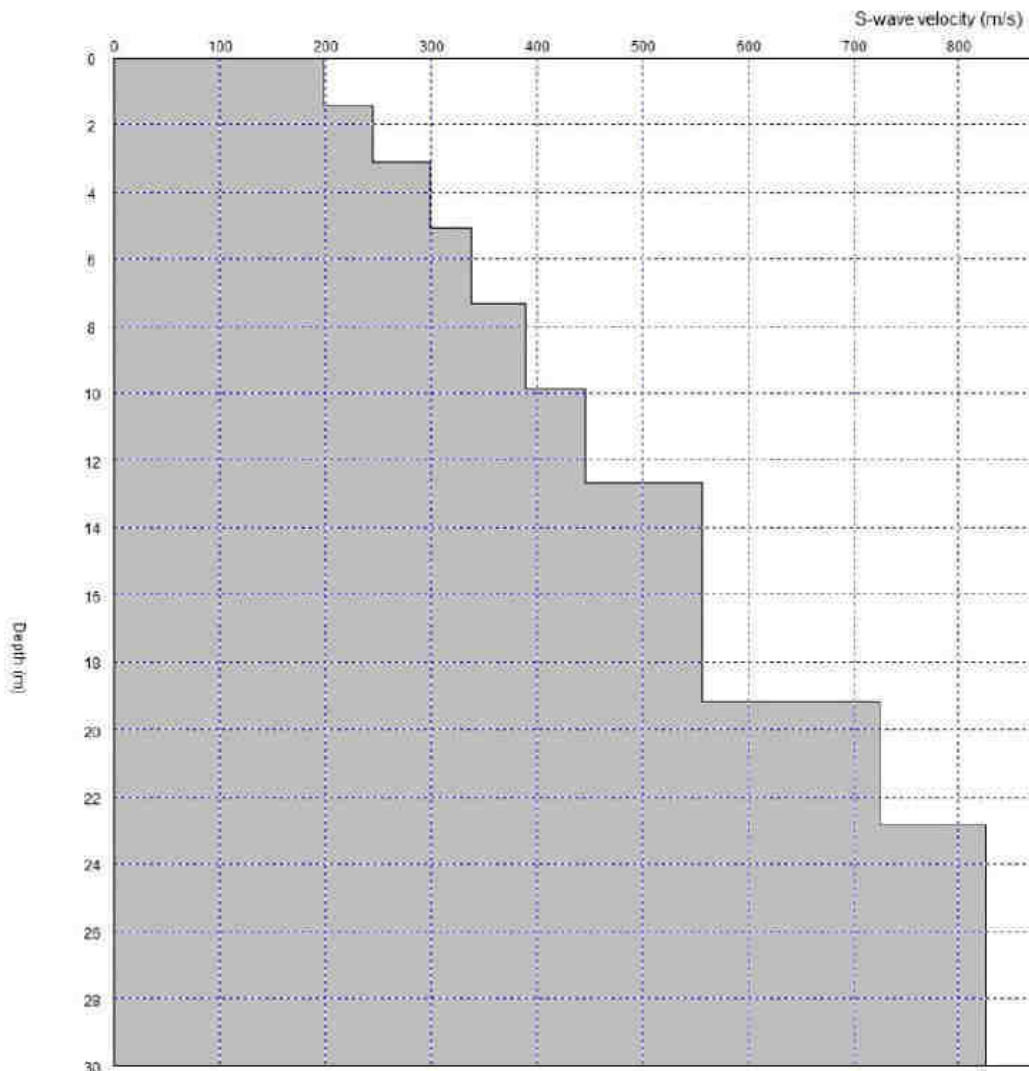
Le Norme Tecniche per le Costruzioni NTC2018 definiscono i metodi per la determinazione dell'azione sismica di progetto.

Per quanto concerne le categorie di sottosuolo, la norma fa riferimento anche ad un approccio semplificato, basato su categorie di sottosuolo di riferimento.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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

Dalle indagini si ottiene un valore della Vs equivalente pari a 401m/s che fa ricadere il terreno nella Categoria B.



#### 4.1.1.1. Profilo MASW (Shot 1) – Re.Mi.

I profili indicano una  $V_{s, EQ}$  pari a:

- 401 m/s (Combinata MASW (Shot Andata – Onde di Love) – Re.Mi.)

L'analisi delle onde superficiali ha riscontrato la presenza di più discontinuità verticali nella distribuzione delle velocità delle onde di taglio.

Il substrato sismico  $V_s > 800 \text{ m/s}$  è presente ad una profondità di circa 23m dal p.c..

Per quanto concerne le condizioni topografiche, si utilizza la classificazione riportata nella Tab. della normativa.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media dei pendii $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media dei pendii $i > 30^\circ$

La morfologia del terreno fa ricadere la superficie topografica in categoria T1.

Non risulta presente falda freatica ad una profondità superiore a 15m dal p.c., per cui si omette la verifica alla liquefazione.

#### **Verifica a liquefazione**

“Il sito presso il quale è ubicato il fabbricato deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.”

Le caratteristiche granulometriche ghiaiose delle alluvioni che come è noto contengono la falda nella zona fanno indicativamente escludere questi terreni dai fusi granulometrici a rischio di liquefazione indicati dalla normativa.

Tramite di Andrus e Stokoe è comunque stato verificato il potenziale di liquefazione dei terreni di fondazione, tramite programma specifico di cui sotto i risultati.

I risultati indicano l'assenza di rischio di liquefazione.

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE					
(da prove sismiche a rifrazione)					
Metodo semplificato					
Metodo di Andrus e Stokoe (1997) modificato					
<b>PARAMETRI:</b>					
$\gamma$	=	1,95	g/cm <sup>3</sup>		
$\sigma_{vo}$	=	2,925	kg/cm <sup>2</sup>		
$\sigma'_{vo}$	=	2,425	kg/cm <sup>2</sup>		
profondità della prova	=	1500	cm		
profondità falda	=	1000	cm		
$\gamma_{sat}$	=	1	g/cm <sup>3</sup>		
Pressione neutra	=	0,5	kg/cm <sup>2</sup>		
$z$	=	15	m		
$V_s$	=	380			
$V_{s1c}$	=	220	m/s	FC < 5%	FC = 20%
				220	210
					200
$V_{s1}$	=	304,51			
$M$	=	6,3			
MSF	=	1,78	se Ms7.5		
		1,56	se Mb7.5		
<b>FORMULE:</b>			<b>RISULTATI:</b>		
$V_{s1}$	=	$V_s(N\sigma'_{vo})^{0,25}$		304,51	$V_{s1}$
$R$	=	$0,03 * (V_{s1}/100)^2 * (0,9/(V_{s1c}-V_{s1})) - (0,9/V_{s1c})$		0,263444101	$R$
$T$	=	$0,65 * ((\sigma_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma'_{vo})) * r_d * 1/MSF$	se Ms7.5	0,100219682	$T_{Ms7.5}$
			se Mb7.5	0,114062578	$T_{Mb7.5}$
$\sigma_{max}/g$	=	0,25			
$r_d$	=	0,909			
$F_s=R/T$	>	1		2,628566303	Verificato $F_s$
				2,309645334	Verificato $F_s$
"Software Freeware distribuito da geologi.it"					

### Conclusioni – modalità d'intervento - fondazioni

Il progetto prevede la ristrutturazione di un fabbricato, danneggiato dalla crisi sismica iniziata il 24-08-2016 con parziale demolizione e ricostruzione di una porzione.

L'area si trova al di fuori del "cratere" del sisma.

Per questo studio sono state eseguite indagini geognostiche specifiche sismiche e prova penetrometrica.

Il progetto risulta fattibile dal punto di vista geologico ed idrogeologico.

Dovrà essere eseguita una corretta regimazione delle acque piovane.

Per la porzione da ricostruire si consigliano fondazioni superficiali preferibilmente su platea, con giunto strutturale rispetto alla parte esistente da ristrutturare.

Durante le opere di demolizione dovranno essere garantite condizioni di sicurezza e stabilità per la restante parte di fabbricato ed in particolare preservando le opere di fondazione.

Le macerie derivanti dalle demolizioni comprese le fondazioni e i terreni adiacenti dovranno essere portate in discarica.

Dott.Geologo Gianluca Bencivenga  
Via del Righetello n.8 06132 Perugia, tel.3478272089

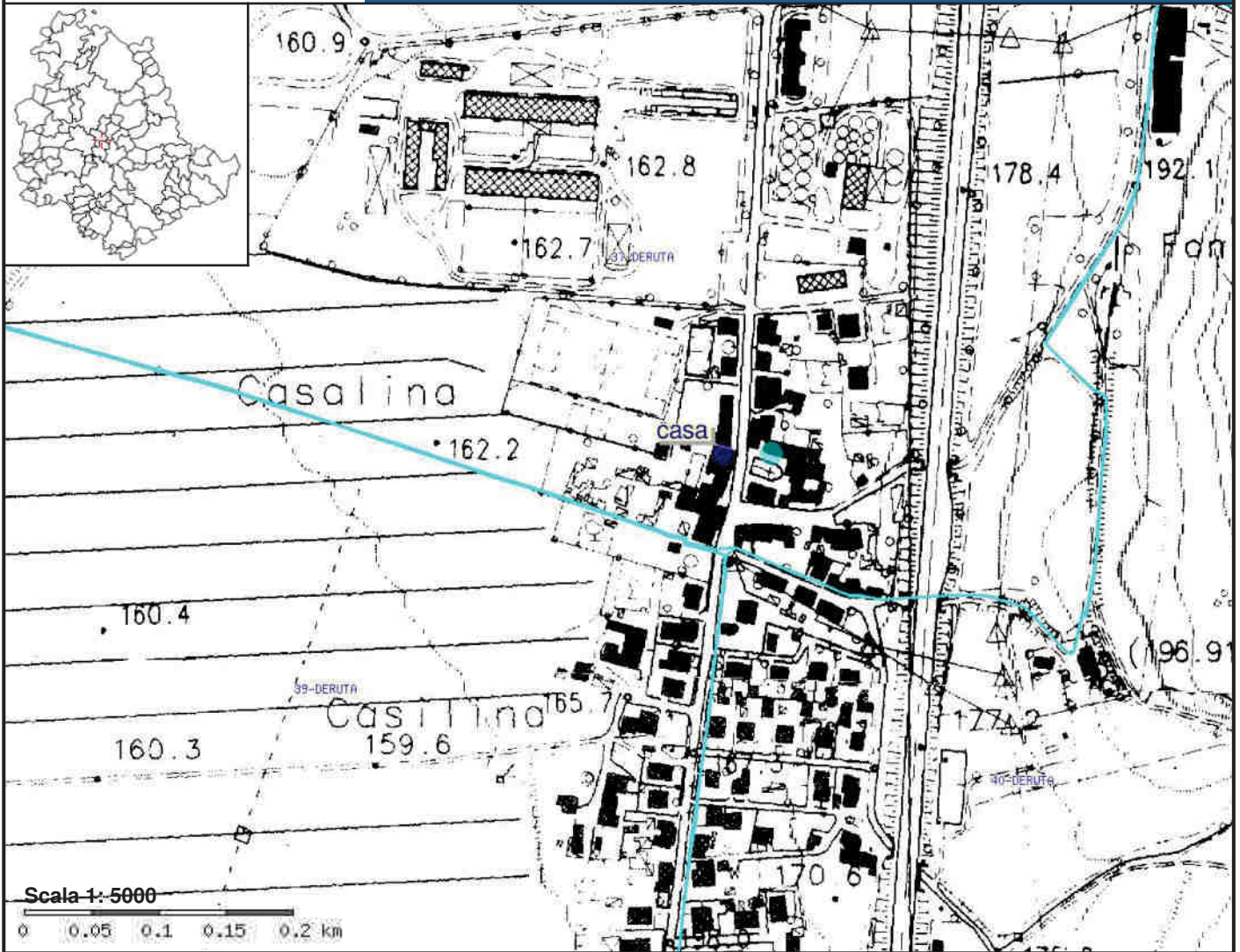
*Allegati*




- *Carta topografica 1:5000;*
- *Planimetria del fabbricato Piano terra;*
- *Sezione geologica stratigrafia;*
- *Indagini geognostiche.*

*Il Geologo : Dott. Gianluca Bencivenga*



# Regione Umbria



-  Comuni
-  fogli catastali
-  Rete idrografica

PIANO TERRA



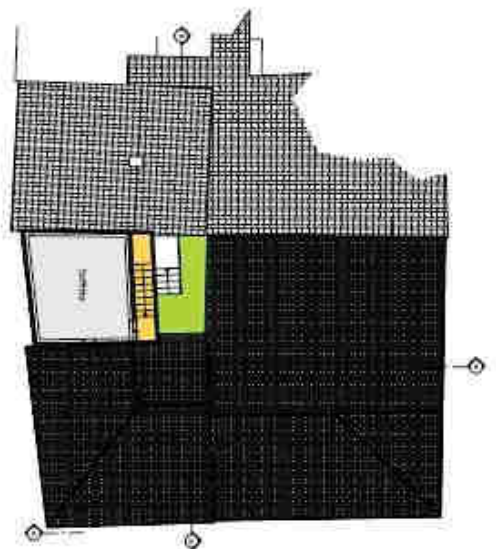
PIANO PRIMO



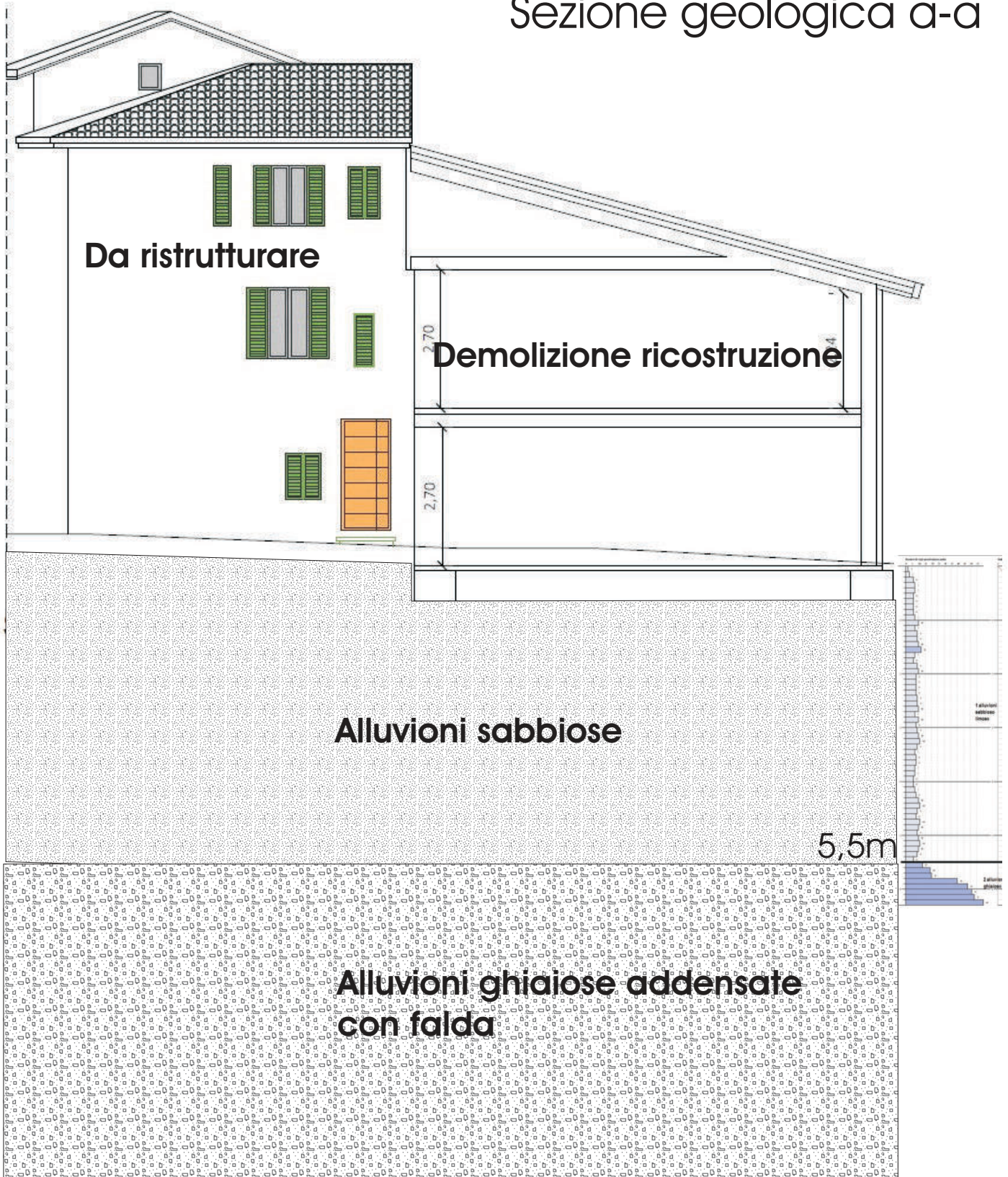
PIANO SECONDO

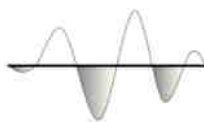


PIANO TERZO



# Sezione geologica a-a





## **RAU GEOGNOSTICA S.r.l.s**

Via Flaminia n. 218, 06023 Gualdo Tadino (PG)

TEL/FAX: (+39) 075.9140263

P. IVA/Cod.Fisc./Reg. Imp.: IT 03622280547

[raugeognostica@pec.it](mailto:raugeognostica@pec.it)

### **RISTRUTTURAZIONE DI UN EDIFICIO DI CIVILE ABITAZIONE DANNEGGIATO DAGLI EVENTI SISMICI VERIFICATISI DAL 24 AGOSTO 2016 CHE HANNO COLPITO IL CENTRO ITALIA**



### **RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI PER VALUTARE LE CARATTERISTICHE DEI TERRENI**

<b>ESTREMI CATASTALI</b>	FOGLIO N. - PARTICELLA N. -
<b>COMMITTENTE</b>	PUCCI GOFFREDO FRAZ. CASALINA - COMUNE DI DERUTA (PG)

<b>Geologo Incaricato</b>	Geol. Gianluca Bencivenga
<b>Responsabile Indagini</b>	Geol. Federico G. Uccellani

#### **R.A.U GEOGNOSTICA s.r.l.s.**

Via Flaminia n. 218, 06023 Gualdo Tadino (PG)

TEL/FAX: (+39) 075.9140263

P. IVA/Cod.Fisc./Reg. Imp.: IT 03622280547

[raugeognostica@pec.it](mailto:raugeognostica@pec.it)

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	2/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2. INDAGINI GEOFISICHE</b> .....	<b>3</b>
<b>3. INDAGINE GEOFISICA MASW (MULTI-CHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)</b> .....	<b>4</b>
<b>4. INDAGINE GEOFISICA RE.MI. (REFRACTION MICROTREMOR)</b> .....	<b>7</b>
4.1.1. ANALISI DEI RISULTATI.....	15
4.1.1.1. PROFILO MASW (SHOT 1) – RE.MI. ....	15
<b>5. METODO TOMOGRAFIA SISMICA</b> .....	<b>17</b>
<b>6. INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA</b> .....	<b>22</b>
6.1. CARATTERIZZAZIONE DINAMICA DEL SUOLO – HVSR .....	22
6.1.1. SCOPO DELL'INDAGINE .....	22
6.1.2. STRUMENTAZIONE DI MISURA E METODO D'ANALISI .....	22
6.2. ANALISI DEI RISULTATI.....	23
6.3. HVSR 1 .....	23
6.4. HVSR 2.....	39
<b>7. INDAGINI PENETROMETRICHE</b> .....	<b>55</b>
7.1. PROVA DPM 1.....	58

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	3/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

## 1. PREMESSA

La presente relazione riporta le elaborazioni ed i risultati ottenuti da una campagna di indagini geofisiche e geonostiche necessarie alla caratterizzazione sismostratigrafica e geotecnica dei terreni di un nuovo fabbricato, danneggiato a seguito degli eventi sismici dell'agosto 2016 e successivi.

L'area in oggetto è ubicata nei pressi di Fraz. Casalina, nel Comune di Deruta (PG).

## 2. INDAGINI GEOFISICHE

La campagna di indagini è stata eseguita nel maggio 2020, su incarico del Sig. Pucci Goffredo.

- n. 2 indagini sismiche con metodologia MASW;
- n. 1 indagini sismiche passive in Array con metodologia Re.Mi.;
- n. 1 indagini sismiche a rifrazione elaborate con metodo tomografico;
- n. 2 indagini a sismica passiva a stazione singola – HVSR (n. 6 registrazioni).

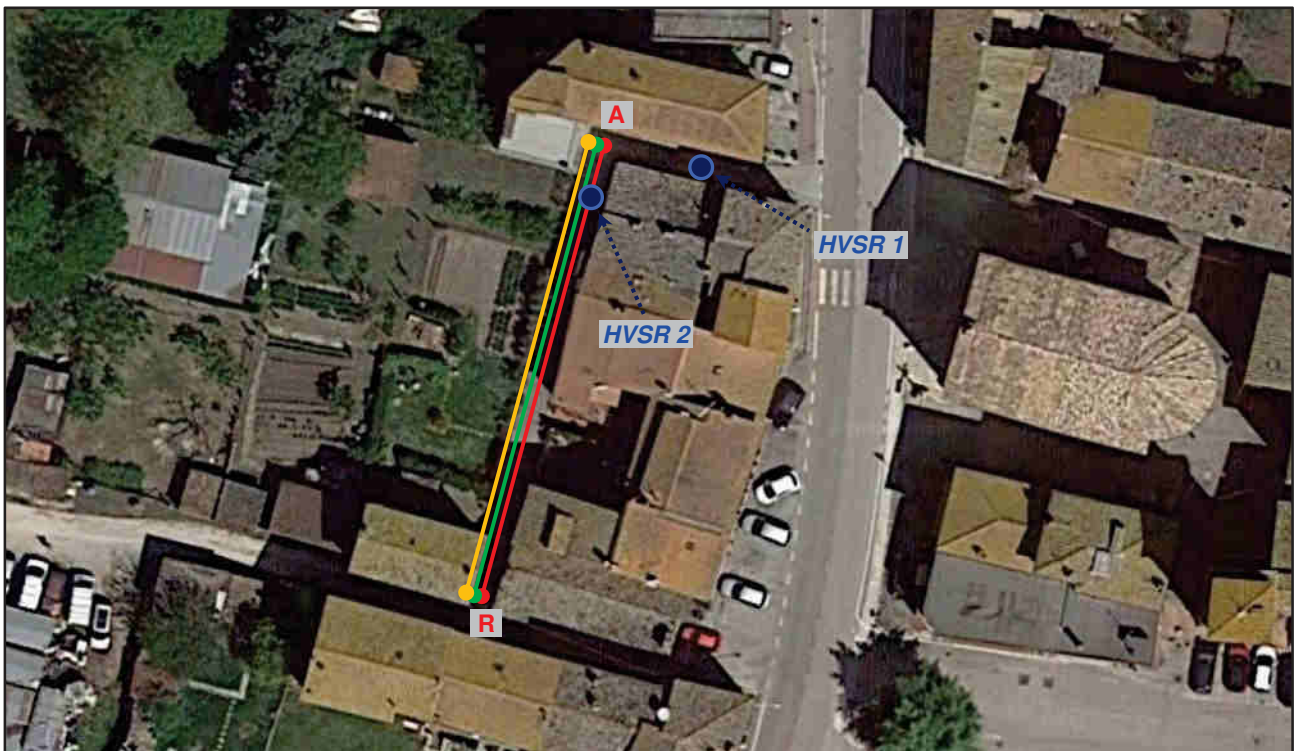


Figura 1: Ubicazione indagini geofisiche.

- .....● MASW onde di Rayleigh – Re.Mi.
- .....● MASW onde di Love
- Stendimento sismico a rifrazione
- Indagine HVSR

Di seguito viene descritto, lo schema operativo, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all'interpretazione dei data set.

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	4/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

### **3. INDAGINE GEOFISICA MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves)**

L'indagine sismica eseguita è finalizzata alla determinazione del profilo verticale di velocità delle Onde di taglio (Onde S) mediante la metodologia MASW ("Multichannel Analysis of Surface Waves").

Tale metodologia sismica permette, tramite l'acquisizione di registrazioni multicanale delle onde superficiali di Love e Rayleigh generate da masse battenti, di generare un profilo Vs in funzione della profondità.

L'intero processo comprende tre passi successivi:

- a) *acquisizione dei dati di campo delle onde superficiali ("ground roll") mediante idonea strumentazione sismica;*
- b) *costruzione di una curva di dispersione (grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);*
- c) *inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs che descrive la variazione di Vs con la profondità.*

Per ottenere un profilo Vs è necessario produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore.

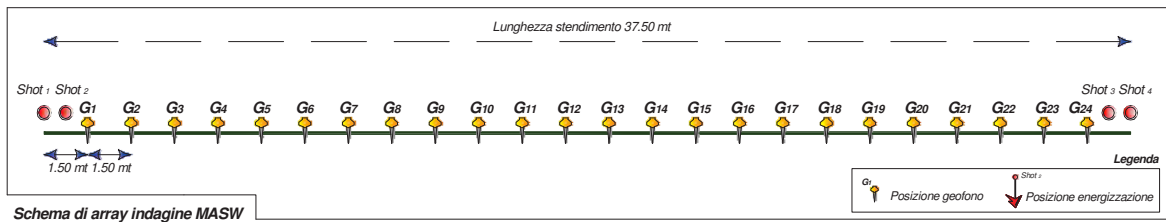
L'inversione della curva di dispersione viene successivamente realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione sperimentale come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura dei minimi quadrati.

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	5/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

**L'acquisizione di campagna è stata condotta mediante sismografo DoReMi a 16 bit, con:**

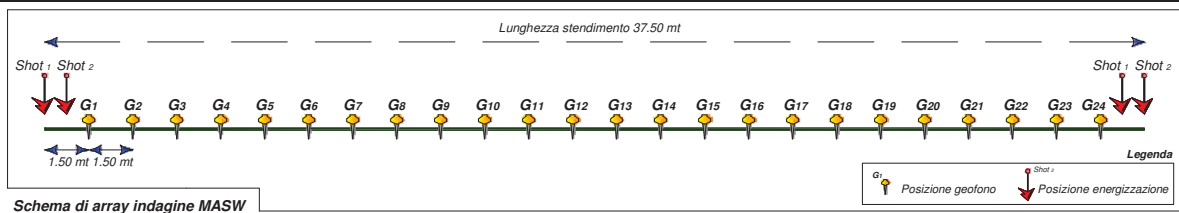
- **24 geofoni orizzontali a 10 Hz, spaziatura intergeofonica 1.50 m, durata di registrazione pari a 2.0 s, frequenza pari a 5000 Hz e periodo 200Us.**

DATI TECNICI INDAGINE MASW - Onde di Love	
STRUMENTAZIONE	<b>Sara Instruments - DoReMi 16 bit, 24 geofoni orizzontali, 10 Hz</b>
GEOMETRIA DELLO STENDIMENTO	Spaziatura intergeofonica <b>1.50 mt (coordinate primo geofono: 1.50 mt)</b>
	Lunghezza array sismico <b>37.50 mt</b>
TIPO DI ENERGIZZAZIONE	<b>Massa battente 10 kg su trave in legno – Energizzazione trasversale allo stendimento</b>
MODALITA' DI ENERGIZZAZIONE	Coordinate Shot n. 1 <b>0.00 mt</b>
	Coordinate Shot n. 2 <b>0.75 mt</b>
	Coordinate Shot n. 3 <b>36.75 mt</b>
	Coordinate Shot n. 4 <b>37.50 mt</b>
MODALITA' DI REGISTRAZIONE	Durata di registrazione <b>2 sec</b>
	Frequenza <b>5000 Hz</b>
	Periodo <b>200 <math>\mu</math>S</b>



- **24 geofoni verticali a 4,5 Hz, spaziatura intergeofonica 1.50 m, durata di registrazione pari a 2.0 s, frequenza pari a 5000 Hz e periodo 200Us.**

DATI TECNICI INDAGINE MASW - Onde di Rayleigh	
STRUMENTAZIONE	<b>Sara Instruments - DoReMi 16 bit, 24 geofoni verticali, 4,5 Hz</b>
GEOMETRIA DELLO STENDIMENTO	Spaziatura intergeofonica <b>1.50 mt (coordinate primo geofono: 1.50 mt)</b>
	Lunghezza array sismico <b>37.50 mt</b>
TIPO DI ENERGIZZAZIONE	<b>Massa battente 10 kg</b>
MODALITA' DI ENERGIZZAZIONE	Coordinate Shot n. 1 <b>0.00 mt</b>
	Coordinate Shot n. 2 <b>0.75 mt</b>
	Coordinate Shot n. 3 <b>36.75 mt</b>
	Coordinate Shot n. 4 <b>37.50 mt</b>
MODALITA' DI REGISTRAZIONE	Durata di registrazione <b>2 sec</b>
	Frequenza <b>5000 Hz</b>
	Periodo <b>200 <math>\mu</math>S</b>



Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
<b>PUCCI GOFFREDO</b>	Sisma 16	01	Maggio 2020	6/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

Relativamente allo stendimento eseguito sono stati prodotti i seguenti elaborati:

- *Registrazione sismica (sismogramma relativo allo stendimento, energizzazione di backward);*
- *Spettro del segnale nel dominio FK con punti di dispersione;*
- *Curva di dispersione teorica nel dominio della frequenza ottenuta sui massimi dello spettro FK;*
- *Profilo di velocità delle onde di taglio (S) con la profondità.*

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	7/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

#### **4. INDAGINE GEOFISICA Re.Mi. (Refraction Microtremor)**

La metodologia passiva di registrazione del rumore ambientale denominata Re.Mi. (*Refraction Microtremor*) consente di determinare la velocità di propagazione nel sottosuolo delle onde S, prevalentemente in aree urbanizzate ed ove è difficoltosa l'operatività con i metodi tradizionali di prospezione sismica a rifrazione. Tale metodologia, utilizzando la stessa strumentazione impiegata per la sismica a rifrazione e non richiedendo la perforazione di sondaggi o particolari condizioni di energizzazione, consente di mantenere i costi entro limiti accettabili nell'ambito delle indagini, rispetto ad altri metodi sismici di superficie, quali le tecniche SASW e MASW.

L'analisi dei microtremori viene effettuata utilizzando le medesime geometrie della prospezione sismica a rifrazione (a geofono singolo) disposta sul terreno con array lineare, da 12 a 48 geofoni; per ottenere una buona risoluzione in termine di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni con bassa frequenza di risonanza (4-14 Hz raccomandati), è indispensabile allungare il tempo di registrazione (15-30s) rispetto alla sismica a rifrazione tradizionale.

Si possono così registrare onde di superficie il cui contenuto in frequenza copre un range da 15-20Hz fino a 1-2 Hz che, in condizioni ottimali, offre una dettagliata ricostruzione dell'andamento delle Vs relativamente ai primi cento metri di profondità.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency" (p-f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentarne lo spettro di potenza su un grafico p-f.

La dipendenza della "profondità di penetrazione" del campo di spostamento dalla lunghezza di onda A è alla base del fenomeno della "dispersione geometrica" che origina la variazione della velocità di fase e di gruppo delle onde di Rayleigh in relazione alla frequenza di eccitazione. Pertanto le onde associate a frequenze diverse si propagano con lunghezza d'onda diversa e risultano fortemente influenzate dall'eterogeneità meccanica del mezzo e ciò provoca una variazione della velocità di fase (ma anche della velocità di gruppo) delle onde in relazione alla frequenza.

I passi del processo di elaborazione sono i seguenti:

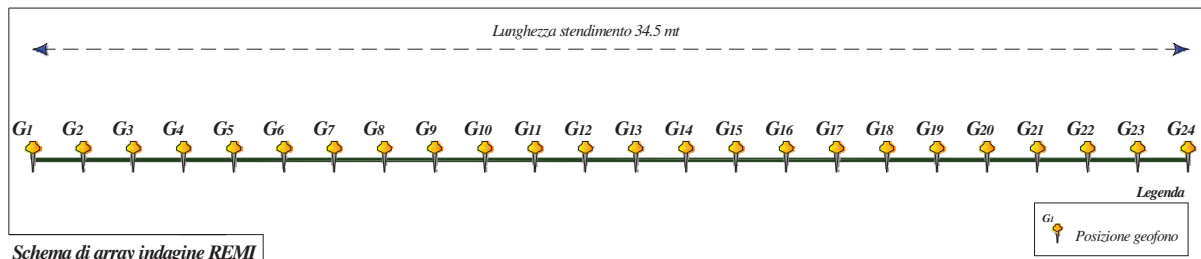
- *trasformazione dei formati dei dati;*
- *preprocessing dei dati;*
- *calcolo della trasformata p-f per ogni record;*
- *picking per la costruzione della curva di dispersione;*
- *calcolo del modello 1D delle Vs mediante inversione della curva di dispersione.*

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	8/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

Le indagini sismiche Re.Mi. sono state eseguite come da planimetria in allegato.

Per l'esecuzione delle misure sperimentali sono state utilizzate le seguenti strumentazioni e procedure operative:

DATI TECNICI INDAGINE REMI	
STRUMENTAZIONE	<b>Sara Instruments - DoReMi 16 bit, 24 geofoni verticali, 4,5 Hz</b>
GEOMETRIA DELLO STENDIMENTO	Spaziatura intergeofonica <b>1.5 mt (coordinate primo geofono: 0.0 mt)</b>
	Lunghezza array sismico <b>34.5 mt</b>
TIPO DI ENERGIZZAZIONE	Rumore ambientale
MODALITA' DI ENERGIZZAZIONE	n° 10 acquisizioni
MODALITA' DI REGISTRAZIONE	Durata delle registrazioni <b>60 sec</b>
	Frequenza <b>500 Hz</b>
	Periodo <b>2 mS</b>

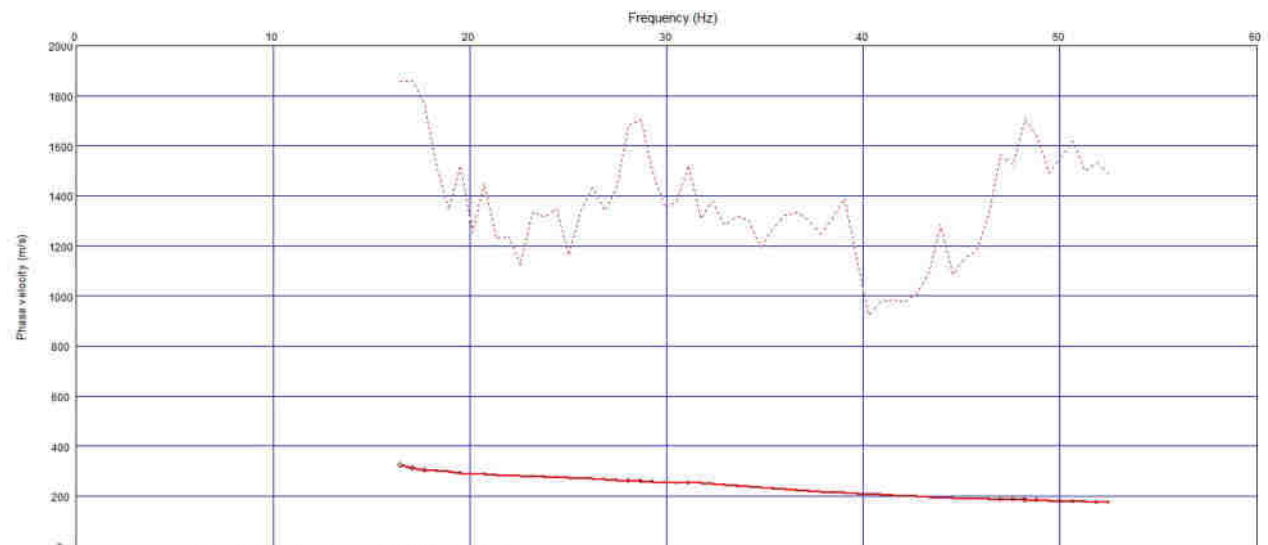
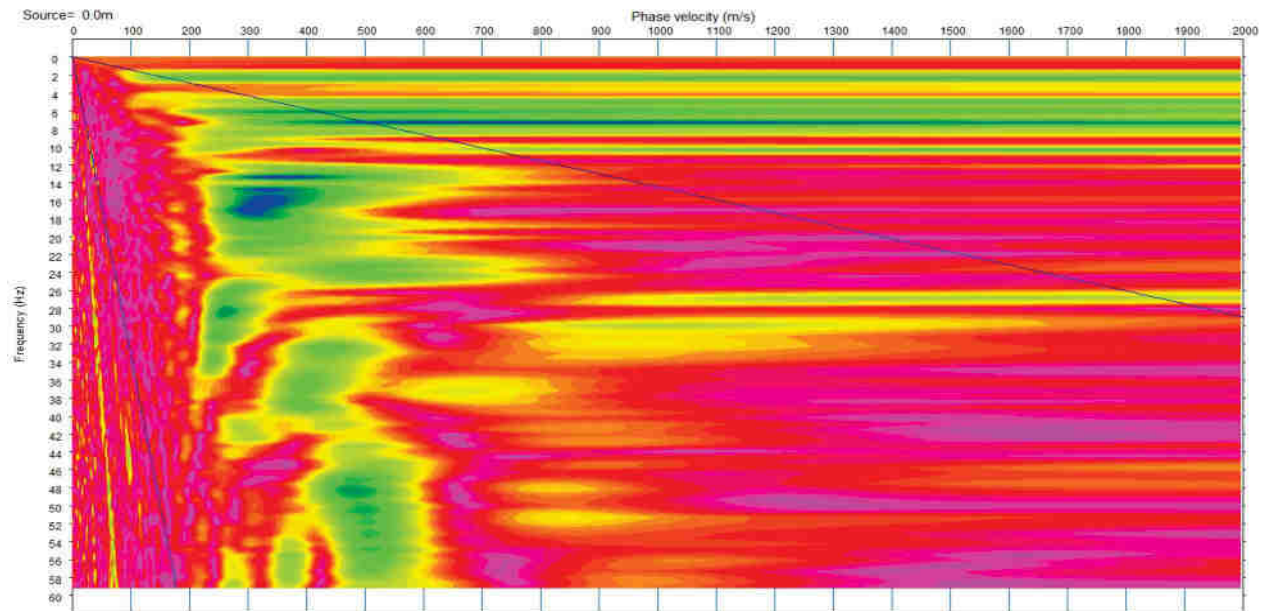
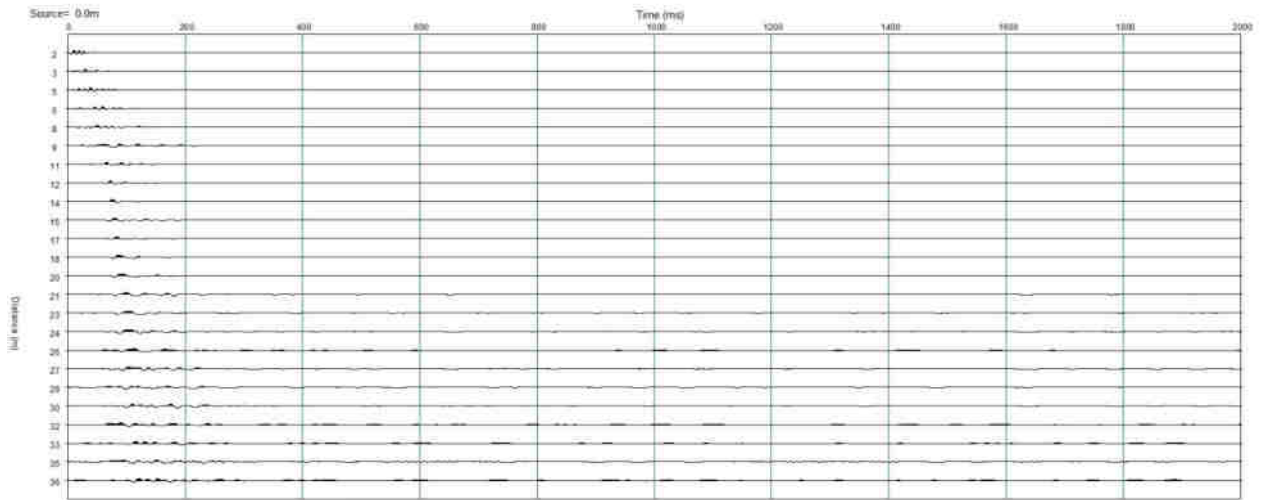


Per ottenere una buona risoluzione della curva di dispersione ed una buona affidabilità del segnale misurato sono state effettuate varie configurazioni spaziali. L'analisi degli spettri in fase d'elaborazione ha indicato che la configurazione spaziale più adatta (anche in funzione dello spazio a disposizione) corrispondeva ad una spaziatura dei geofoni pari a 1.50 m.

L'elaborazione finale è stata eseguita mediante l'interpretazione combinata tra i risultati ottenuti dal metodo MASW e l'indagine Re.Mi..

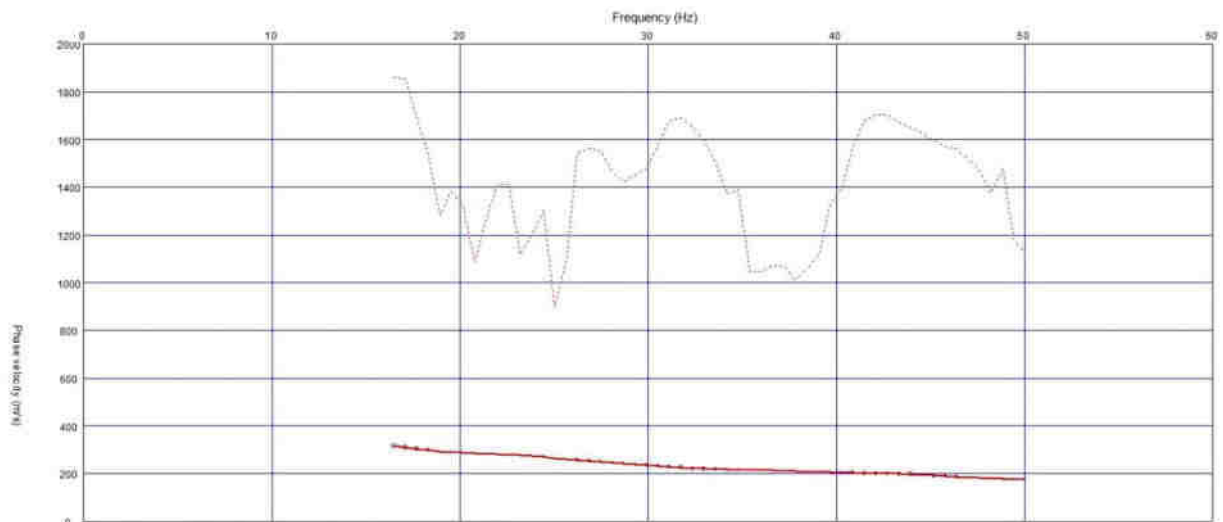
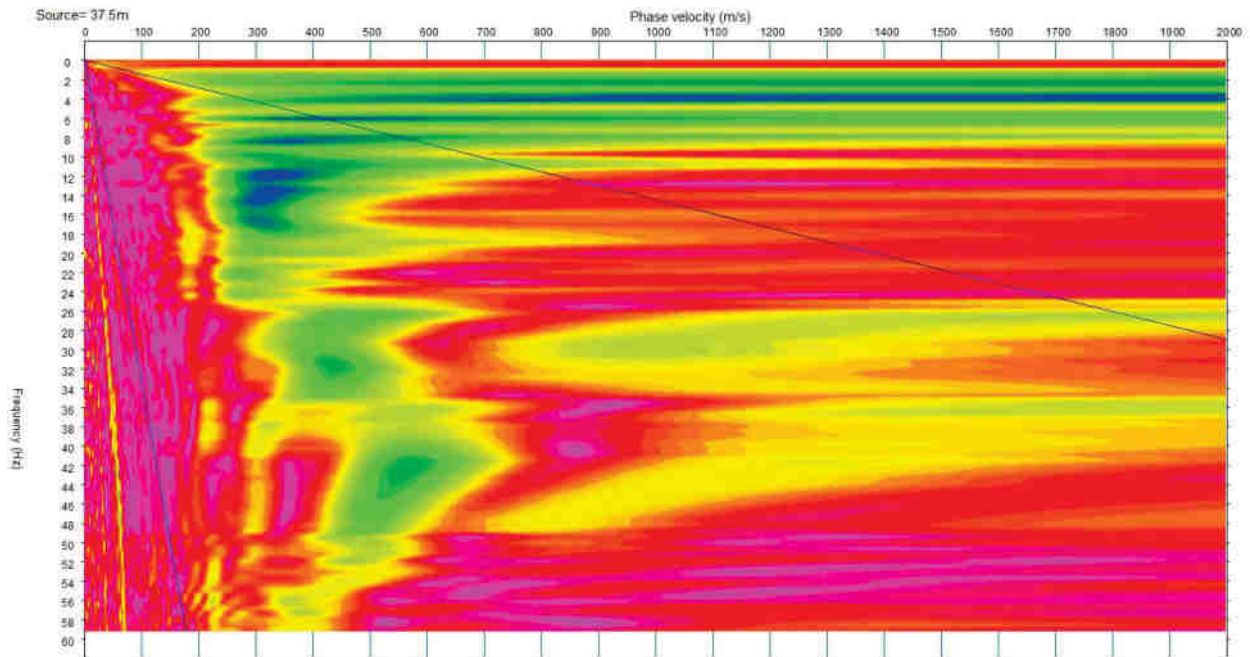
Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	9/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

**Indagine MASW – Onde di Love – Shot Andata**



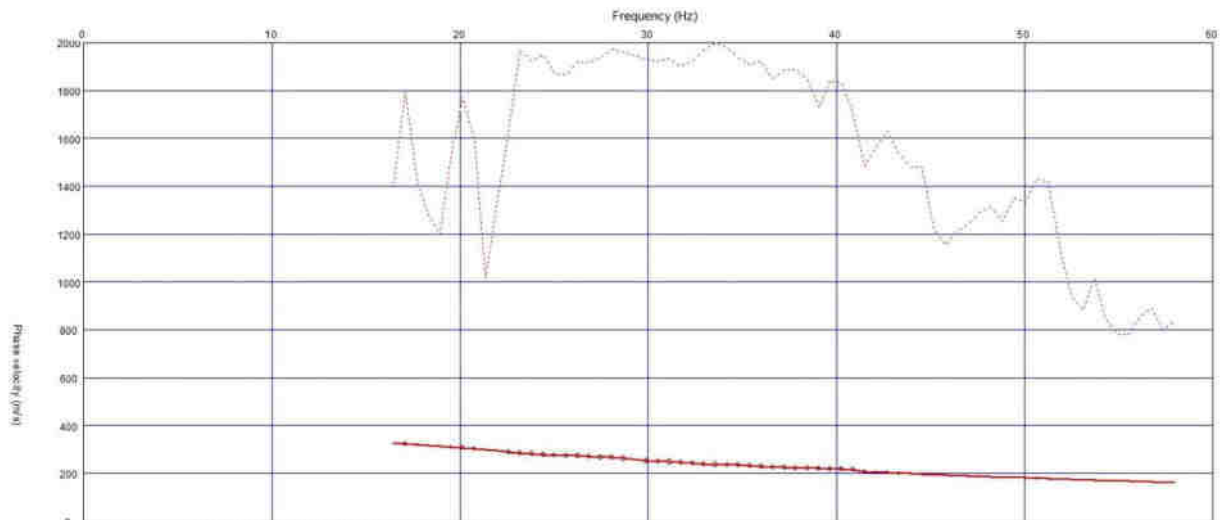
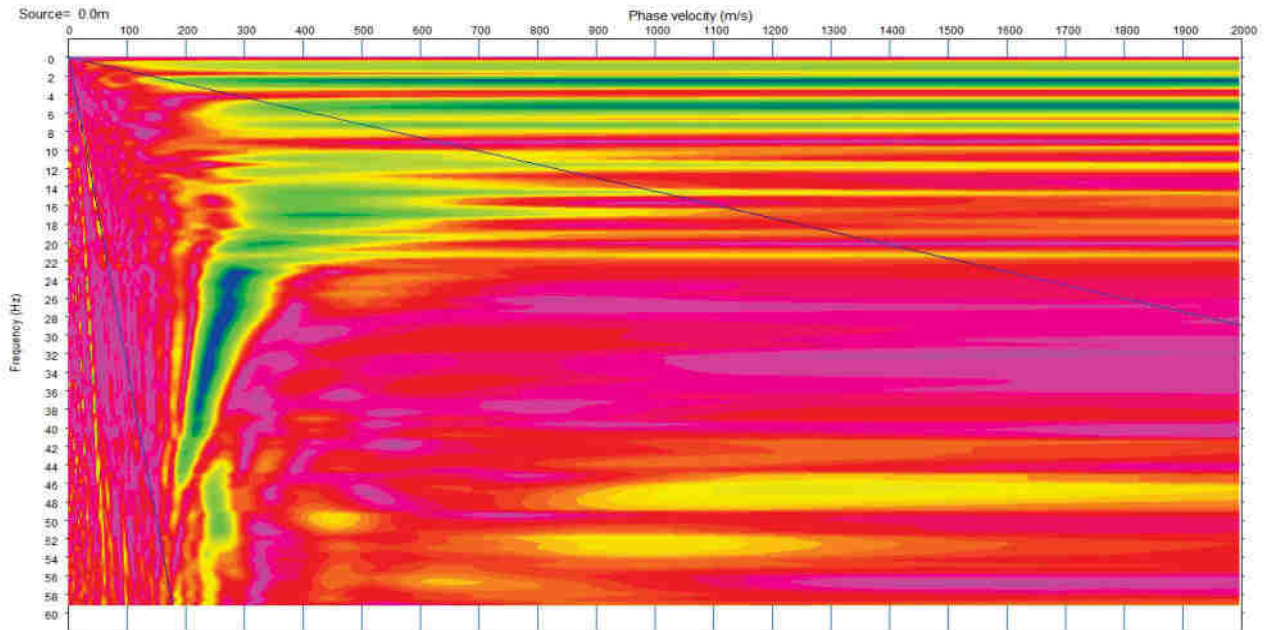
Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	10/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

**Indagine MASW – Onde di Love – Shot Ritorno**



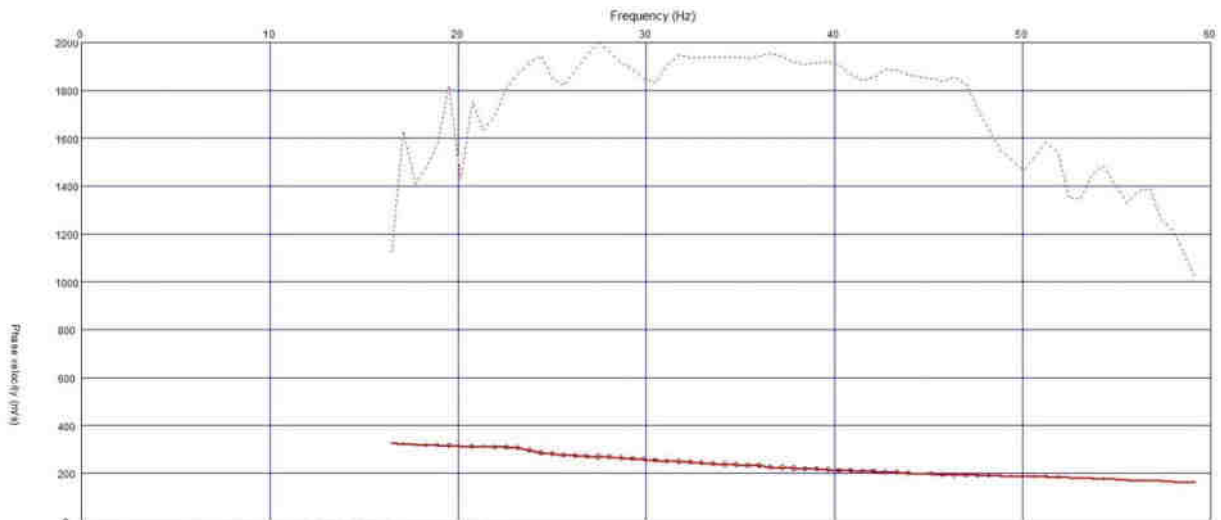
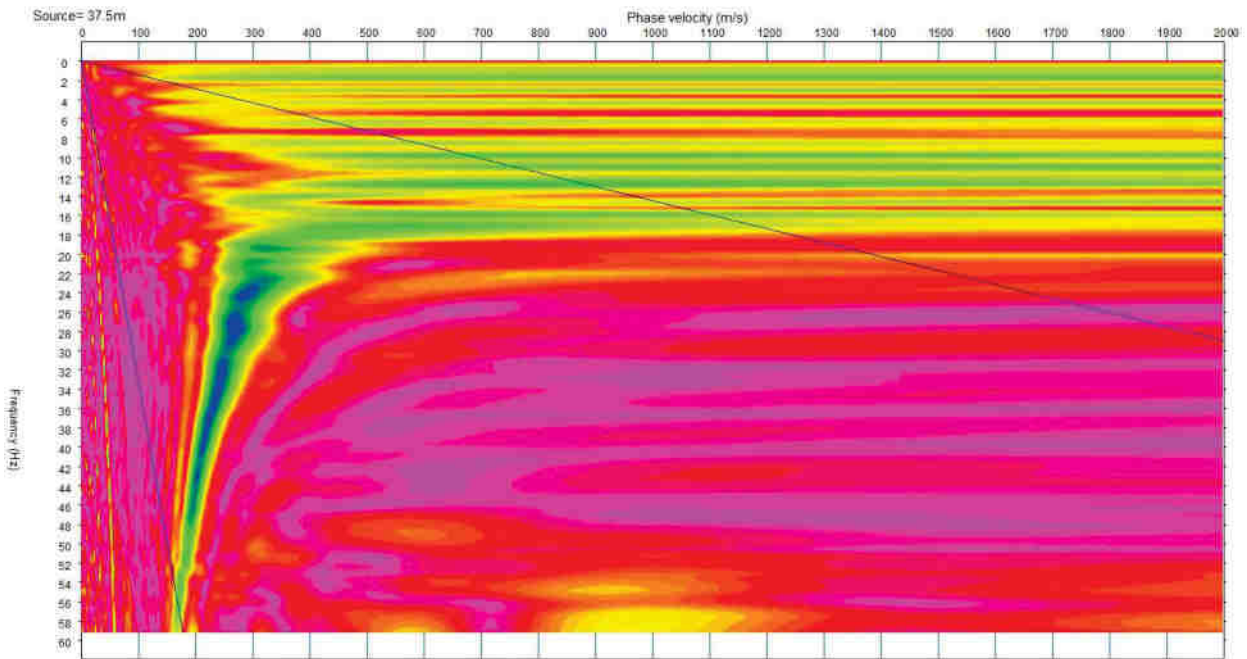
Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	11/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

**Indagine MASW – Onde di Rayleigh – Shot Andata**



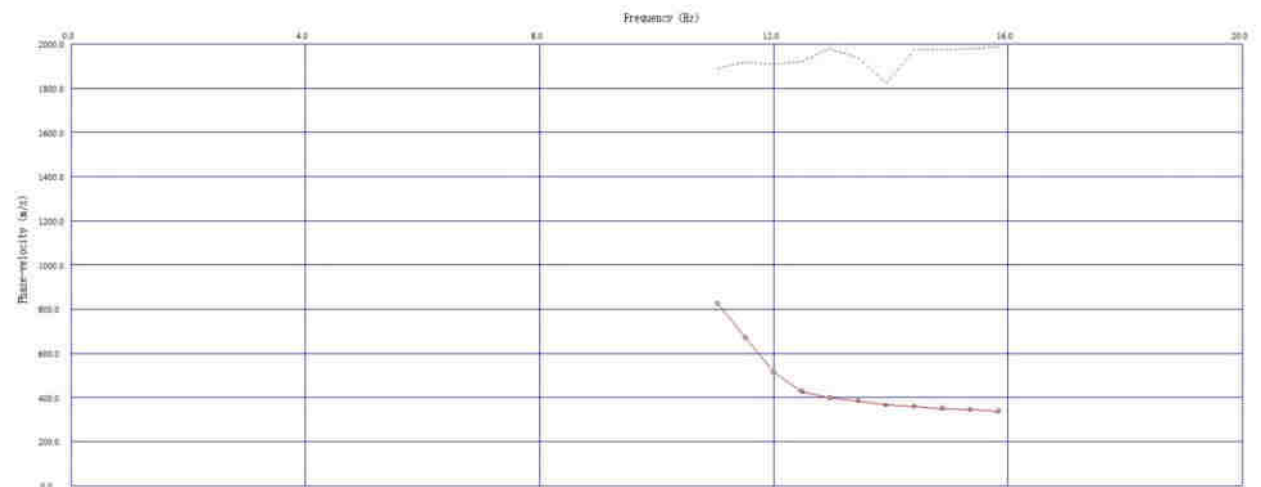
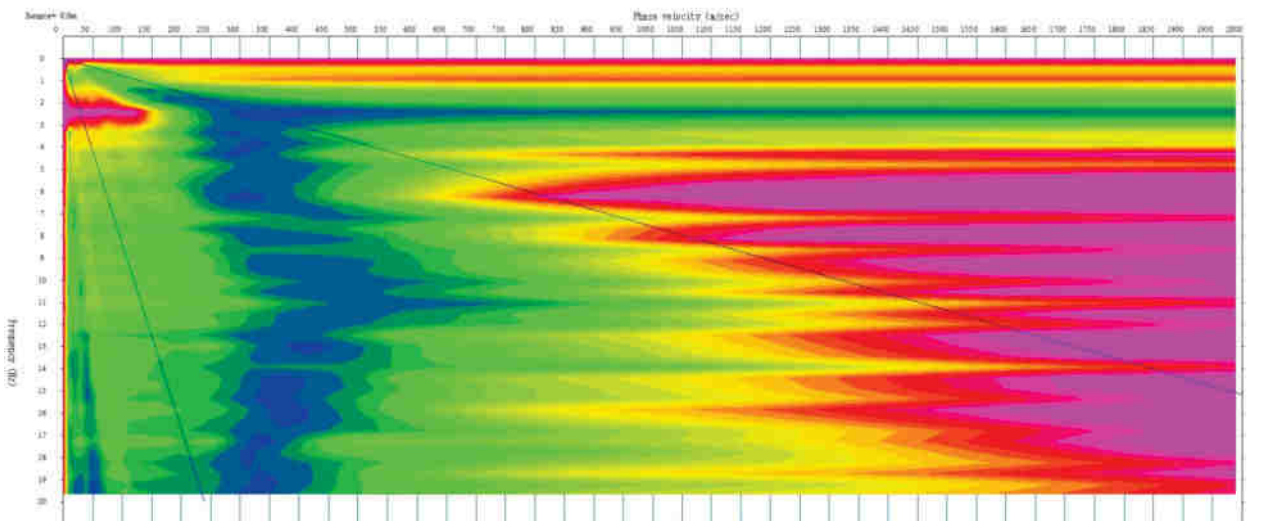
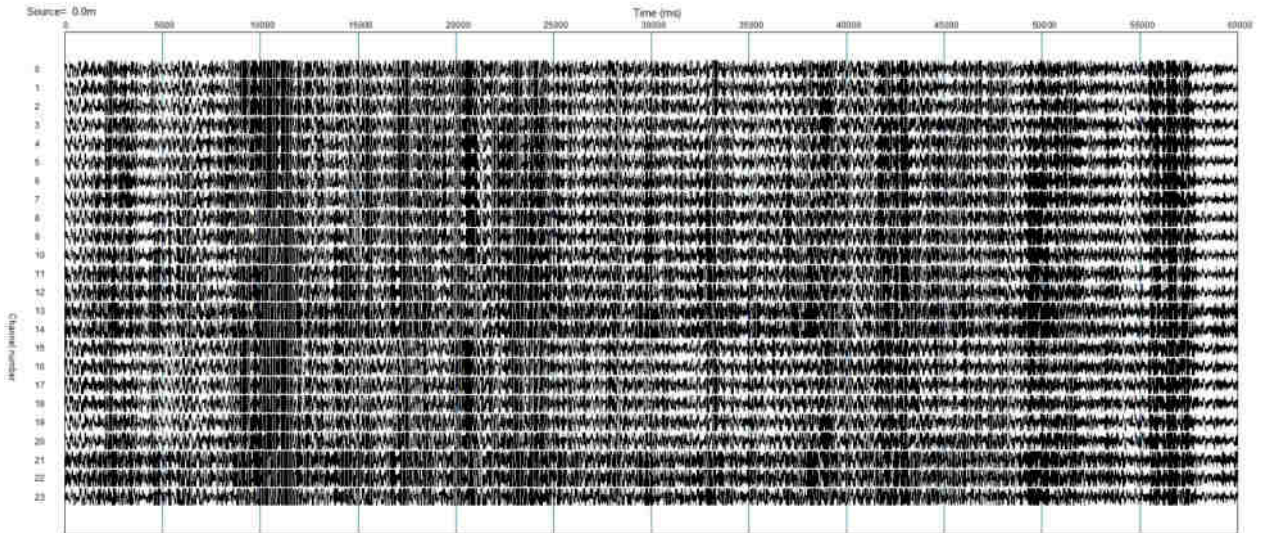
Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	12/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

**Indagine MASW – Onde di Rayleigh – Shot Ritorno**



Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	13/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

**Indagine Re.Mi.**



Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	14/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

<b>COORDINATE ESTREMI ARRAY</b>			GPS - Sistema di rif.: WGS84
<b>Andata</b>	Latitudine: 42.950603	Longitudine: 12.399306	
<b>Ritorno</b>	Latitudine: 42.950263	Longitudine: 12.399185	



Foto 1: Array sismico – onde di Love, geofoni orizzontali 10 HZ

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	15/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			



**Foto 2:** Array sismico – onde di Rayleigh, geofoni verticali 4.5 HZ

#### 4.1.1. Analisi dei risultati

##### 4.1.1.1. Profilo MASW (Shot 1) – Re.Mi.

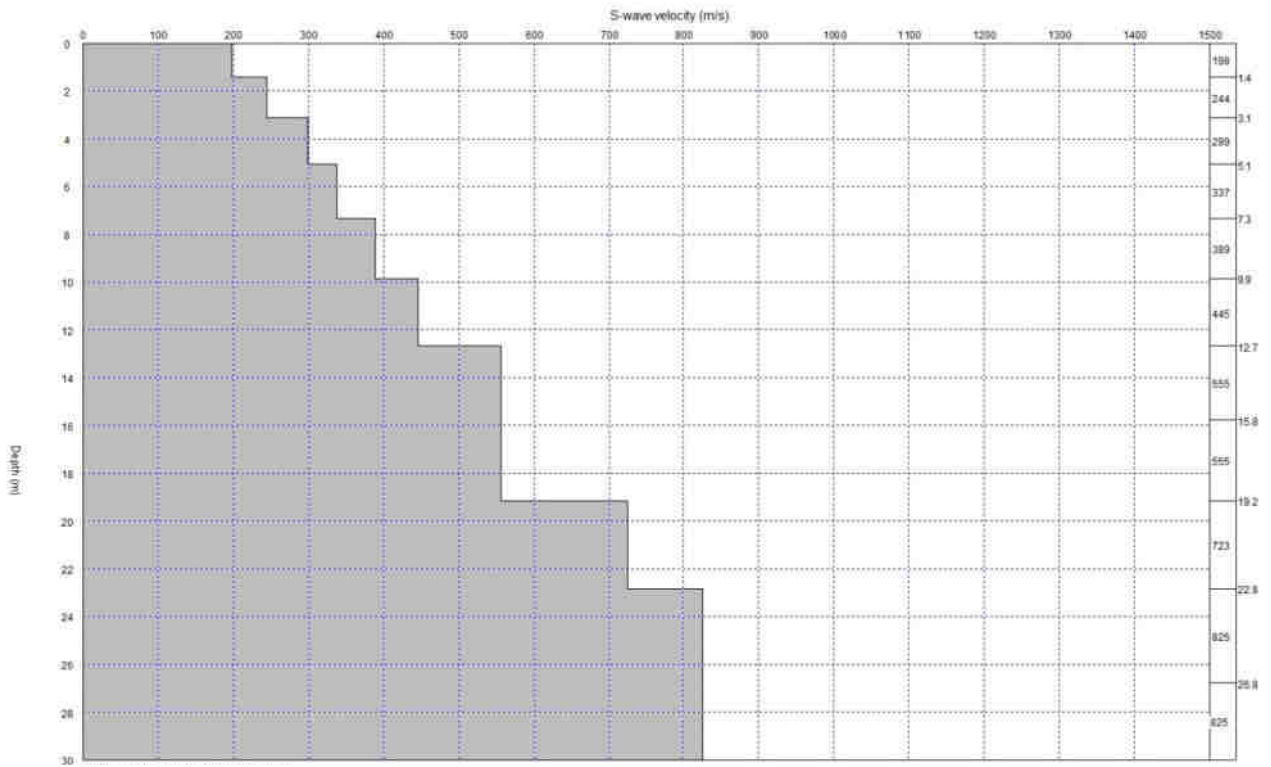
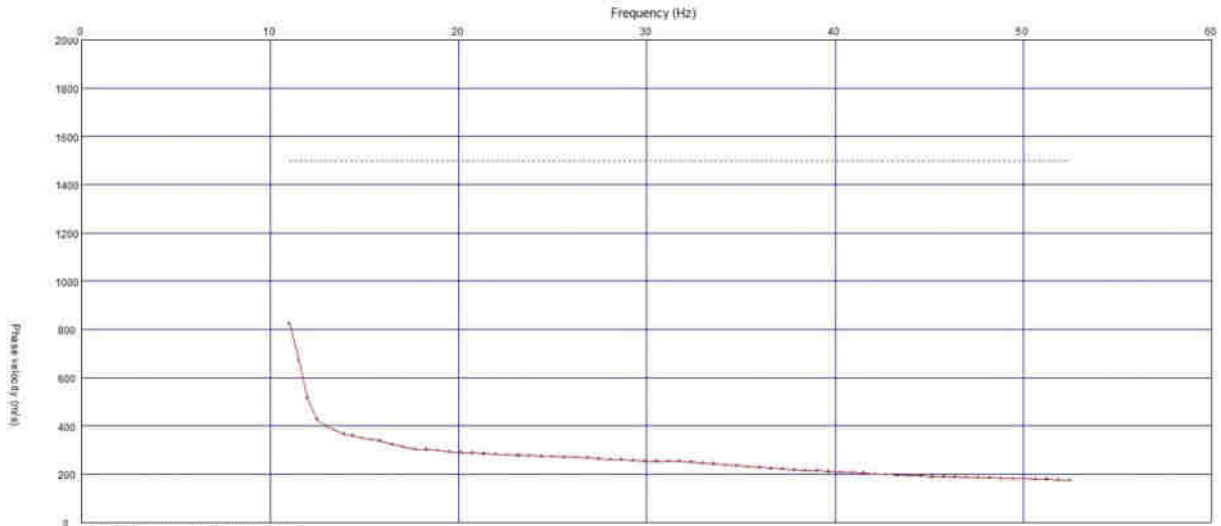
I profili indicano una  $V_{s,eq}$  pari a:

- **401 m/s (Combinata MASW (Shot Andata – Onde di Love) – Re.Mi.)**

L'analisi delle onde superficiali ha riscontrato la presenza di più discontinuità verticali nella distribuzione delle velocità delle onde di taglio.

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	16/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

**Combinata MASW (Shot Andata – Onde di Love) – Re.Mi.**



Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	17/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

## 5. METODO TOMOGRAFIA SISMICA

Il metodo della tomografia sismica è una tecnica di indagine che permette l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse.

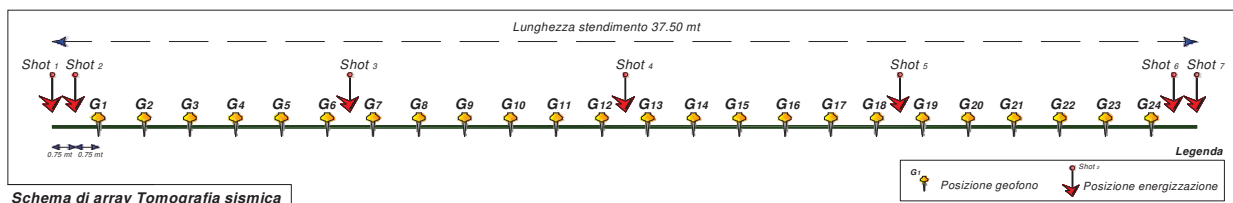
Questa tecnica fornisce l'immagine della distribuzione delle onde sismiche sotto la superficie, basate sui tempi di primo arrivo (come nella normale sismica a rifrazione) e sulla geometria di acquisizione. Si ricostruisce in tal modo un modello di velocità, che può essere migliorato attraverso successive iterazioni: la fase di calcolo si conclude quando si ha la migliore sovrapposizione fra i tempi di primo arrivo calcolati e quelli misurati.

Il processing dei dati prosegue con la fase di inversione tomografica detta *WET (Wavepath Eikonal Traveltime)*, che permette il calcolo delle traiettorie d'onda (*wavepath*) attraverso le soluzioni alle differenze finite dell'equazione che esprime le modalità di propagazione di un'onda in un mezzo isotropo.

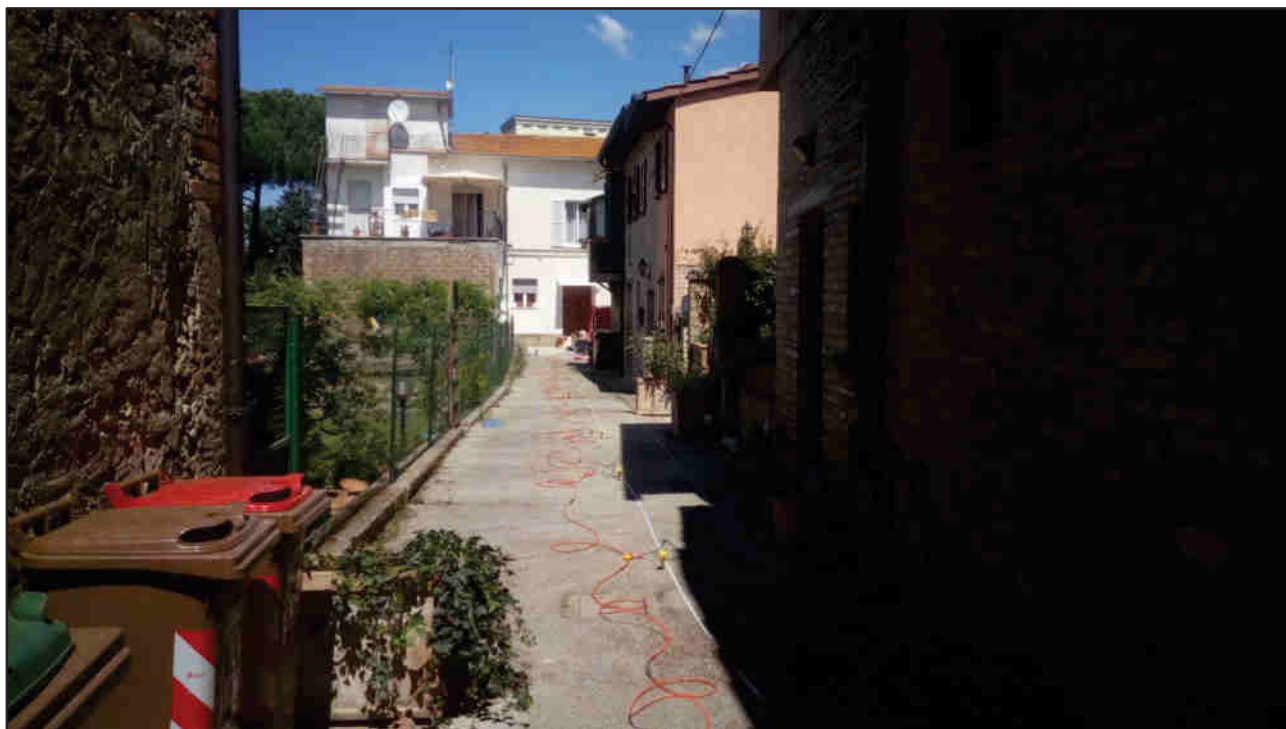
Le tomografie offrono una maggiore discretizzazione delle velocità rispetto alla sismica a rifrazione tradizionale, individuando in genere, per la caratteristica intrinseca dell'algoritmo di calcolo (basato sui gradienti di velocità) spessori diversi di quelli valutati dalla sismica a rifrazione classica.

**L'acquisizione di campagna è stata condotta mediante sismografo DoReMi a 16 bit, con 24 geofoni verticali a 14 Hz, spaziatura intergeofonica 1.50 m, durata di registrazione pari a 2.0 s, frequenza pari a 5000 Hz e periodo 200uS.**

DATI TECNICI INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE - TECNICA TOMOGRAFICA	
STRUMENTAZIONE	Sara Instruments - DoReMi 16 bit, 24 geofoni verticali, 14 Hz
GEOMETRIA DELLO STENDIMENTO	Spaziatura intergeofonica <b>1.5 mt (coordinate primo geofono: 1.5 mt)</b>
	Lunghezza array sismico <b>37.50 mt</b>
TIPO DI ENERGIZZAZIONE	<b>Massa battente 10 kg su piattello orizzontale in alluminio</b>
MODALITA' DI ENERGIZZAZIONE	Coordinate Shot n. 1 <b>0.0 mt</b>
	Coordinate Shot n. 2 <b>0.75 mt</b>
	Coordinate Shot n. 3 <b>9.75 mt</b>
	Coordinate Shot n. 4 <b>18.75 mt</b>
	Coordinate Shot n. 5 <b>27.75 mt</b>
	Coordinate Shot n. 6 <b>36.75 mt</b>
	Coordinate Shot n. 7 <b>37.50 mt</b>
MODALITA' DI REGISTRAZIONE	Durata di registrazione <b>2 sec</b>
	Frequenza <b>5000 Hz</b>
	Periodo <b>200 uS</b>



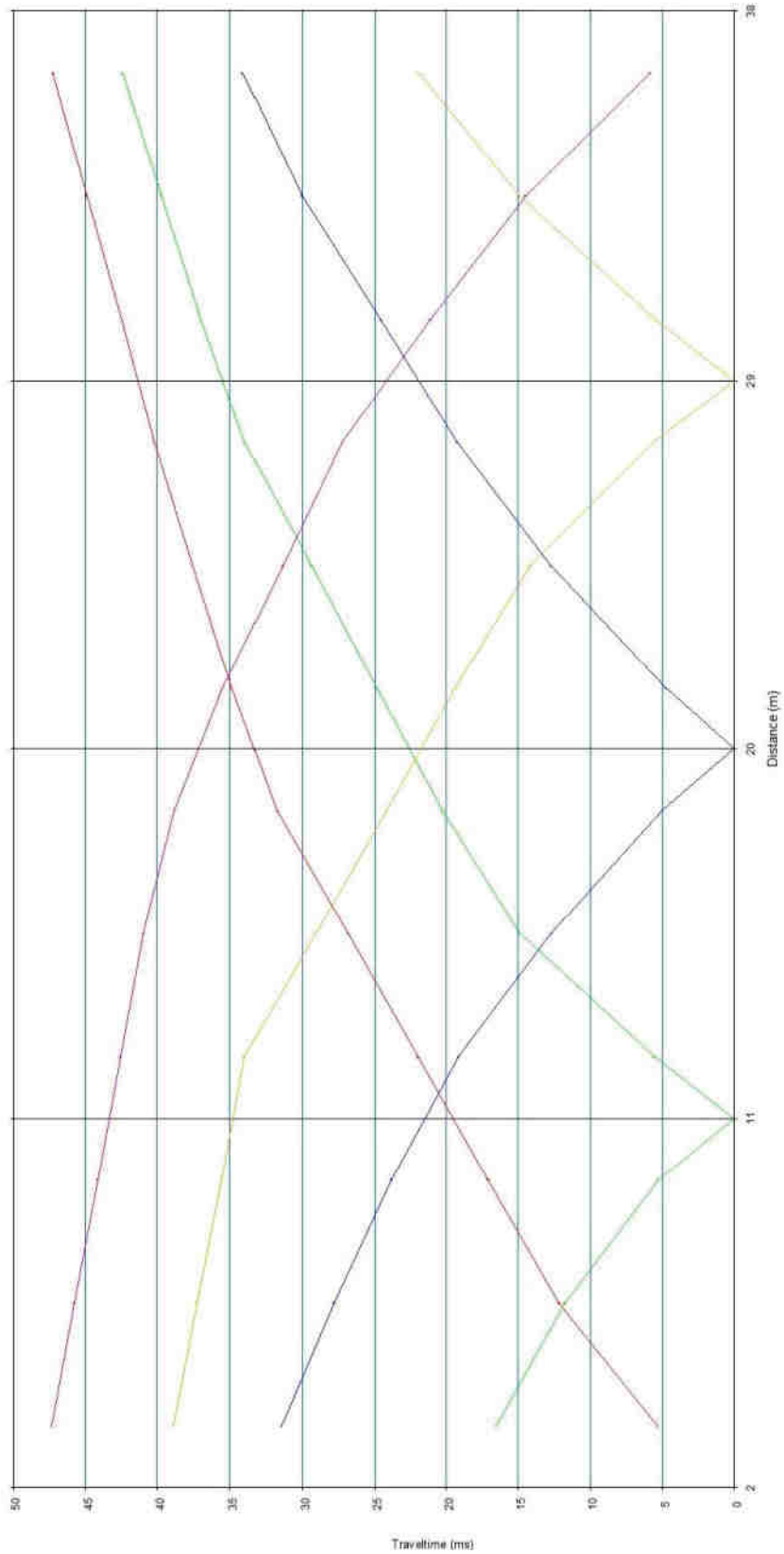
Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	18/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			



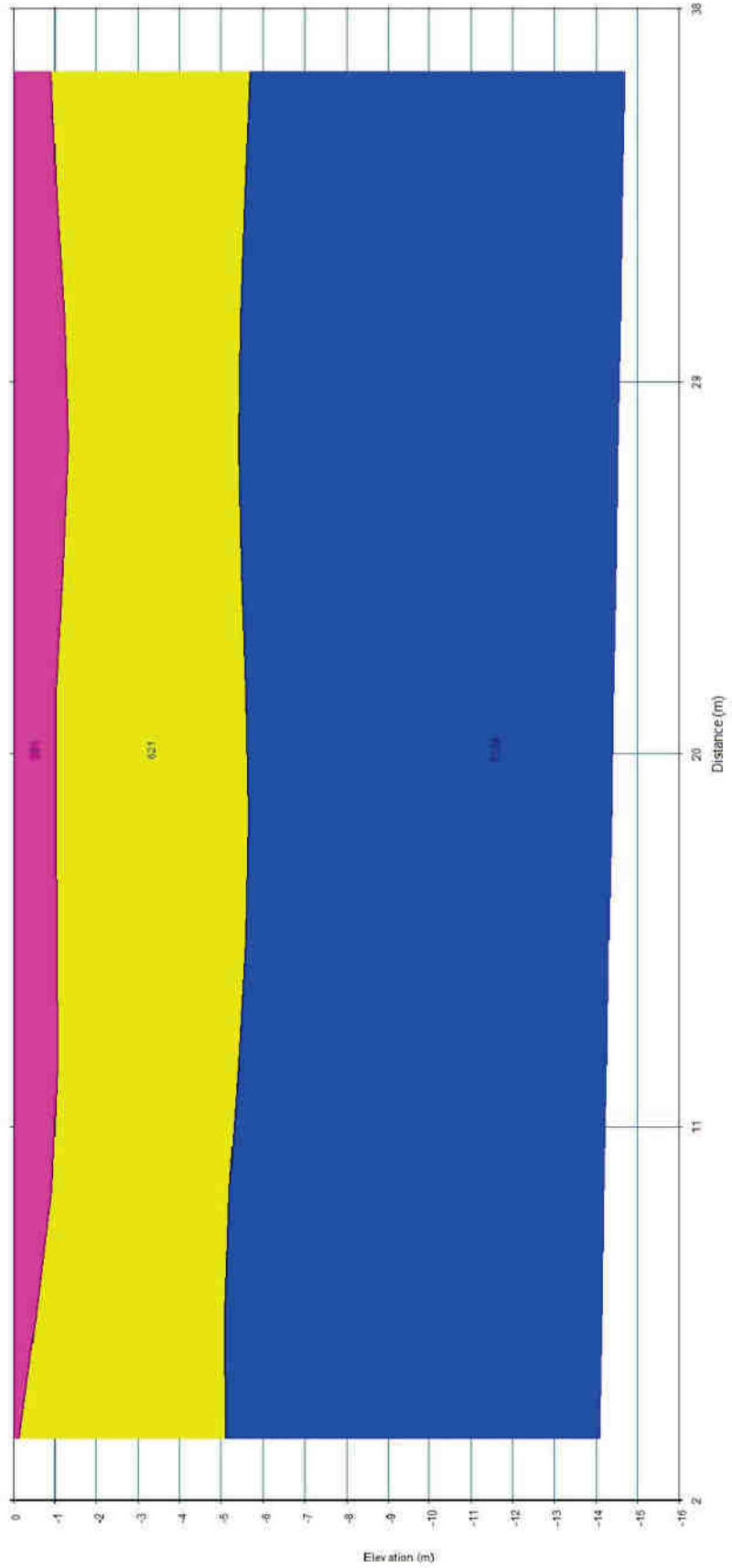
**Foto 3:** Array sismico – onde P, geofoni verticali 14 HZ

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	19/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

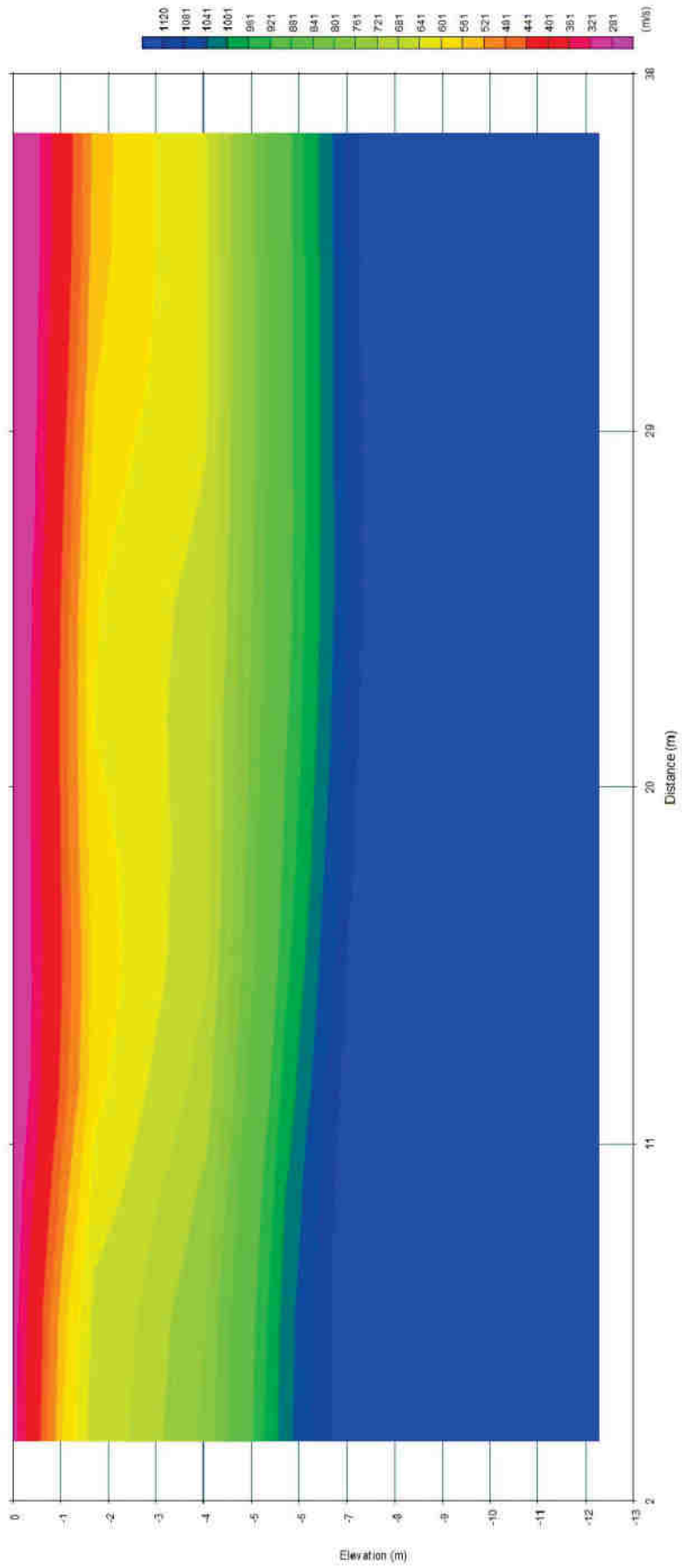
**Tomografia sismica**



Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	20/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			



Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	21/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			



Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	22/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

## 6. INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

### 6.1. Caratterizzazione dinamica del suolo – HVSR

#### 6.1.1. Scopo dell'indagine

Le indagini svolte hanno permesso di caratterizzare il sito mediante la definizione dello spettro di frequenza maggiormente significativo.

In particolare sono definite le frequenze di sito ( $f_0$  = frequenza fondamentale) e le frequenze coalescenti ( $f_1, f_2, f_n$ ) che sono legate alle variazioni stratigrafiche secondarie.

Scopo della definizione della frequenza di sito risiede nel definire la frequenza per la quale il terreno può subire effetto di amplificazione sismica per azione di risonanza legato alla variazione stratigrafica di maggior significato. Tale frequenza risulta quella da escludere in fase di progettazione di opere edili laddove ricada nell'ambito energetico critico dello spettrogramma di progetto definito nel D.M. 17.01.2018.

#### 6.1.2. Strumentazione di misura e metodo d'analisi

La strumentazione adottata per la misura della frequenza di sito è costituita da una terna di velocimetri, con frequenza propria nominale di 0.5 Hz, associati ad un digitalizzatore a 24bit e frequenza di campionamento a 250 Hz. La misura di microtremore ambientale è stata effettuata per mezzo del registratore sismico *Sara SS45 – geobox*.

La misura ha visto tre registrazioni protratte per 15' per ciascuna delle due stazioni, sì da permettere una acquisizione del segnale utile fino a frequenze di 0.01Hz.

A seguito di un post processing che ha definito le frequenze di risonanza tipiche per ciascuna componente cartesiana (X,Y,Z con X = Nord), è stato possibile svolgere un rapporto spettrale evidenziando quindi la frequenza maggiormente significativa (frequenza di sito  $f_0$ ).

<b>DATI TECNICI INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA HVSR</b>		
<i>STRUMENTAZIONE</i>	<i>Sara Instruments – SS 45 - geobox</i>	
	<i>Digitalizzatore 24 bit</i>	
<b>HVSR 1</b> <i>MODALITA' DI REGISTRAZIONE</i>	<i>Durata di registrazione</i>	<i>15 min</i>
	<i>Numero di registrazioni</i>	<i>3</i>
	<i>High pass filter</i>	<b><i>0.01 Hz</i></b>
	<i>Baud rate</i>	<b><i>115200</i></b>
	<i>Sample per second</i>	<b><i>400</i></b>
<b>HVSR 2</b> <i>MODALITA' DI REGISTRAZIONE</i>	<i>Durata di registrazione</i>	<i>15 min</i>
	<i>Numero di registrazioni</i>	<i>3</i>
	<i>High pass filter</i>	<b><i>0.01 Hz</i></b>
	<i>Baud rate</i>	<b><i>115200</i></b>
	<i>Sample per second</i>	<b><i>400</i></b>

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	23/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

## 6.2. Analisi dei risultati

### 6.3. HVSR 1

COORDINATE HVSR 1		GPS - Sistema di rif.: WGS84
HVSR 1	Latitudine: 42.950579	Longitudine: 12.399449

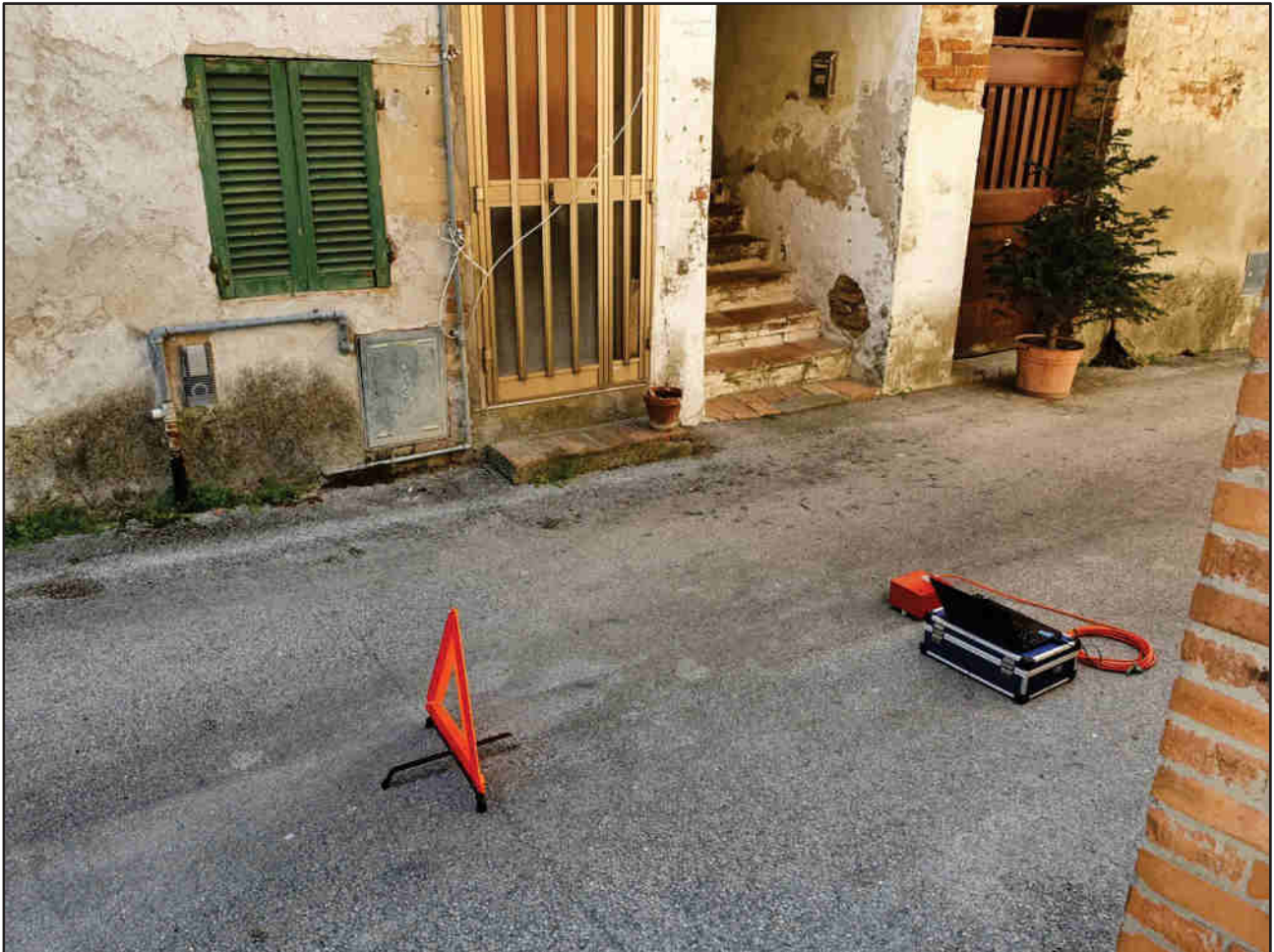


Foto 4: HVSR 1

HVSR 1 ANALYSIS	
<b>Tapering:</b>	Enabled (Bandwidth = 5%)
<b>Smoothing:</b>	Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	24/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

RIFERIMENTO ARCHIVIO:	SITO: <i>Casalina - Deruta</i>	ORA: <i>12:52:35</i>
OPERATORE: <i>Dott. Geol. Federico Gioacchino Uccellani</i>	GPS - Sistema di rif.: <i>WGS 84</i>	
LATITUDINE: <i>42.950579</i>	LONGITUDINE: <i>12.399449</i>	ALTITUDINE: <i>- m</i>

TIPO DI STAZIONE <i>HVSR stazione singola</i>	TIPO DI SENSORE <i>Sara SS45 – geobox</i>	NOTE VARIE:
STAZIONE	REGISTRAZIONE	
1	1	

NOME DEL FILE: <i>Pucci Goffredo 1</i>	PUNTO:
SAMPLE PER SECOND: <i>400</i>	DURATA ACQUISIZIONE (s): <i>900</i>

CONDIZIONI METEO	VENTO <input checked="" type="checkbox"/> assente <input type="checkbox"/> debole (<5 m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte
	PIOGGIA <input checked="" type="checkbox"/> assente <input type="checkbox"/> debole <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte
	Temperatura (°C): <i>15</i> Note:
TIPO SUOLO	<input type="checkbox"/> argille <input type="checkbox"/> sabbie <input type="checkbox"/> ghiaie <input type="checkbox"/> roccia <input type="checkbox"/> erba
	<input checked="" type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> pavimentazione altro
	<input type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Note:

ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE-TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo
---	--

PRESENZA EDIFICI	<input type="checkbox"/> nessuno <input type="checkbox"/> rari <input checked="" type="checkbox"/> molti <input type="checkbox"/> altro, tipo
------------------	---

TRANSIENTI	nessuno	pochi	moderati	molti	moltissimi	direzione /distanza (mt.)	SORGENTI RUMORE MONOCROMATICO (pompe, industrie, ecc.) <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si – TIPO:
auto	X						STRUTTURE NELLE VICINANZE (alberi, infrastrutture, ponti, ecc.) Descrizione, altezza e distanza:
camion	X						
pedoni	X						
altro	X						

## SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2020/04/27 12:52:35

Recording length: 15 min

Windows count: 12

Average windows length: 30

Signal coverage: 40%

82293 Counts

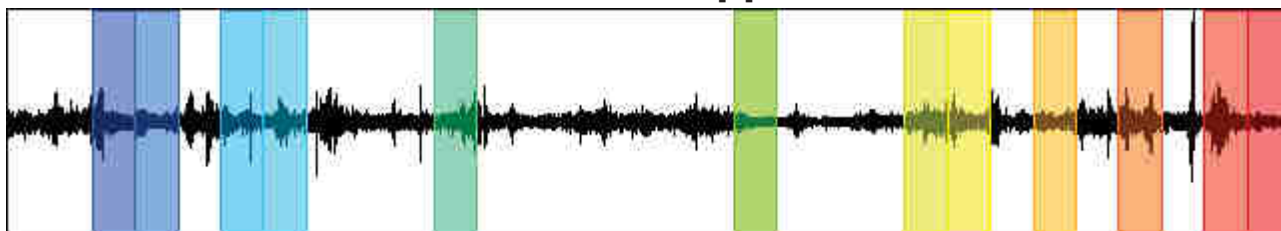
CHANNEL #1 [V]



-96459 Counts

33849 Counts

CHANNEL #2 [N]



-18368 Counts

37545 Counts

CHANNEL #3 [E]



-37579 Counts

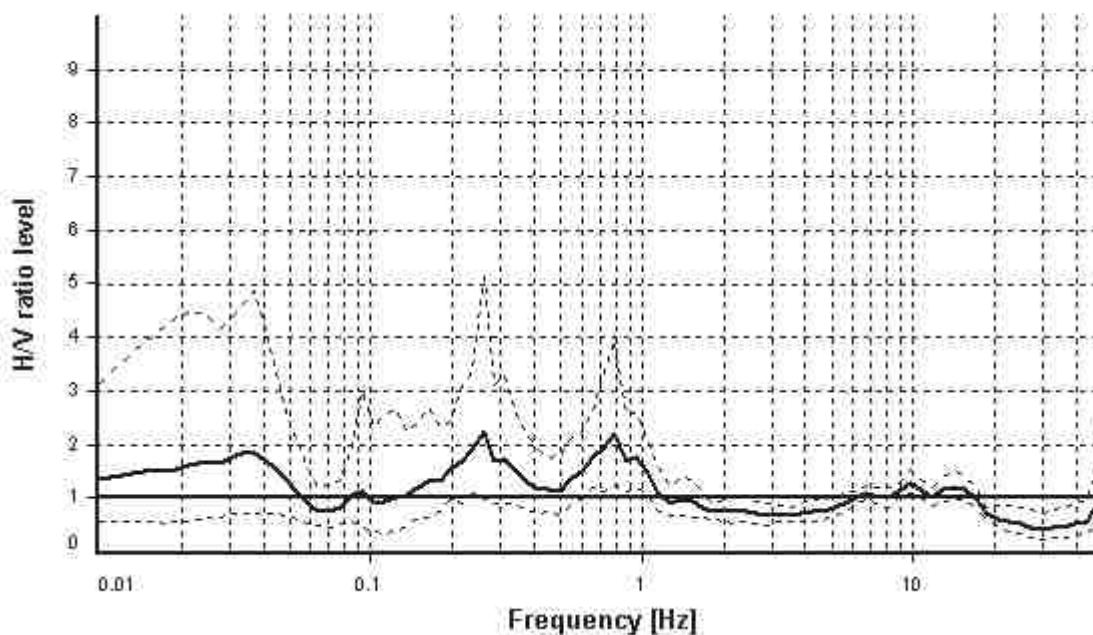
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 5%)

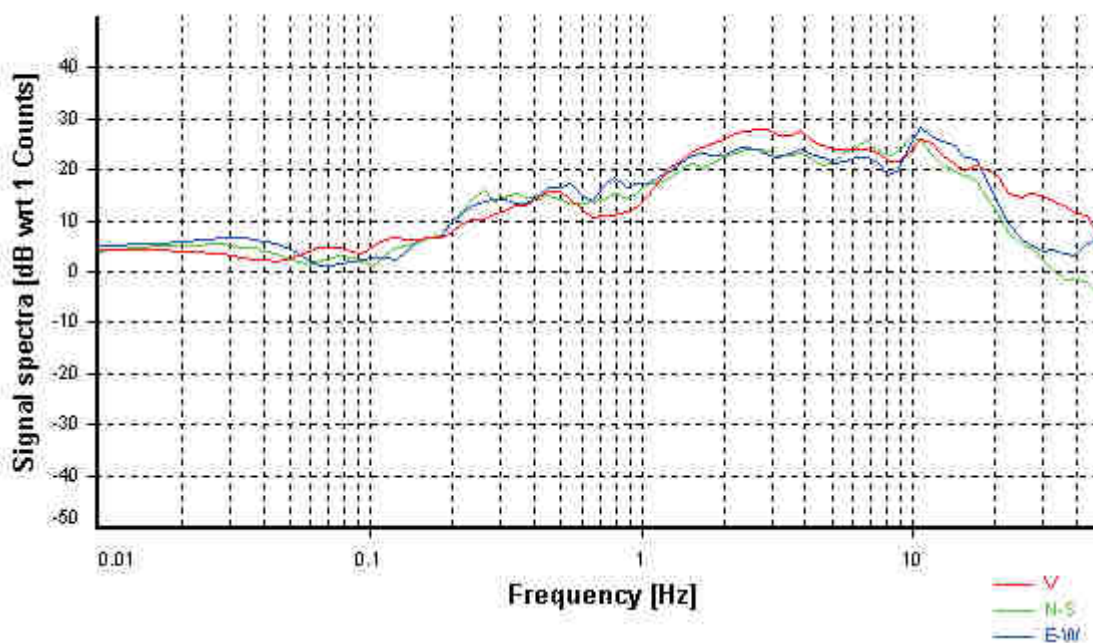
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

*Instrumental correction:* Disabled

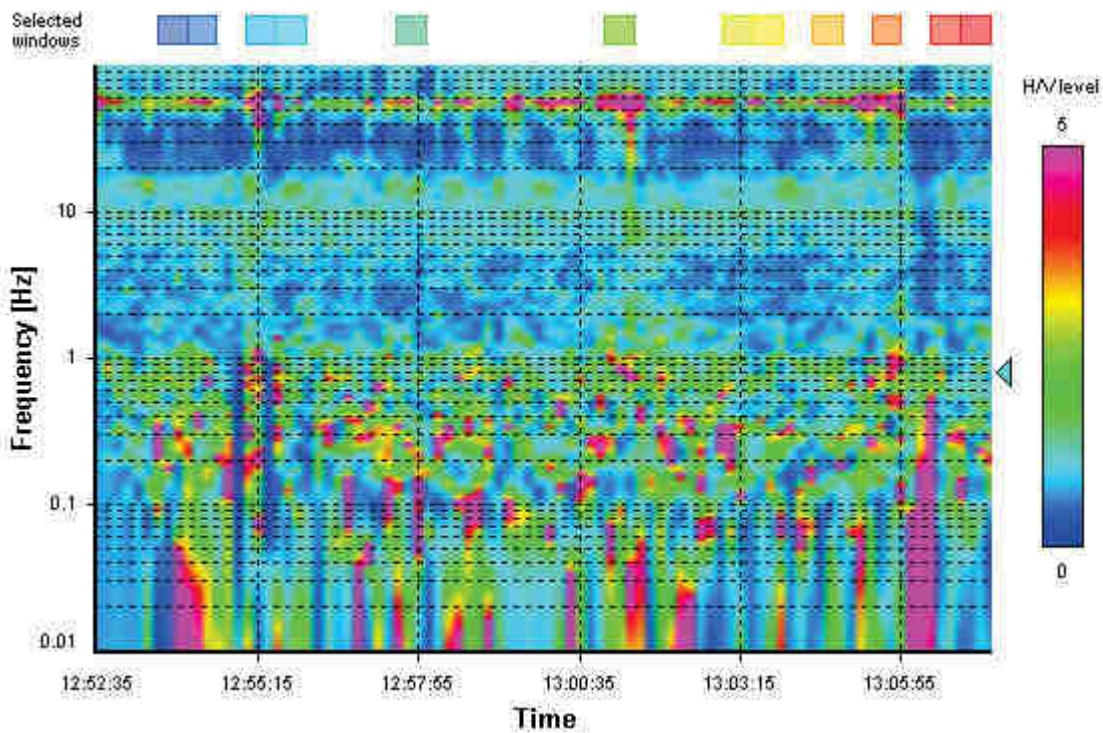
### HVSR average



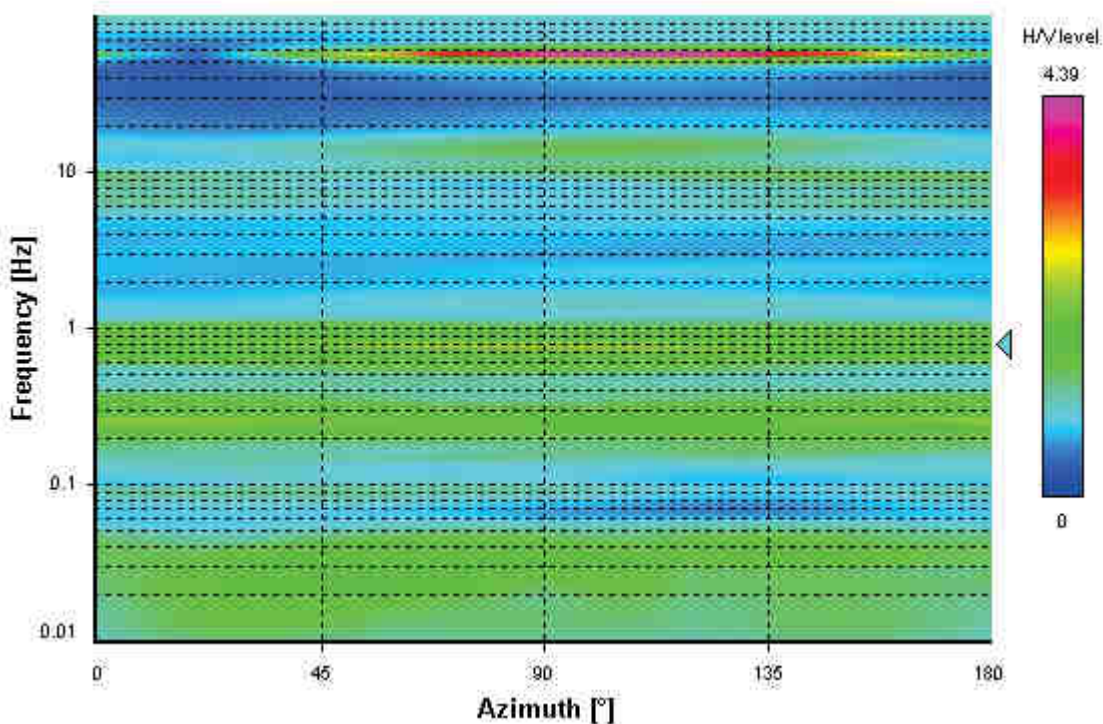
### Signal spectra average



### HVSR time-frequency analysis (10 seconds windows)



### HVSR directional analysis



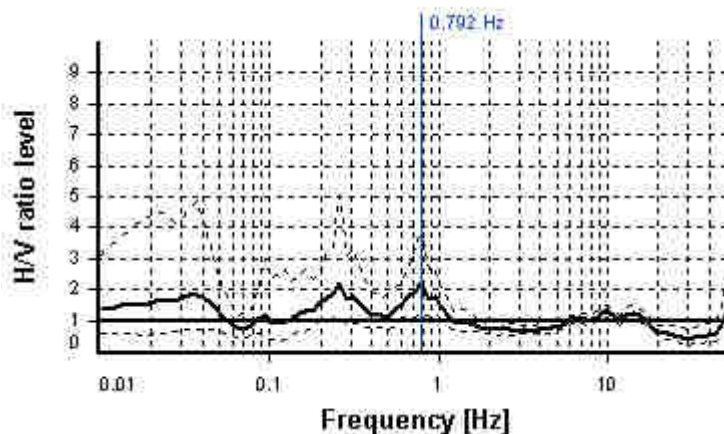
## SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**

*0.792 Hz*

**$A_0$  amplitude = 2.215**

**Average  $f_0 = 0.786 \pm 0.150$**



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	12 valid windows (length > 12.62 s) out of 12	OK
$n_c(f_0) > 200$	285.29 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 15	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.4977 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.14976 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.22 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.15007 >= 0.11887	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.77844 < 2	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	29/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

RIFERIMENTO ARCHIVIO:	SITO: <i>Casalina - Deruta</i>	ORA: <i>13:10:25</i>
OPERATORE: <i>Dott. Geol. Federico Gioacchino Uccellani</i>	GPS - Sistema di rif.: <i>WGS 84</i>	
LATITUDINE: <i>42.950579</i>	LONGITUDINE: <i>12.399449</i>	ALTITUDINE: <i>- m</i>

TIPO DI STAZIONE <i>HVSR stazione singola</i>	TIPO DI SENSORE <i>Sara SS45 – geobox</i>	NOTE VARIE:
STAZIONE	REGISTRAZIONE	
1	2	

NOME DEL FILE: <i>Pucci Goffredo 1_2</i>	PUNTO:
SAMPLE PER SECOND: <i>400</i>	DURATA ACQUISIZIONE (s): <i>900</i>

CONDIZIONI METEO	VENTO	<input checked="" type="checkbox"/> assente	<input type="checkbox"/> debole (<5 m/s)	<input type="checkbox"/> medio	<input type="checkbox"/> forte
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> assente	<input type="checkbox"/> debole	<input type="checkbox"/> medio	<input type="checkbox"/> forte
	Temperatura (°C): <i>15</i>		Note:		

TIPO SUOLO	<input type="checkbox"/> argille	<input type="checkbox"/> sabbie	<input type="checkbox"/> ghiaie	<input type="checkbox"/> roccia	<input type="checkbox"/> erba
	<input checked="" type="checkbox"/> asfalto	<input type="checkbox"/> cemento	<input type="checkbox"/> pavimentazione	altro	
	<input type="checkbox"/> terreno asciutto	<input type="checkbox"/> terreno bagnato	Note:		

ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE-TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> si, tipo
---	--	-----------------------------------

PRESENZA EDIFICI	<input type="checkbox"/> nessuno	<input type="checkbox"/> rari	<input checked="" type="checkbox"/> molti	altro, tipo
------------------	----------------------------------	-------------------------------	---	-------------

TRANSIENTI	nessuno	pochi	moderati	molti	moltissimi	direzione /distanza (mt.)	SORGENTI RUMORE MONOCROMATICO (pompe, industrie, ecc.)
							<input checked="" type="checkbox"/> no
auto	X						STRUTTURE NELLE VICINANZE (alberi, infrastrutture, ponti, ecc.) Descrizione, altezza e distanza:
camion	X						
pedoni	X						
altro	X						

## SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2020/04/27 13:10:25

Recording length: 15 min

Windows count: 15

Average windows length: 30

Signal coverage: 50%

100599 Counts

CHANNEL #1 [V]



-128905 Counts

17205 Counts

CHANNEL #2 [N]



-18834 Counts

52360 Counts

CHANNEL #3 [E]



-47477 Counts

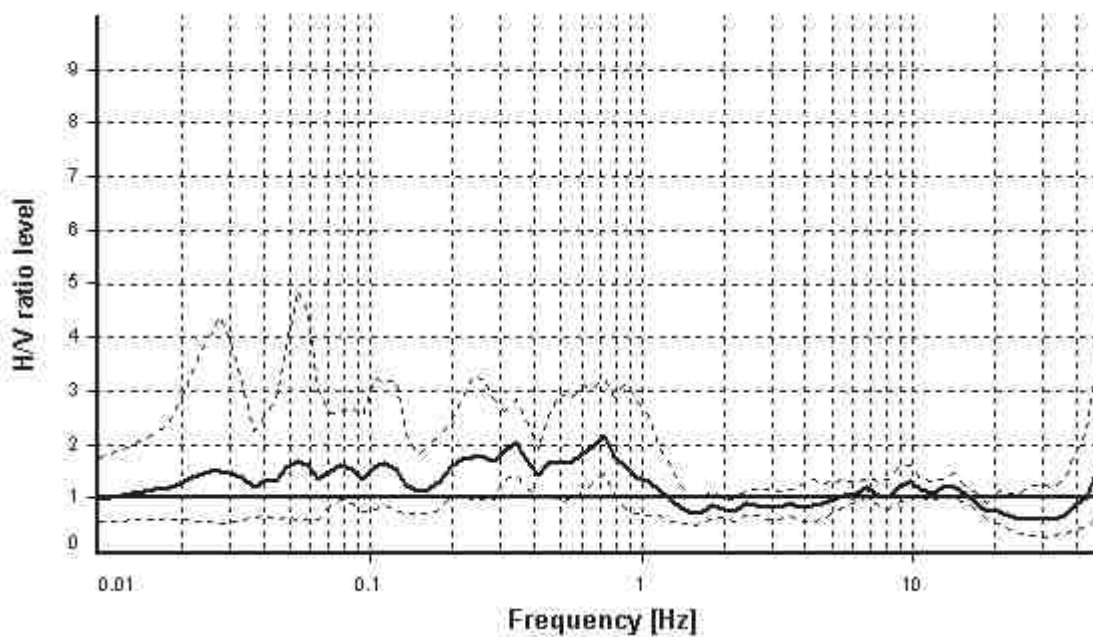
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 5%)

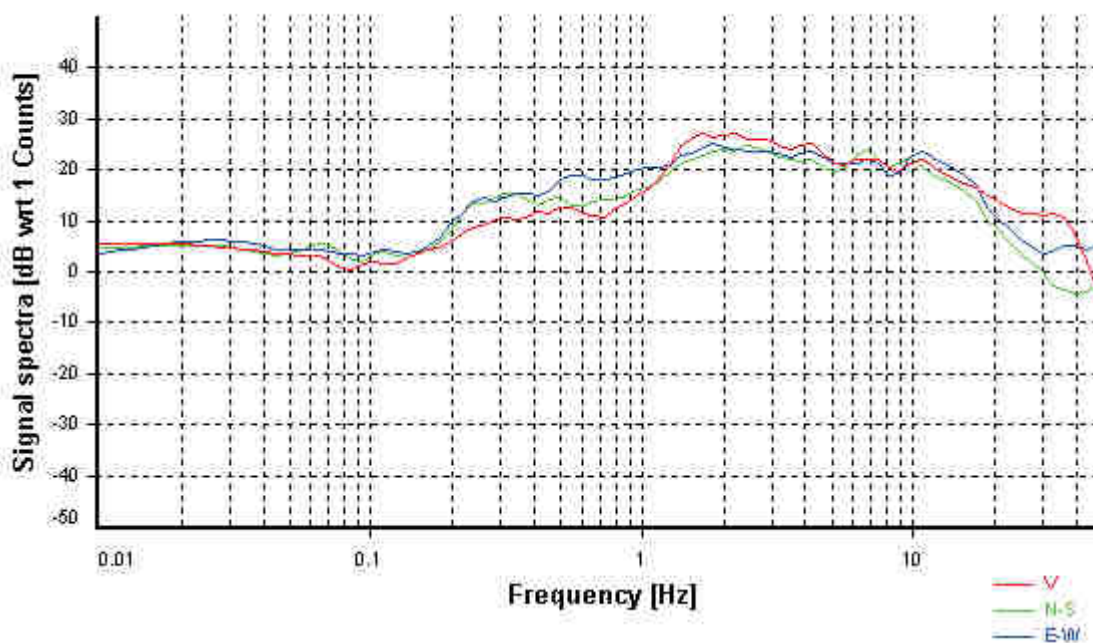
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

*Instrumental correction:* Disabled

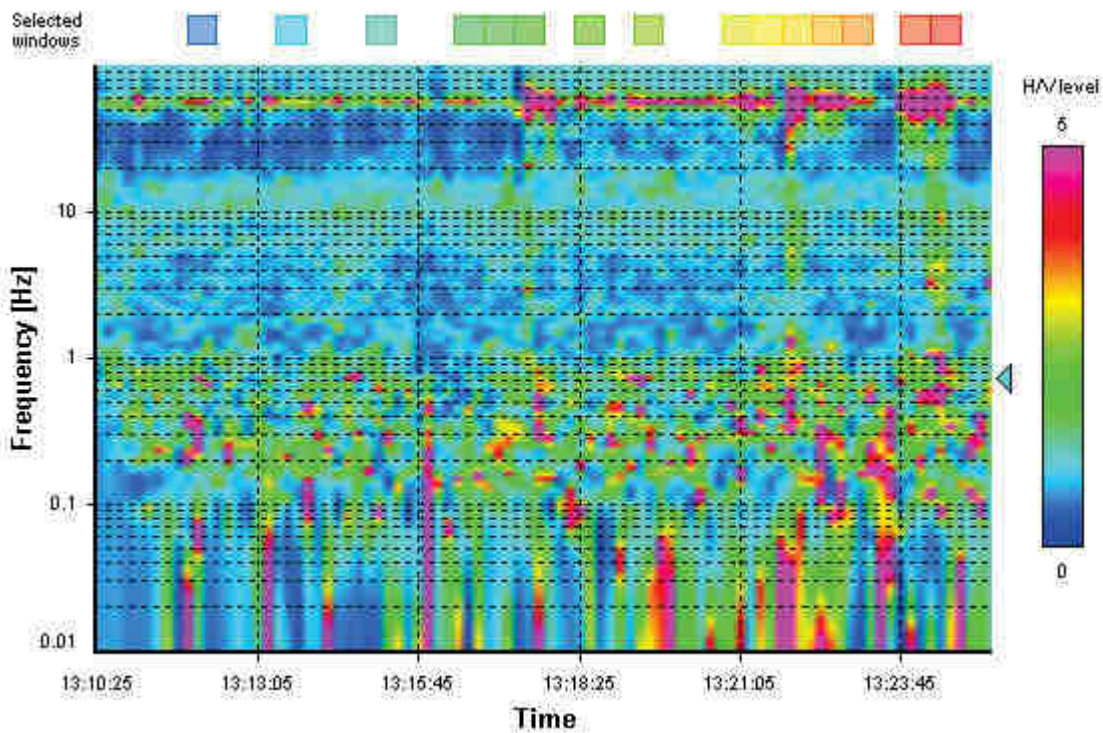
### HVSR average



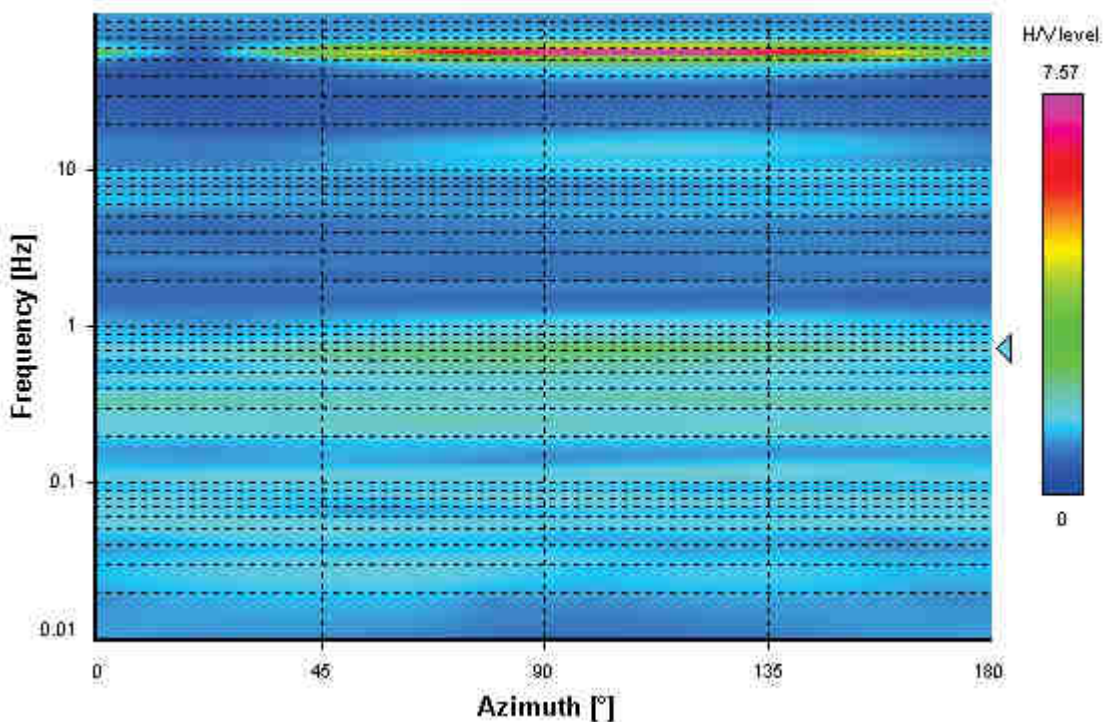
### Signal spectra average



### HVSR time-frequency analysis (10 seconds windows)



### HVSR directional analysis



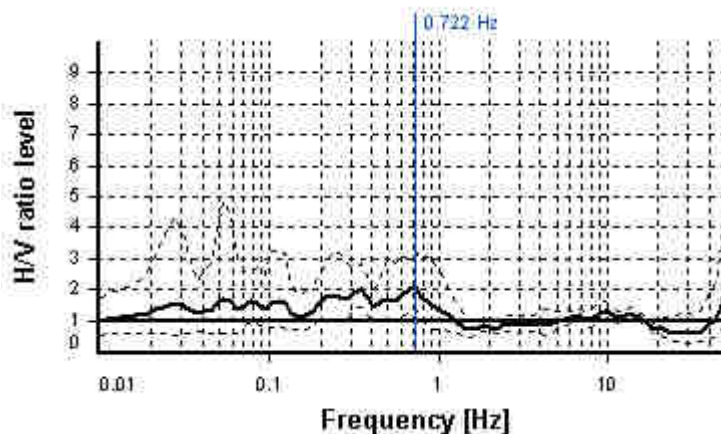
## SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**

0.722 Hz

**$A_0$  amplitude = 2.160**

**Average  $f_0 = 0.702 \pm 0.152$**



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	15 valid windows (length > 13.85 s) out of 15	OK
$n_c(f_0) > 200$	324.94 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 15	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.26186 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.16 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% $\leq$ 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.15225 $\geq$ 0.10831	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.48779 < 2	OK
<b>Overall criteria fulfillment</b>		<b>NO</b>

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	34/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

RIFERIMENTO ARCHIVIO:	SITO: <i>Casalina - Deruta</i>	ORA: <i>13:29:19</i>
OPERATORE: <i>Dott. Geol. Federico Gioacchino Uccellani</i>	GPS - Sistema di rif.: <i>WGS 84</i>	
LATITUDINE: <i>42.950579</i>	LONGITUDINE: <i>12.399449</i>	ALTITUDINE: <i>- m</i>

TIPO DI STAZIONE <i>HVSR stazione singola</i>	TIPO DI SENSORE <i>Sara SS45 – geobox</i>	NOTE VARIE:
STAZIONE	REGISTRAZIONE	
1	3	

NOME DEL FILE: <i>Pucci Goffredo 1_3</i>	PUNTO:
SAMPLE PER SECOND: <i>400</i>	DURATA ACQUISIZIONE (s): <i>900</i>

CONDIZIONI METEO	VENTO <input checked="" type="checkbox"/> assente <input type="checkbox"/> debole (<5 m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte
	PIOGGIA <input checked="" type="checkbox"/> assente <input type="checkbox"/> debole <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte
	Temperatura (°C): <i>15</i> Note:
TIPO SUOLO	<input type="checkbox"/> argille <input type="checkbox"/> sabbie <input type="checkbox"/> ghiaie <input type="checkbox"/> roccia <input type="checkbox"/> erba
	<input checked="" type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> pavimentazione altro
	<input type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Note:

ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE-TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo
---	--

PRESENZA EDIFICI	<input type="checkbox"/> nessuno <input type="checkbox"/> rari <input checked="" type="checkbox"/> molti <input type="checkbox"/> altro, tipo
------------------	---

TRANSIENTI	nessuno	pochi	moderati	molti	moltissimi	direzione /distanza (mt.)	SORGENTI RUMORE MONOCROMATICO (pompe, industrie, ecc.)
							<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si – TIPO:
auto	X						STRUTTURE NELLE VICINANZE (alberi, infrastrutture, ponti, ecc.) Descrizione, altezza e distanza:
camion	X						
pedoni	X						
altro	X						

## SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

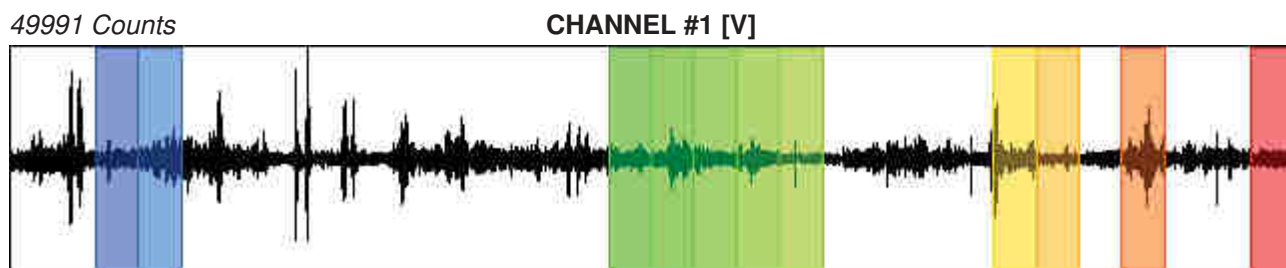
Recording start time: 2020/04/27 13:29:19

Recording length: 15 min

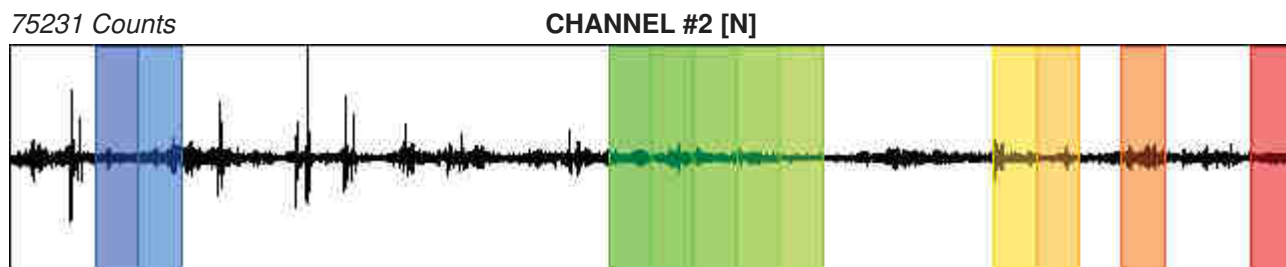
Windows count: 11

Average windows length: 30

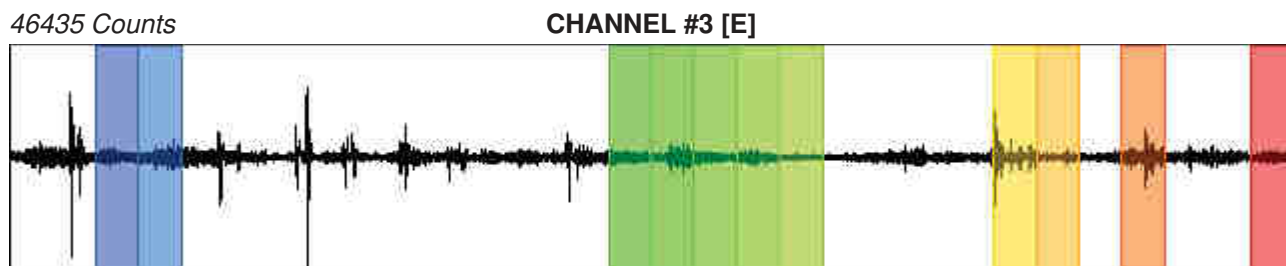
Signal coverage: 36.67%



-36921 Counts



-43241 Counts



-74529 Counts

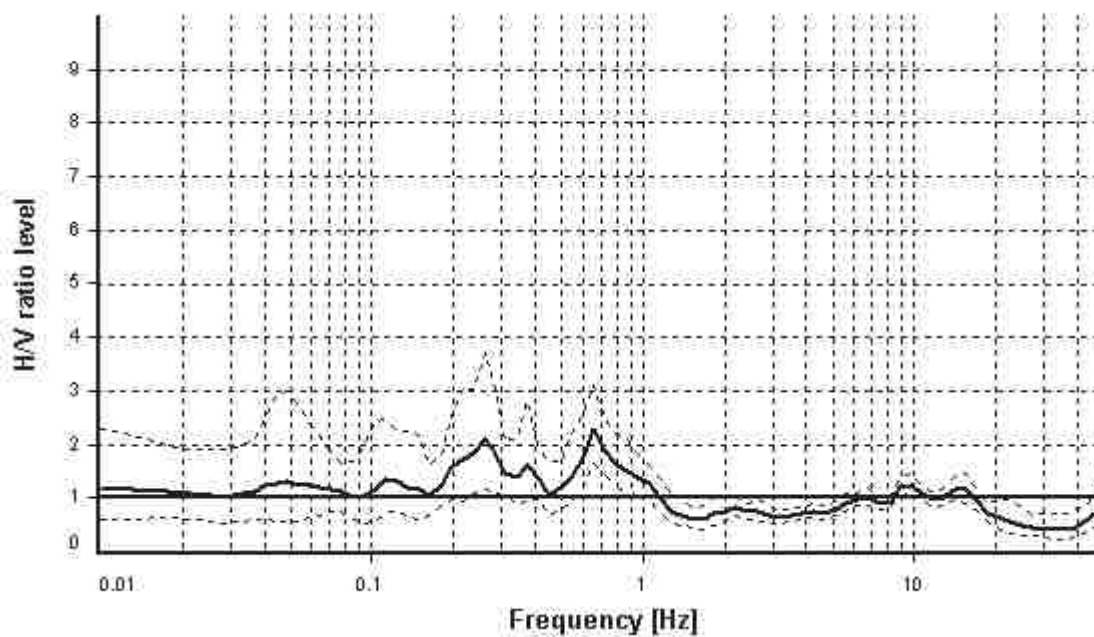
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 5%)

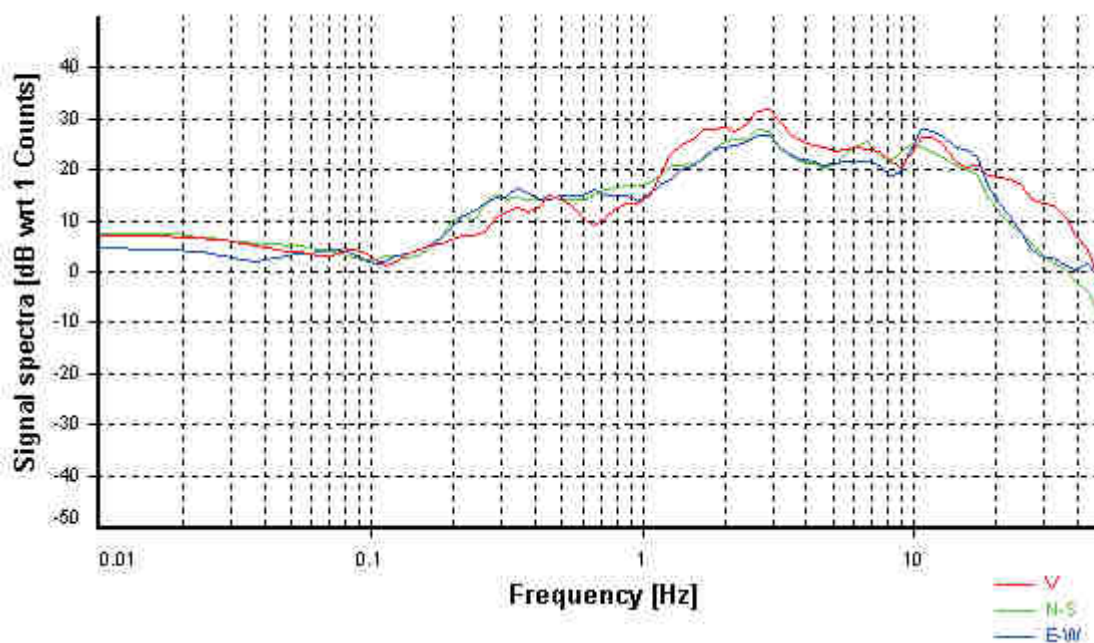
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

*Instrumental correction:* Disabled

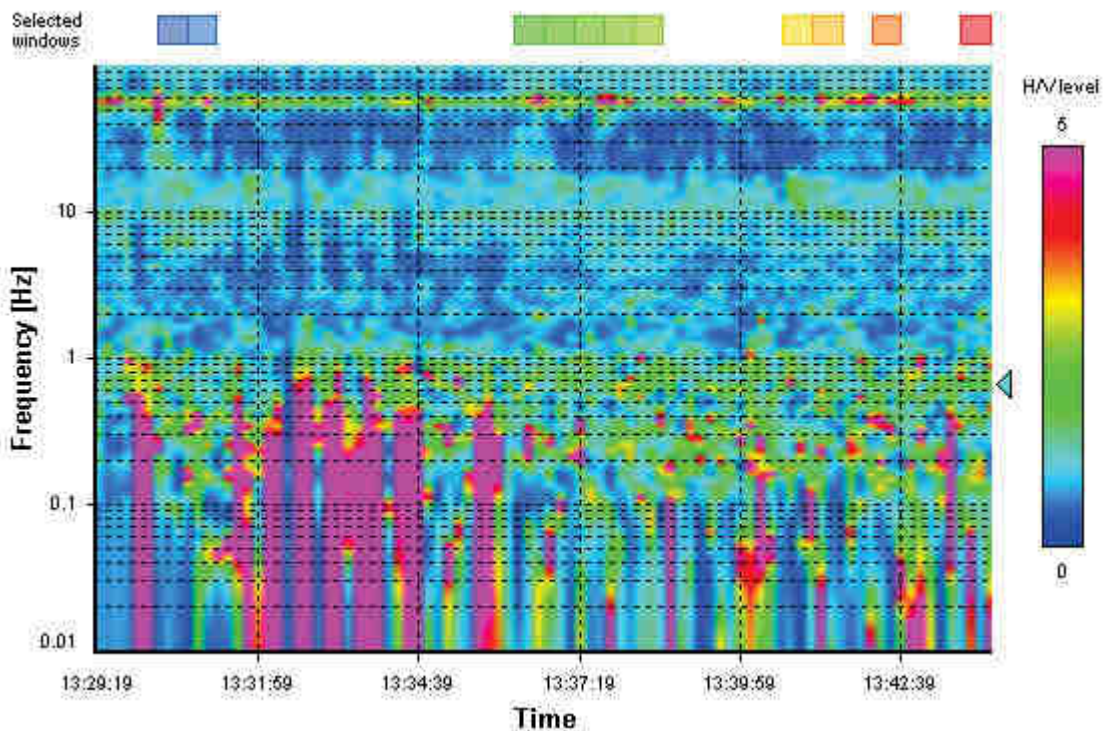
### HVSR average



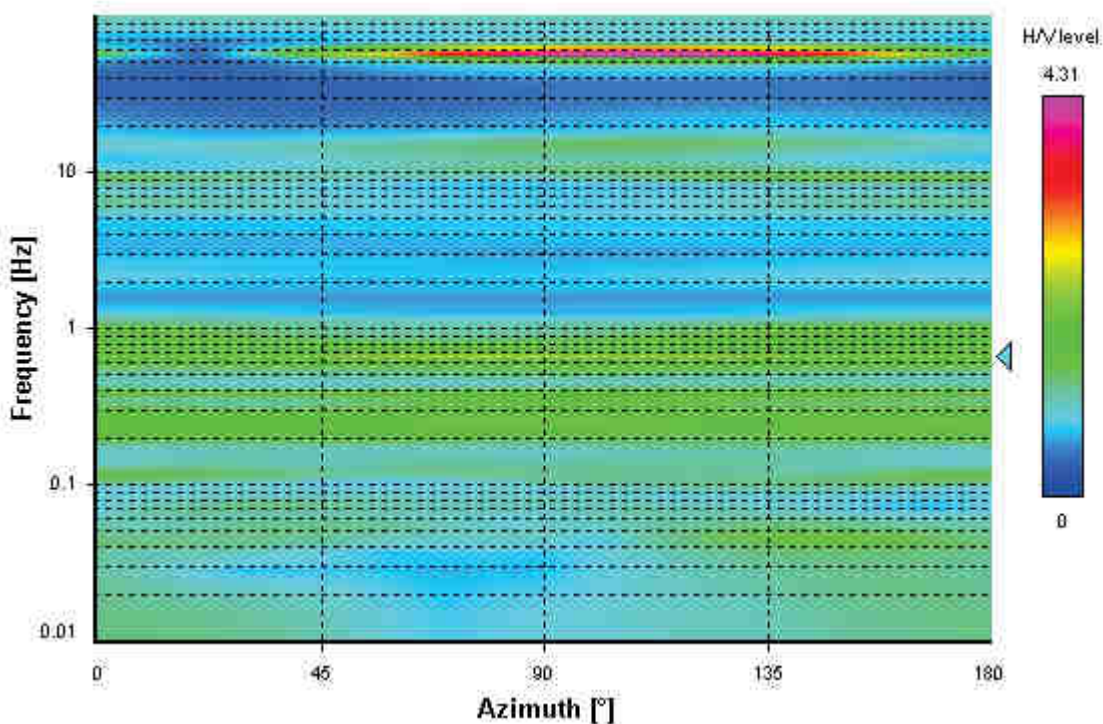
### Signal spectra average



### HVSR time-frequency analysis (10 seconds windows)



### HVSR directional analysis



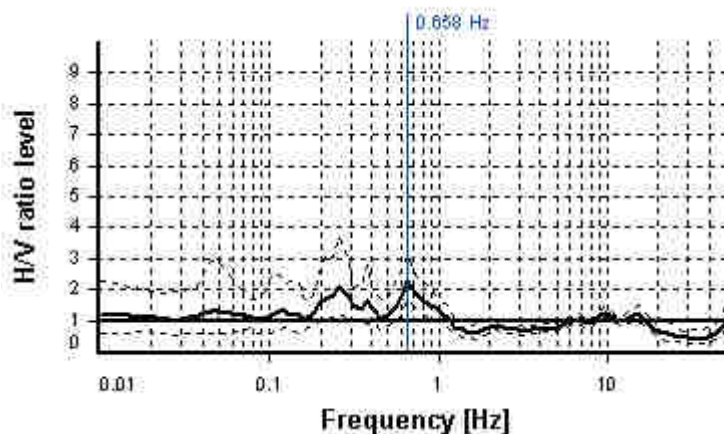
## SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**

*0.658 Hz*

**$A_0$  amplitude = 2.277**

**Average  $f_0 = 0.686 \pm 0.093$**



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	11 valid windows (length > 15.2 s) out of 11	OK
$n_c(f_0) > 200$	217.12 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 15	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.45349 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.14976 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.28 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.09267 < 0.09869	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.37318 < 2	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	39/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

#### 6.4. HVSR 2

<b>COORDINATE HVSR 2</b>		GPS - Sistema di rif.: WGS84
<b>HVSR 2</b>	Latitudine: 42.950565	Longitudine: 12.399298



Foto 5: HVSR 2

<b>HVSR 2 ANALYSIS</b>	
<b>Tapering:</b>	Enabled (Bandwidth = 5%)
<b>Smoothing:</b>	Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	40/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

RIFERIMENTO ARCHIVIO:	SITO: <i>Casalina - Deruta</i>	ORA: <i>12:48:01</i>
OPERATORE: <i>Dott. Geol. Federico Gioacchino Uccellani</i>	GPS - Sistema di rif.: <i>WGS 84</i>	
LATITUDINE: <i>42.950565</i>	LONGITUDINE: <i>12.399298</i>	ALTITUDINE: <i>- m</i>

TIPO DI STAZIONE <i>HVSR stazione singola</i>	TIPO DI SENSORE <i>Sara SS45 – geobox</i>	NOTE VARIE:
STAZIONE	REGISTRAZIONE	
2	1	

NOME DEL FILE: <i>Pucci Goffredo 2</i>	PUNTO:
SAMPLE PER SECOND: <i>400</i>	DURATA ACQUISIZIONE (s): <i>900</i>

CONDIZIONI METEO	VENTO <input checked="" type="checkbox"/> assente <input type="checkbox"/> debole (<5 m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte
	PIOGGIA <input checked="" type="checkbox"/> assente <input type="checkbox"/> debole <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte
	Temperatura (°C): <i>15</i> Note:
TIPO SUOLO	<input type="checkbox"/> argille <input type="checkbox"/> sabbie <input type="checkbox"/> ghiaie <input type="checkbox"/> roccia <input type="checkbox"/> erba
	<input checked="" type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> pavimentazione altro
	<input type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Note:

ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE-TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo
---	--

PRESENZA EDIFICI	<input type="checkbox"/> nessuno <input type="checkbox"/> rari <input checked="" type="checkbox"/> molti <input type="checkbox"/> altro, tipo
------------------	---

TRANSIENTI	nessuno	pochi	moderati	molti	moltissimi	direzione /distanza (mt.)	SORGENTI RUMORE MONOCROMATICO (pompe, industrie, ecc.)
							<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si – TIPO:
auto	X						STRUTTURE NELLE VICINANZE (alberi, infrastrutture, ponti, ecc.) Descrizione, altezza e distanza:
camion	X						
pedoni	X						
altro	X						

## SIGNAL AND WINDOWING

*Sampling frequency:* 300 Hz

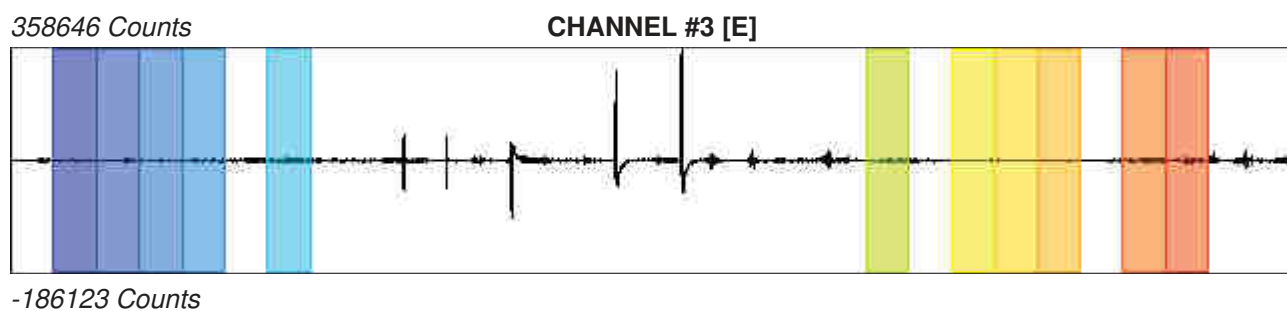
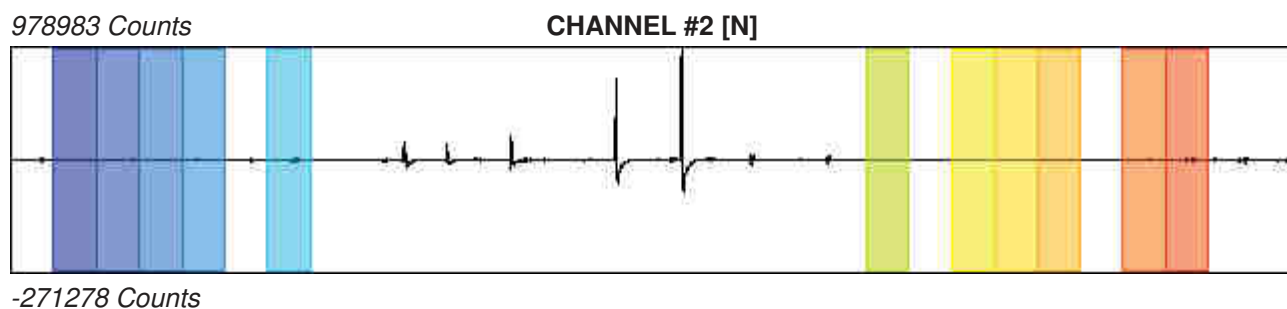
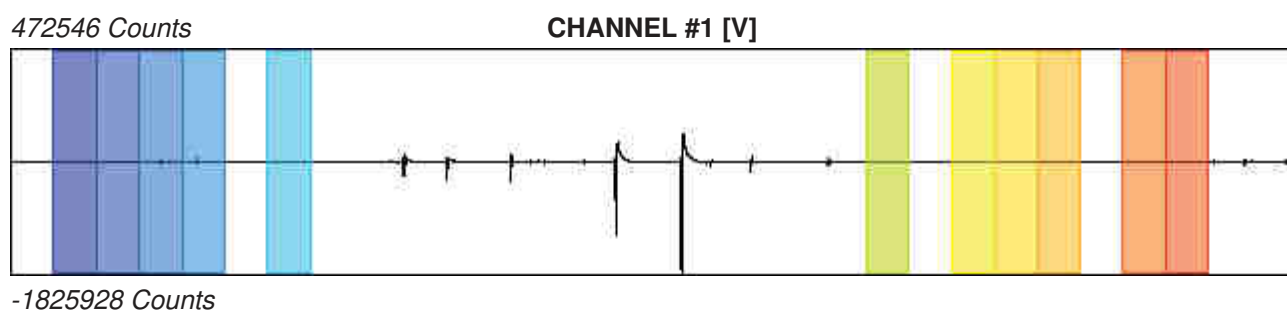
*Recording start time:* 2020/04/27 12:48:01

*Recording length:* 15 min

*Windows count:* 11

*Average windows length:* 30

*Signal coverage:* 36.67%



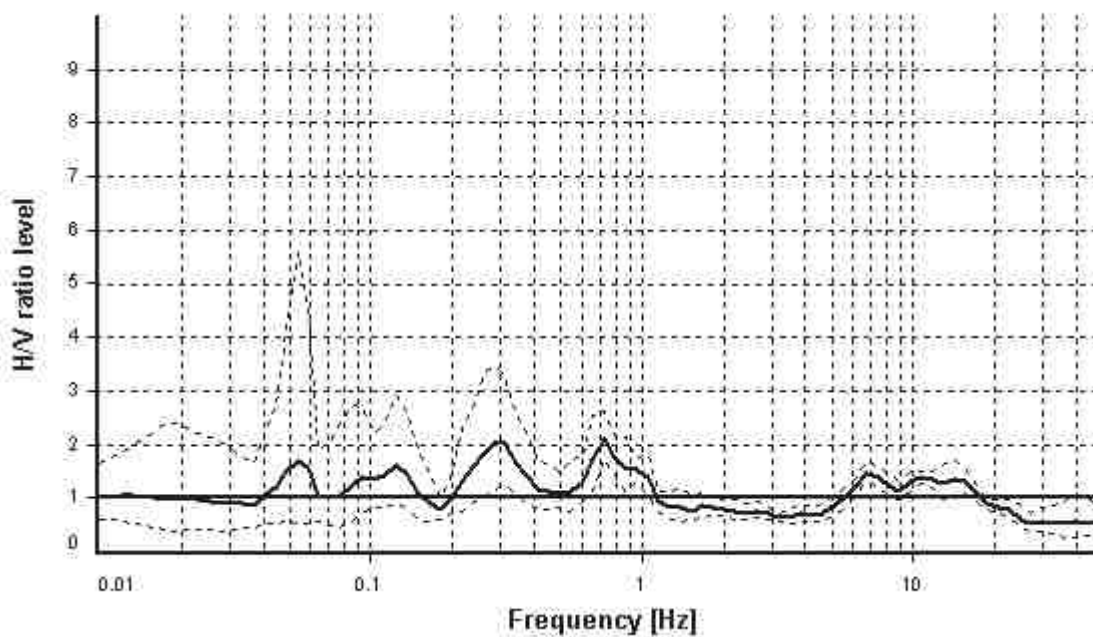
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 5%)

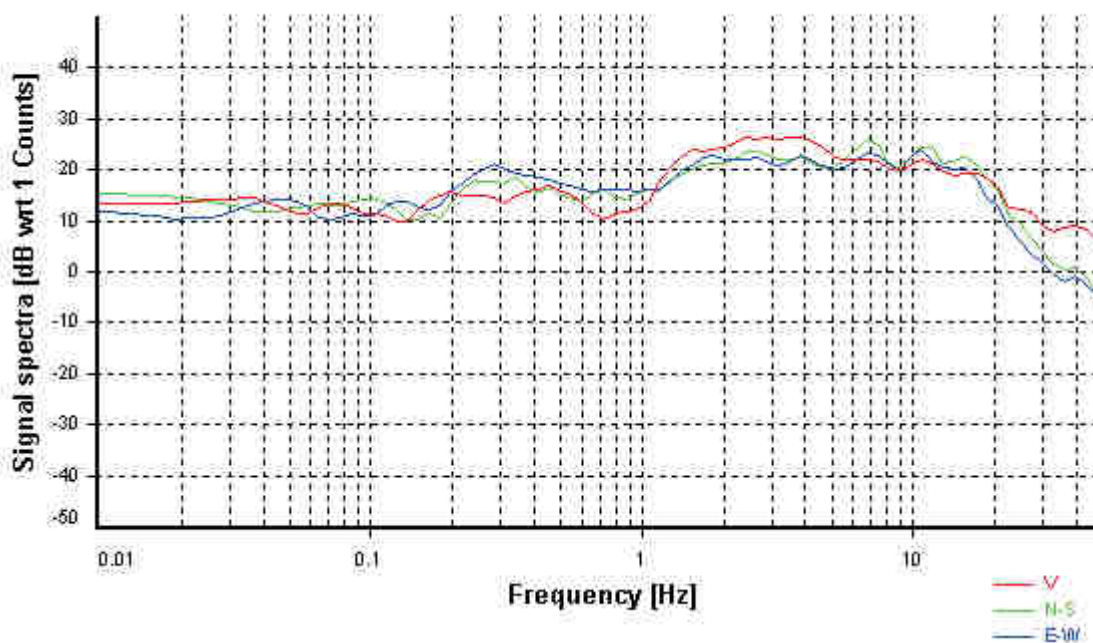
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

*Instrumental correction:* Disabled

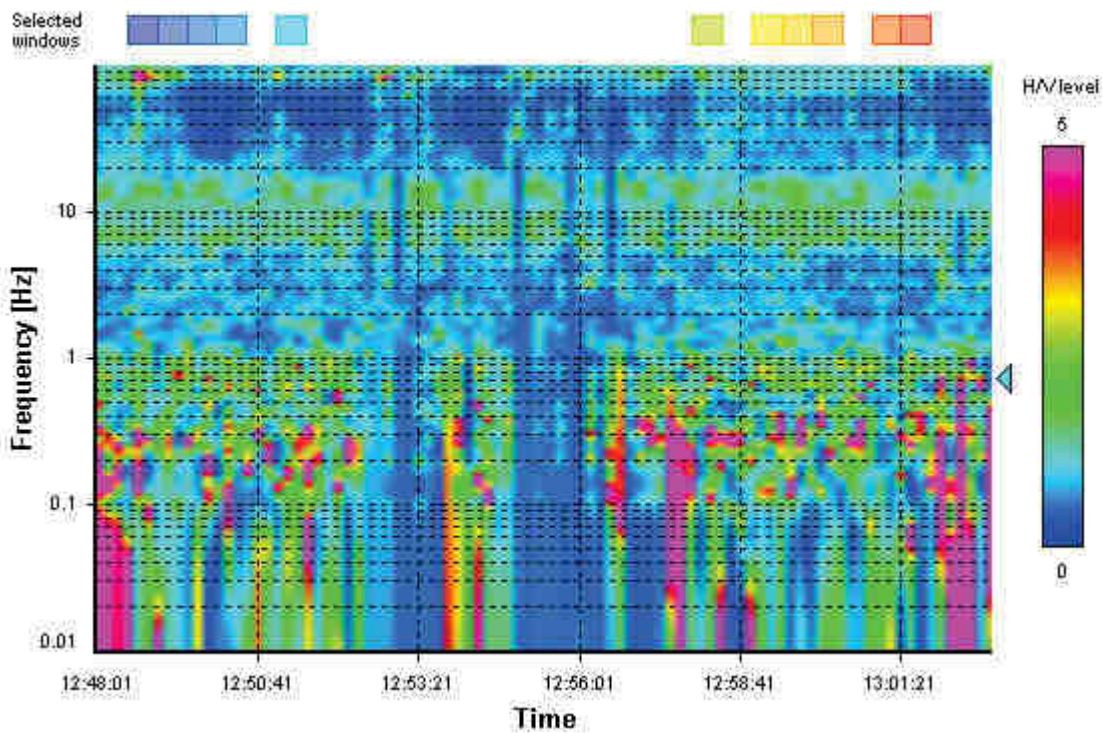
### HVSR average



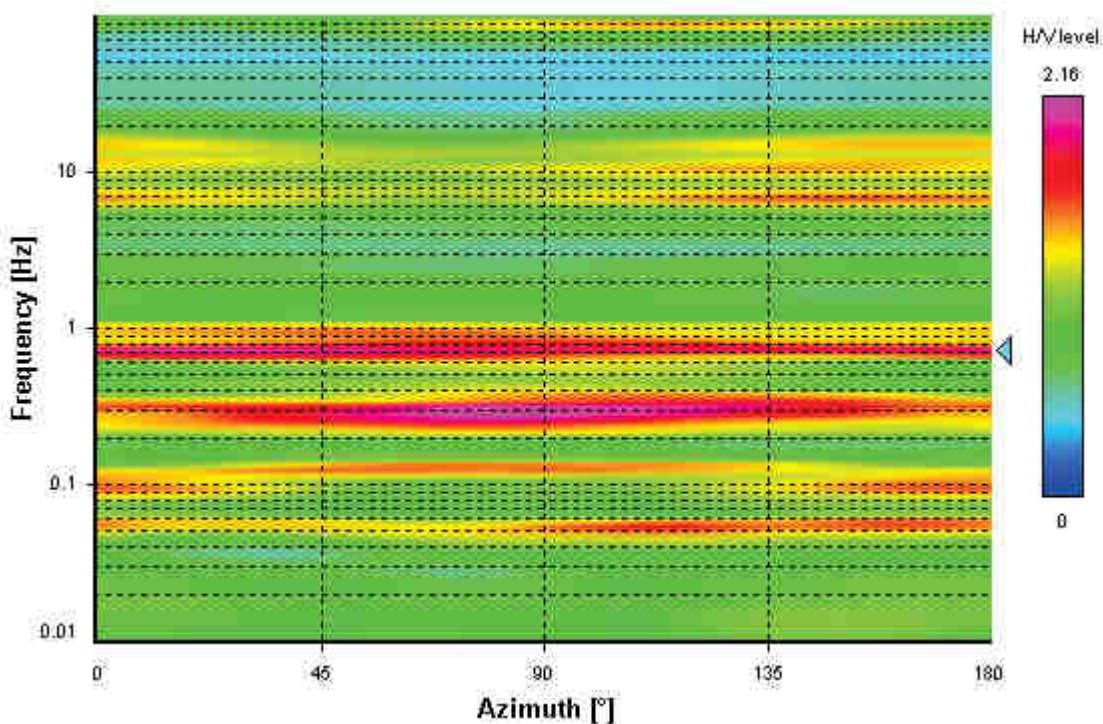
### Signal spectra average



### HVSR time-frequency analysis (10 seconds windows)



### HVSR directional analysis



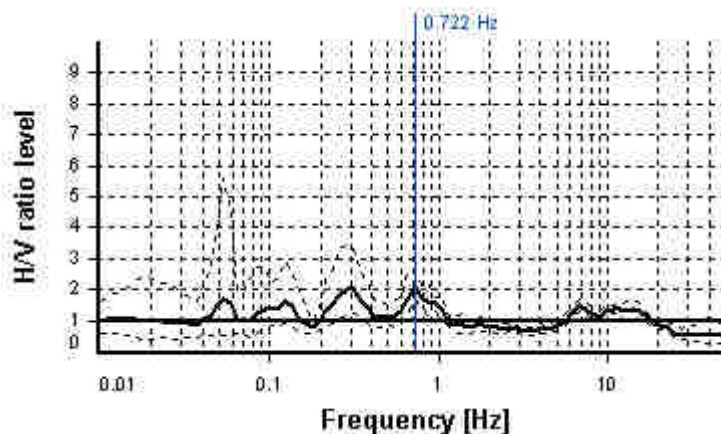
## SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**

**0.722 Hz**

**$A_0$  amplitude = 2.113**

**Average  $f_0 = 0.700 \pm 0.052$**



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	11 valid windows (length > 13.85 s) out of 11	OK
$n_c(f_0) > 200$	238.29 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 15	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.1963 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.14976 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.11 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.05186 < 0.10831	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.23608 < 2	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	45/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

RIFERIMENTO ARCHIVIO:	SITO: <i>Casalina - Deruta</i>	ORA: <i>13:08:25</i>
OPERATORE: <i>Dott. Geol. Federico Gioacchino Uccellani</i>	GPS - Sistema di rif.: <i>WGS 84</i>	
LATITUDINE: <i>42.950565</i>	LONGITUDINE: <i>12.399298</i>	ALTITUDINE: <i>- m</i>

TIPO DI STAZIONE <i>HVSR stazione singola</i>	TIPO DI SENSORE <i>Sara SS45 – geobox</i>	NOTE VARIE:
STAZIONE	REGISTRAZIONE	
2	2	

NOME DEL FILE: <i>Pucci Goffredo 2_2</i>	PUNTO:
SAMPLE PER SECOND: <i>400</i>	DURATA ACQUISIZIONE (s): <i>900</i>

CONDIZIONI METEO	VENTO	<input checked="" type="checkbox"/> assente	<input type="checkbox"/> debole (<5 m/s)	<input type="checkbox"/> medio	<input type="checkbox"/> forte
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> assente	<input type="checkbox"/> debole	<input type="checkbox"/> medio	<input type="checkbox"/> forte
	Temperatura (°C): <i>15</i>		Note:		

TIPO SUOLO	<input type="checkbox"/> argille	<input type="checkbox"/> sabbie	<input type="checkbox"/> ghiaie	<input type="checkbox"/> roccia	<input type="checkbox"/> erba
	<input checked="" type="checkbox"/> asfalto	<input type="checkbox"/> cemento	<input type="checkbox"/> pavimentazione	altro	
	<input type="checkbox"/> terreno asciutto	<input type="checkbox"/> terreno bagnato	Note:		

ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE-TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> si, tipo
---	--	-----------------------------------

PRESENZA EDIFICI	<input type="checkbox"/> nessuno	<input type="checkbox"/> rari	<input checked="" type="checkbox"/> molti	altro, tipo
------------------	----------------------------------	-------------------------------	---	-------------

TRANSIENTI	nessuno	pochi	moderati	molti	moltissimi	direzione /distanza (mt.)	SORGENTI RUMORE MONOCROMATICO (pompe, industrie, ecc.)
auto	X						<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si – TIPO:
camion	X						STRUTTURE NELLE VICINANZE (alberi, infrastrutture, ponti, ecc.) Descrizione, altezza e distanza:
pedoni	X						
altro	X						

## SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2020/04/27 13:08:25

Recording length: 15 min

Windows count: 10

Average windows length: 30

Signal coverage: 33.33%

1005025 Counts

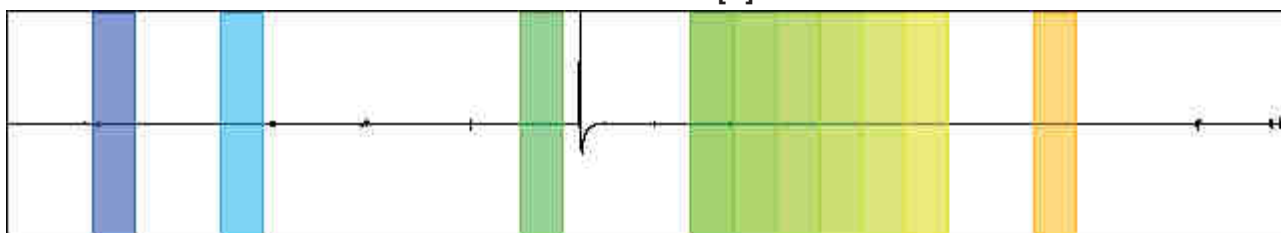
CHANNEL #1 [V]



-4193474 Counts

2249029 Counts

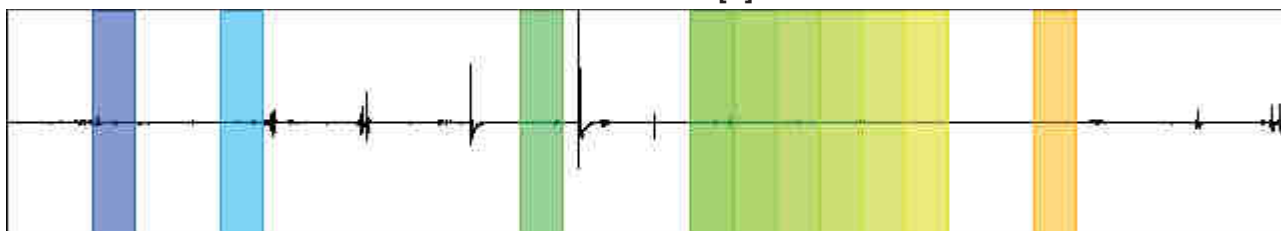
CHANNEL #2 [N]



-608439 Counts

694932 Counts

CHANNEL #3 [E]



-280241 Counts

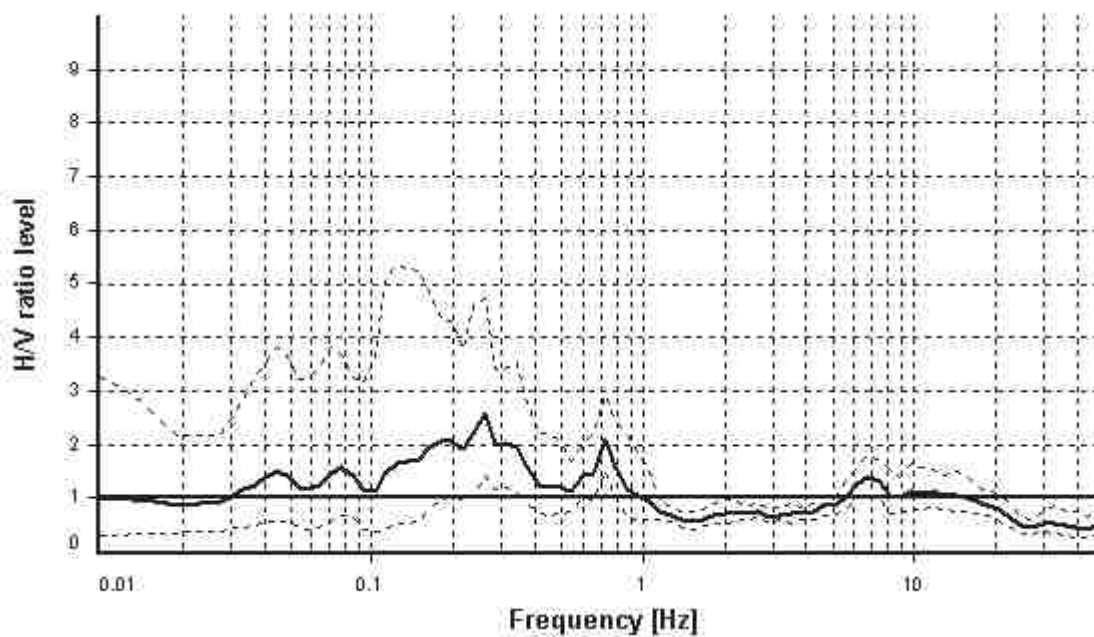
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 5%)

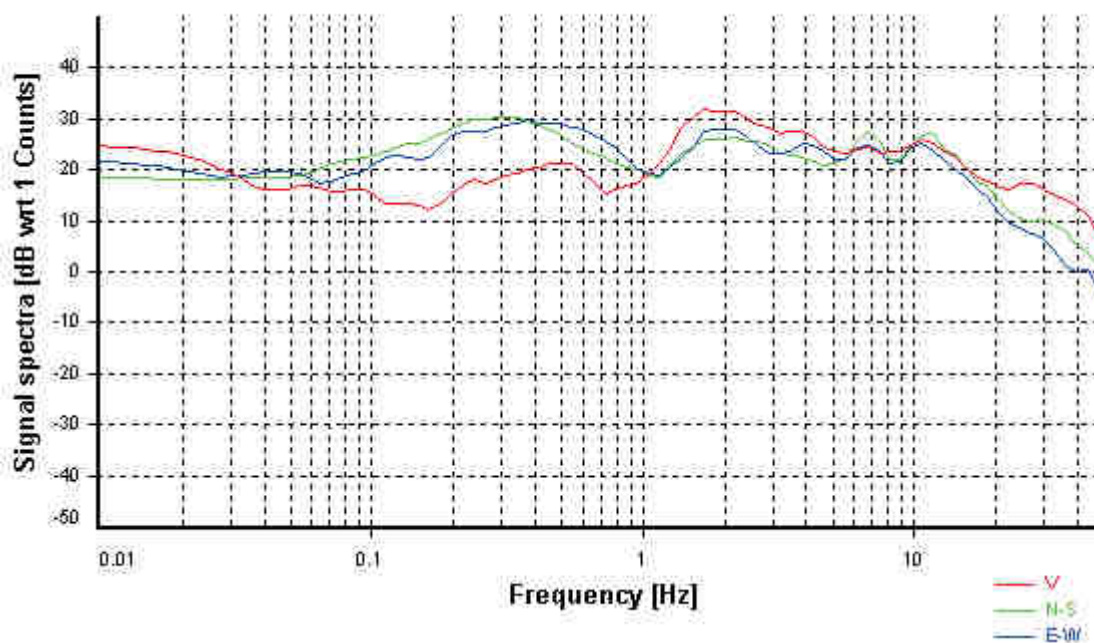
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

*Instrumental correction:* Disabled

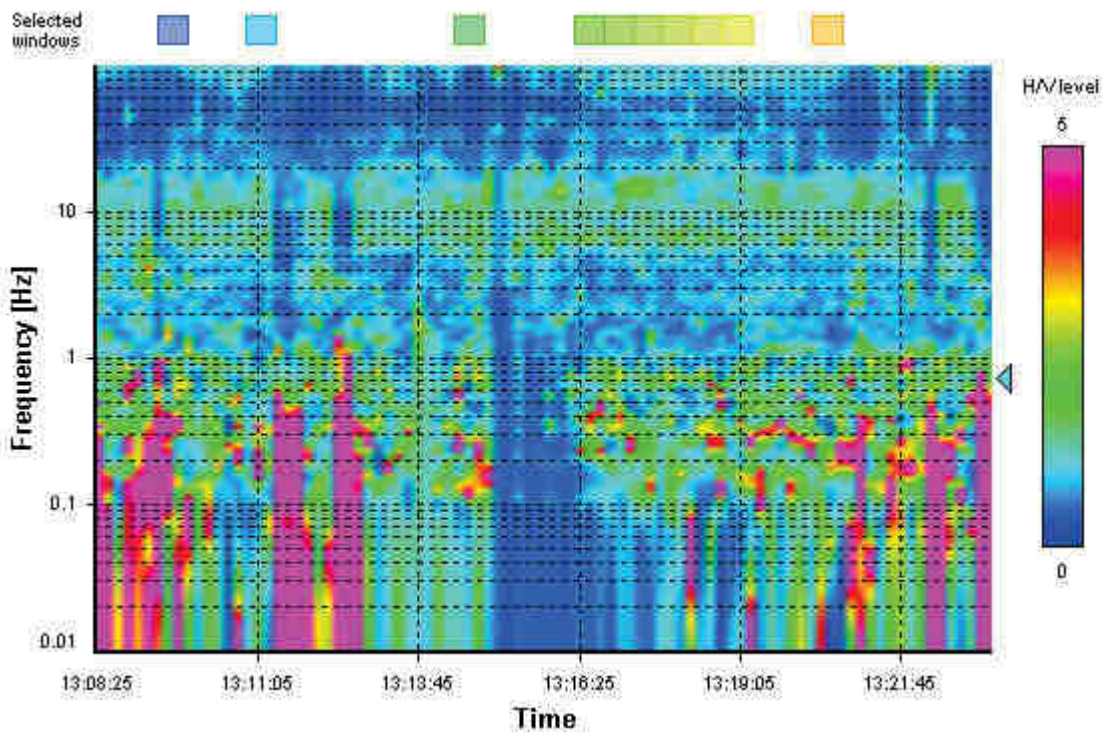
### HVSR average



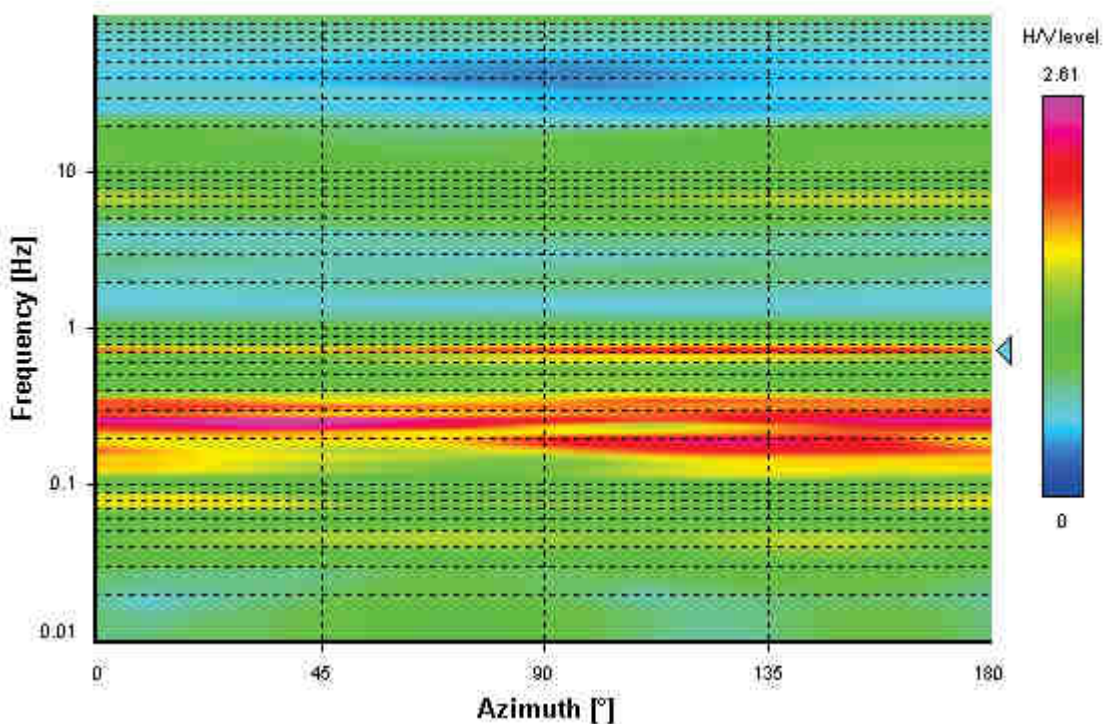
### Signal spectra average



### HVSR time-frequency analysis (10 seconds windows)



### HVSR directional analysis



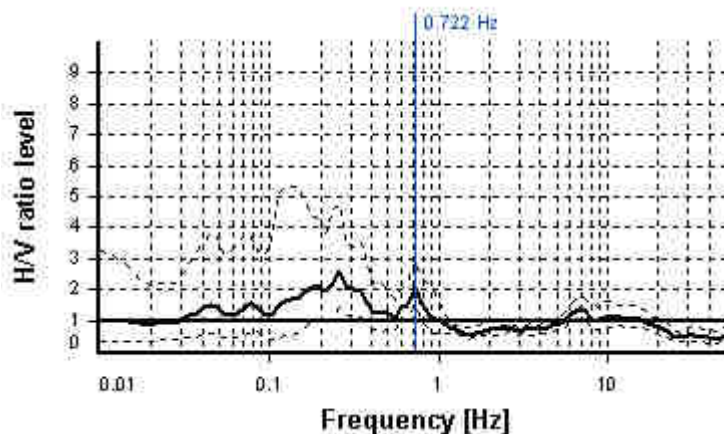
## SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**

0.722 Hz

**$A_0$  amplitude = 2.087**

**Average  $f_0 = 0.702 \pm 0.096$**



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	10 valid windows (length > 13.85 s) out of 10	OK
$n_c(f_0) > 200$	216.62 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 15	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.04762 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.09 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.09615 < 0.10831	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.40643 < 2	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Committente:	Rif. Job.	Rev.	Data	Pag.
PUCCI GOFFREDO	Sisma 16	01	Maggio 2020	50/62
	RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI			

RIFERIMENTO ARCHIVIO:	SITO: <i>Casalina - Deruta</i>	ORA: <i>13:26:12</i>
OPERATORE: <i>Dott. Geol. Federico Gioacchino Uccellani</i>	GPS - Sistema di rif.: <i>WGS 84</i>	
LATITUDINE: <i>42.950565</i>	LONGITUDINE: <i>12.399298</i>	ALTITUDINE: <i>- m</i>

TIPO DI STAZIONE <i>HVSR stazione singola</i>	TIPO DI SENSORE <i>Sara SS45 – geobox</i>	NOTE VARIE:
STAZIONE	REGISTRAZIONE	
2	3	

NOME DEL FILE: <i>Pucci Goffredo 2_3</i>	PUNTO:
SAMPLE PER SECOND: <i>400</i>	DURATA ACQUISIZIONE (s): <i>900</i>

CONDIZIONI METEO	VENTO	<input checked="" type="checkbox"/> assente	<input type="checkbox"/> debole (<5 m/s)	<input type="checkbox"/> medio	<input type="checkbox"/> forte
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> assente	<input type="checkbox"/> debole	<input type="checkbox"/> medio	<input type="checkbox"/> forte
	Temperatura (°C): <i>15</i>		Note:		

TIPO SUOLO	<input type="checkbox"/> argille	<input type="checkbox"/> sabbie	<input type="checkbox"/> ghiaie	<input type="checkbox"/> roccia	<input type="checkbox"/> erba
	<input checked="" type="checkbox"/> asfalto	<input type="checkbox"/> cemento	<input type="checkbox"/> pavimentazione	altro	
	<input type="checkbox"/> terreno asciutto	<input type="checkbox"/> terreno bagnato	Note:		

ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE-TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> si, tipo
---	--	-----------------------------------

PRESENZA EDIFICI	<input type="checkbox"/> nessuno	<input type="checkbox"/> rari	<input checked="" type="checkbox"/> molti	altro, tipo
------------------	----------------------------------	-------------------------------	---	-------------

TRANSIENTI	nessuno	pochi	moderati	molti	moltissimi	direzione /distanza (mt.)	SORGENTI RUMORE MONOCROMATICO (pompe, industrie, ecc.)
auto	X						<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si – TIPO:
camion	X						STRUTTURE NELLE VICINANZE (alberi, infrastrutture, ponti, ecc.) Descrizione, altezza e distanza:
pedoni	X						
altro	X						

## SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2020/04/27 13:26:12

Recording length: 15 min

Windows count: 11

Average windows length: 30

Signal coverage: 36.67%

13770 Counts

CHANNEL #1 [V]



-14939 Counts

16832 Counts

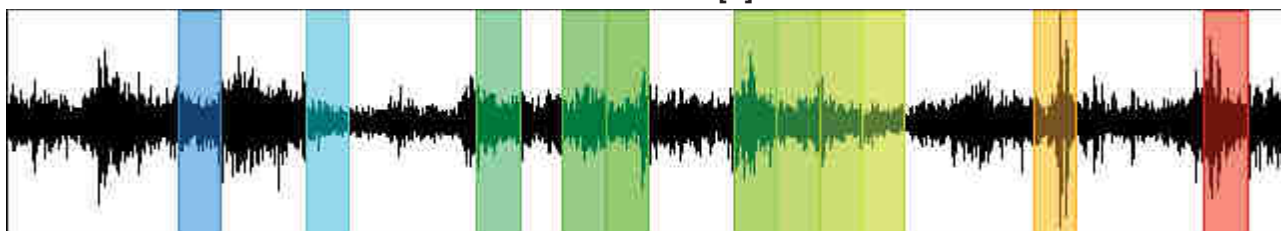
CHANNEL #2 [N]



-17865 Counts

15659 Counts

CHANNEL #3 [E]



-14783 Counts

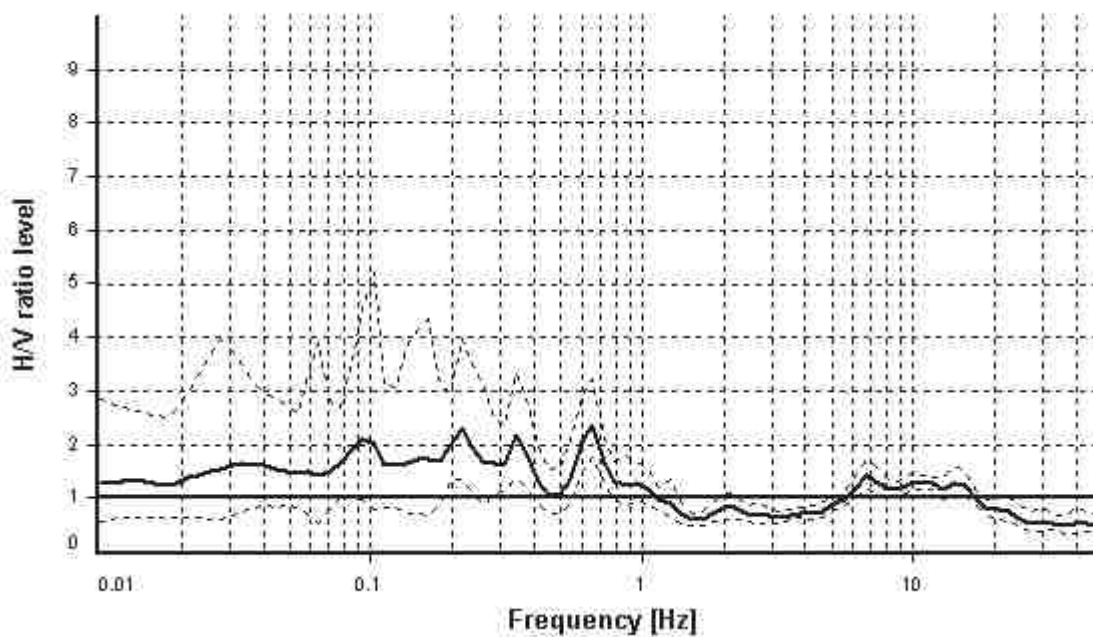
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 5%)

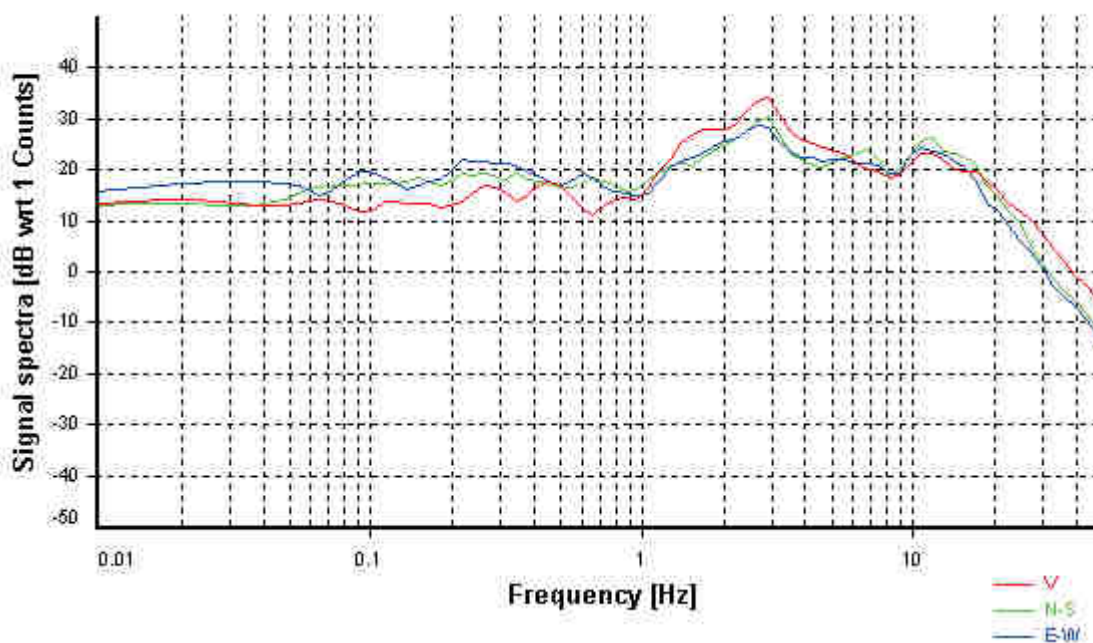
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

*Instrumental correction:* Disabled

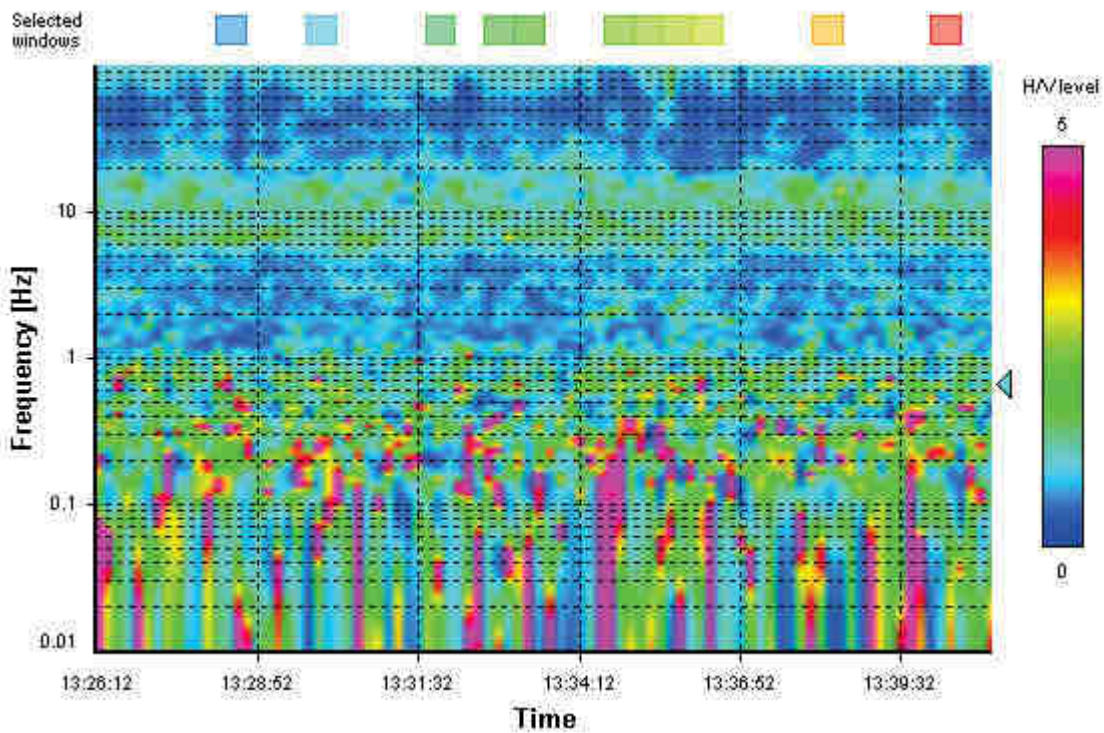
### HVSR average



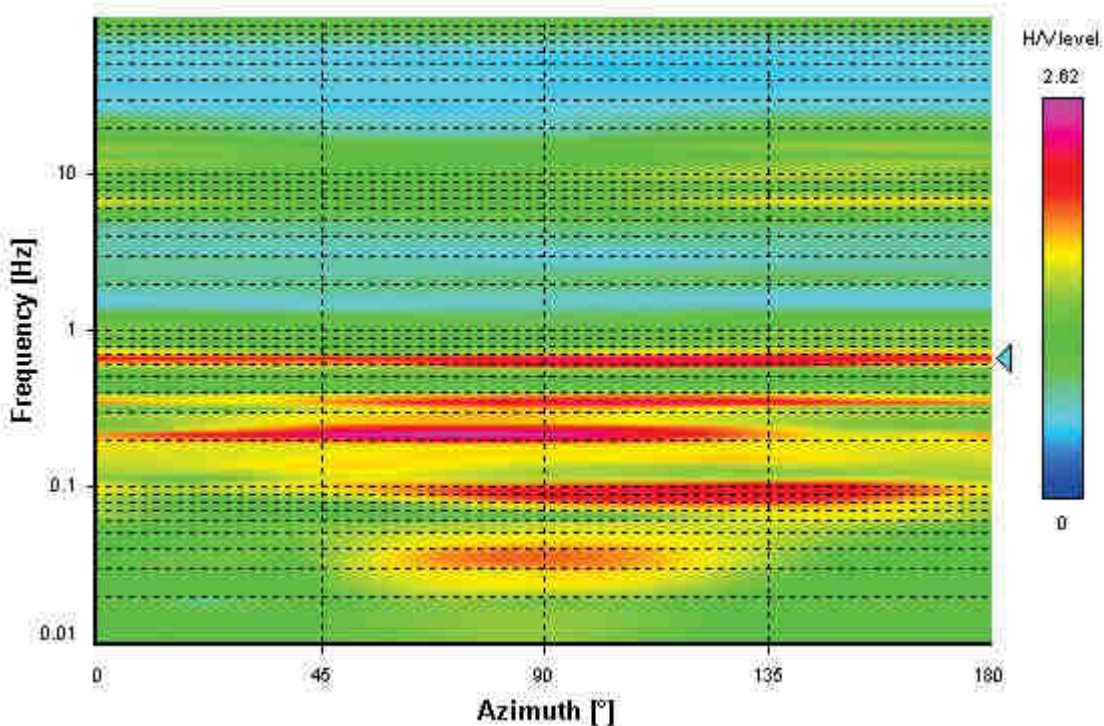
### Signal spectra average



### HVSR time-frequency analysis (10 seconds windows)



### HVSR directional analysis



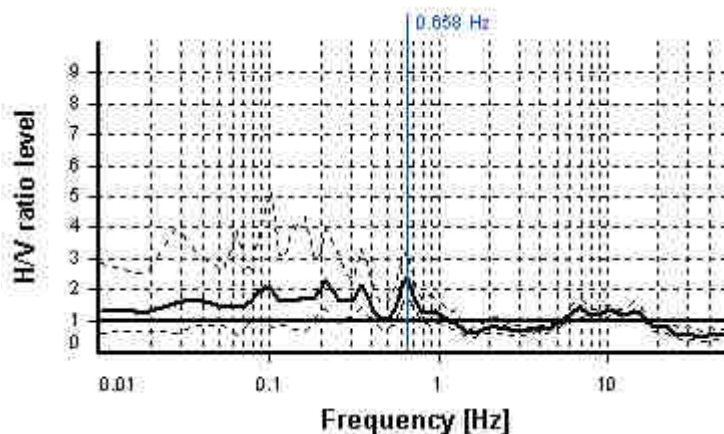
## SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**

*0.658 Hz*

**$A_0$  amplitude = 2.371**

**Average  $f_0 = 0.653 \pm 0.033$**



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	11 valid windows (length > 15.2 s) out of 11	OK
$n_c(f_0) > 200$	217.12 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 15	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.4977 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.04762 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.37 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.0327 < 0.09869	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.35988 < 2	OK
Overall criteria fulfillment		OK

# RIPABIANCA

COMUNE DI DERUTA

P.R.G. Parte Operativa



# ESAC1-HVSR1

---

VIA XX SETTEMBRE, 76 - 06121 PERUGIA

[www.studiogeologiassociati.eu](http://www.studiogeologiassociati.eu)

PRG\_PO\_MS\_RELAZIONE\_BIS .DOC

TEL./FAX 075.5721231

[info@studiogeologiassociati.eu](mailto:info@studiogeologiassociati.eu)

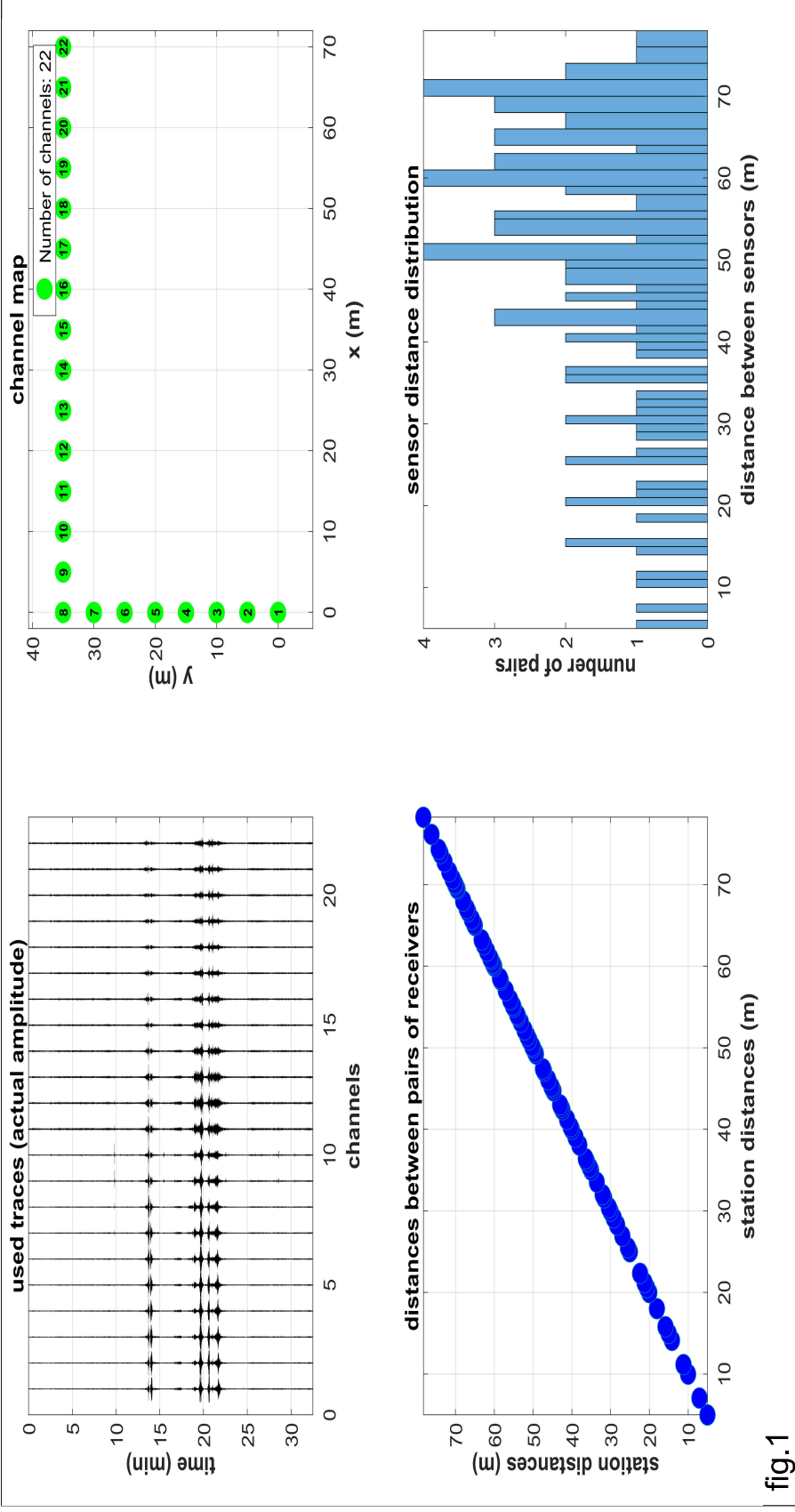


fig.1


**COMUNE DI DERUTA**  
**INDAGINI GEOFISICHE PRG PARTE OPERATIVA**

Studio Geologi Associati  
 Dott. Geol. L. Faralli  
 Dott. Geol. N. Gasparri  
 Dott. Geol. R. Riccioni  
 Dott. Geol. L. D. Venanti

**Indagine Sismica tipo ESAC - ESAC1**  
**Indagine Sismica tipo HVSR - HV1**  
**MODELLAZIONE CONGIUNTA DATI GEOFISICI**

SISMOSTRATIGRAFIA					
SISMOSTRATO	n.	PROFONDITA' m	SPESSORE m	Vs m/sec	Vs
1	1	9.2	9.2	240	240
2	2	16.1	6.9	506	506
3	3	31	14.9	462	462
4	4	93.3	62.3	550	550
5	5	115.3	22.0	668	668
6	6	150	34.7	596	596

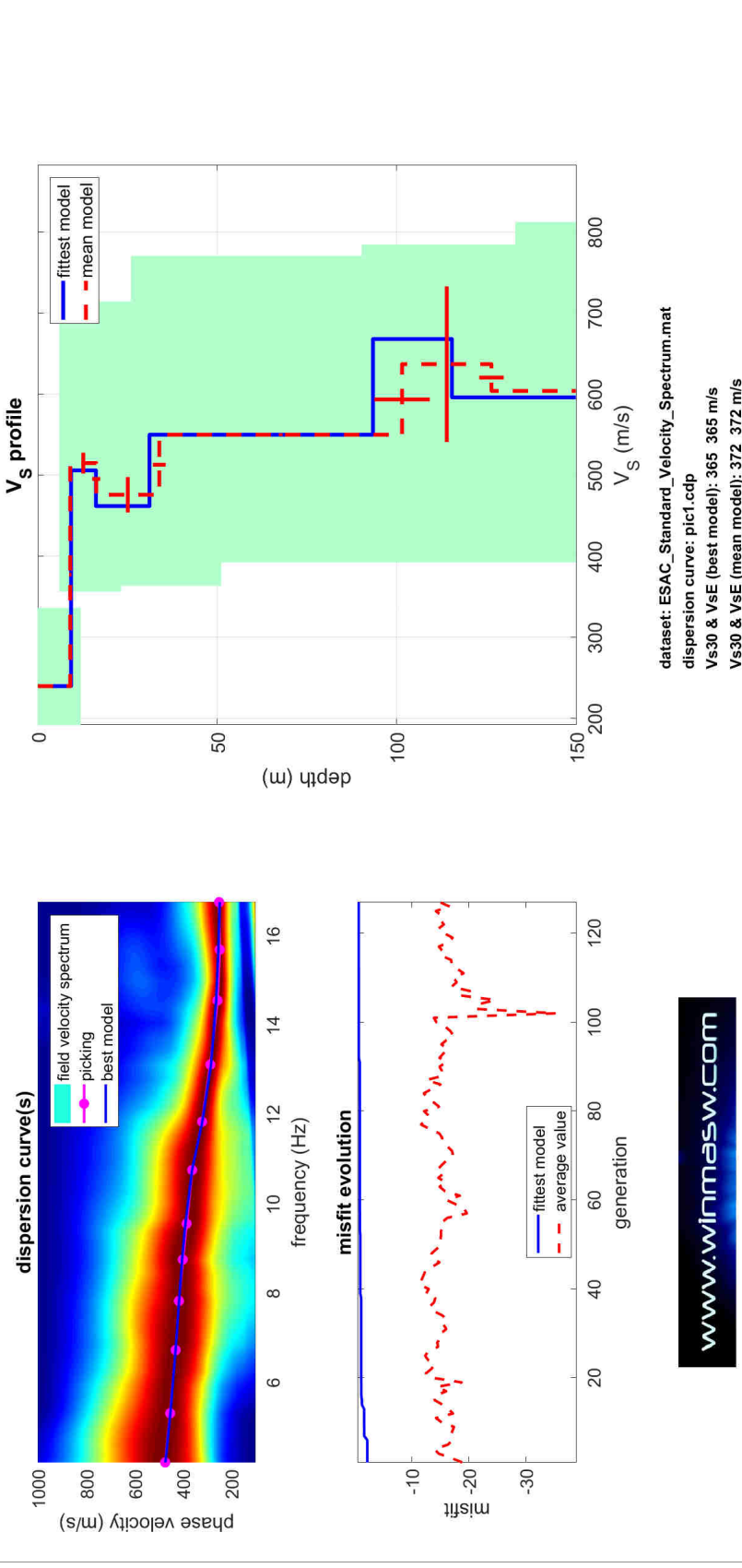
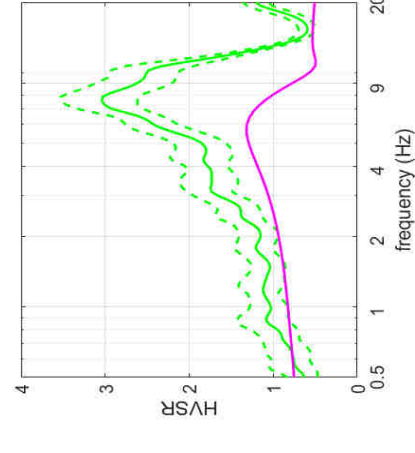
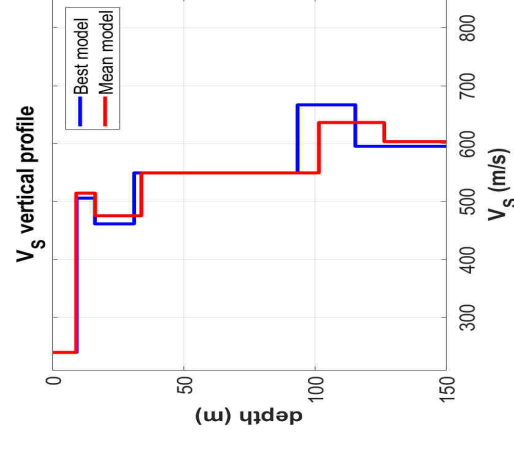


fig.2



fig.3



LEGENDA

Fig.1 -Dati registrati, geometria array

Fig.2- Inversione curva di dispersione indagine ESAC da modellazione congiunta ESAC/HV: confronto picking/best model, misfit e profilo Vs

Fig.3 - Tabella sismostratigrafia, profilo Vs, documentazione fotografica indagine ESAC e analisi congiunta HV-ESAC

## STATION INFORMATION

*Station code:* DERUTA\_PRG\_PO

*Model:* SARA GEOBOX

*Sensor:* SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

*Notes:* -

## PLACE INFORMATION

*Place ID:* DERUTA\_PRG\_PO\_HVSR1

*Address:* SANT'ANGELO DI CELLE

*Latitude:* -

*Longitude:* -

*Coordinate system:* -

*Elevation:* -

*Weather:* -

*Notes:* -

## PHOTOGRAPHIC REFERENCES



## SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2022/07/27 08:53:20

Recording length: 30 min

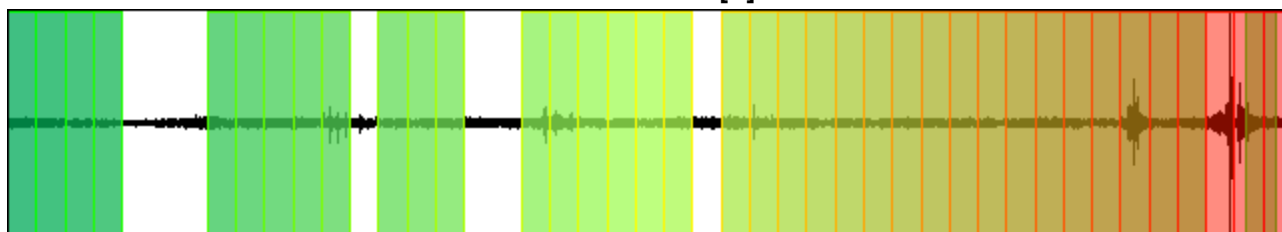
Windows count: 74

Average windows length: 40

Signal coverage: 164.44%

79391 Counts

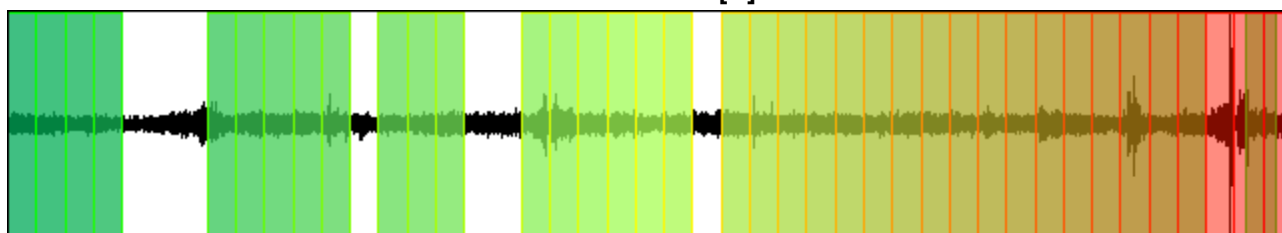
CHANNEL #1 [V]



-78259 Counts

56127 Counts

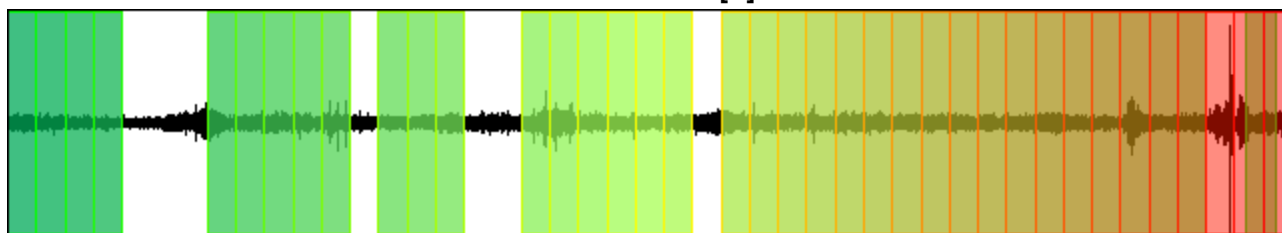
CHANNEL #2 [N]



-55233 Counts

59160 Counts

CHANNEL #3 [E]



-67180 Counts

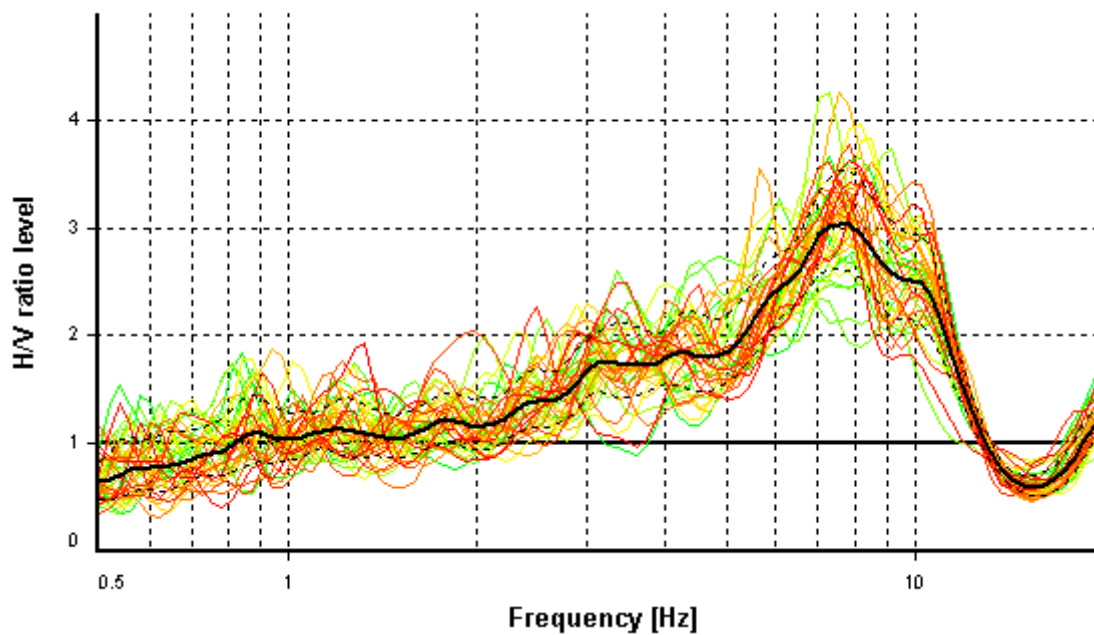
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 5%)

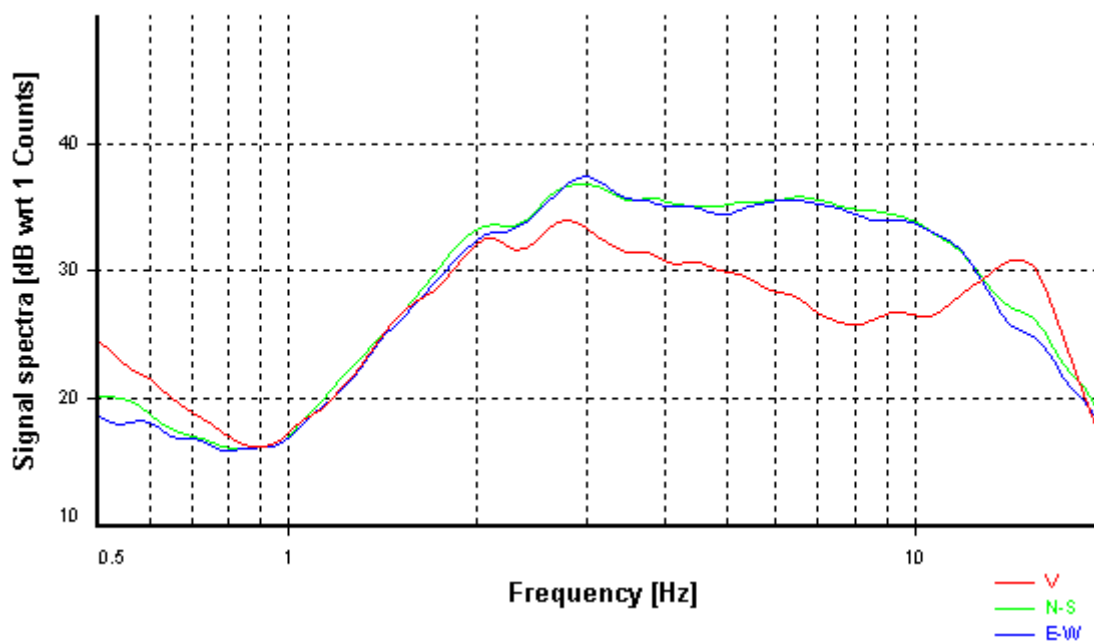
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

*Instrumental correction:* Disabled

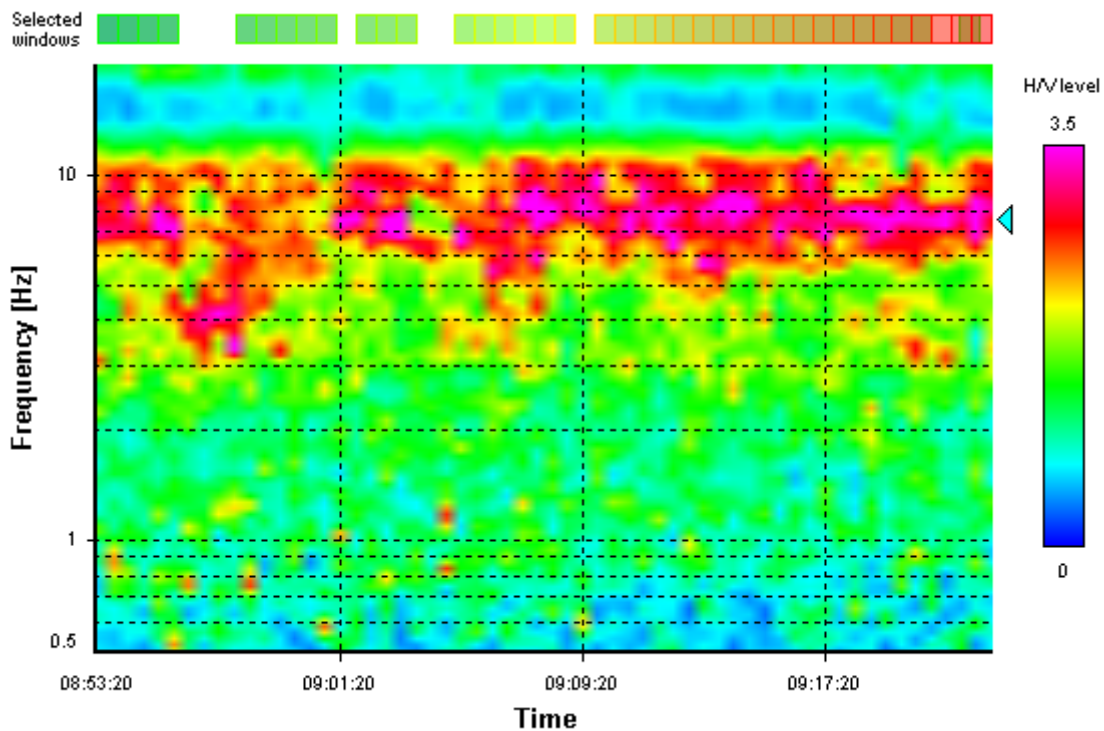
### HVSR average



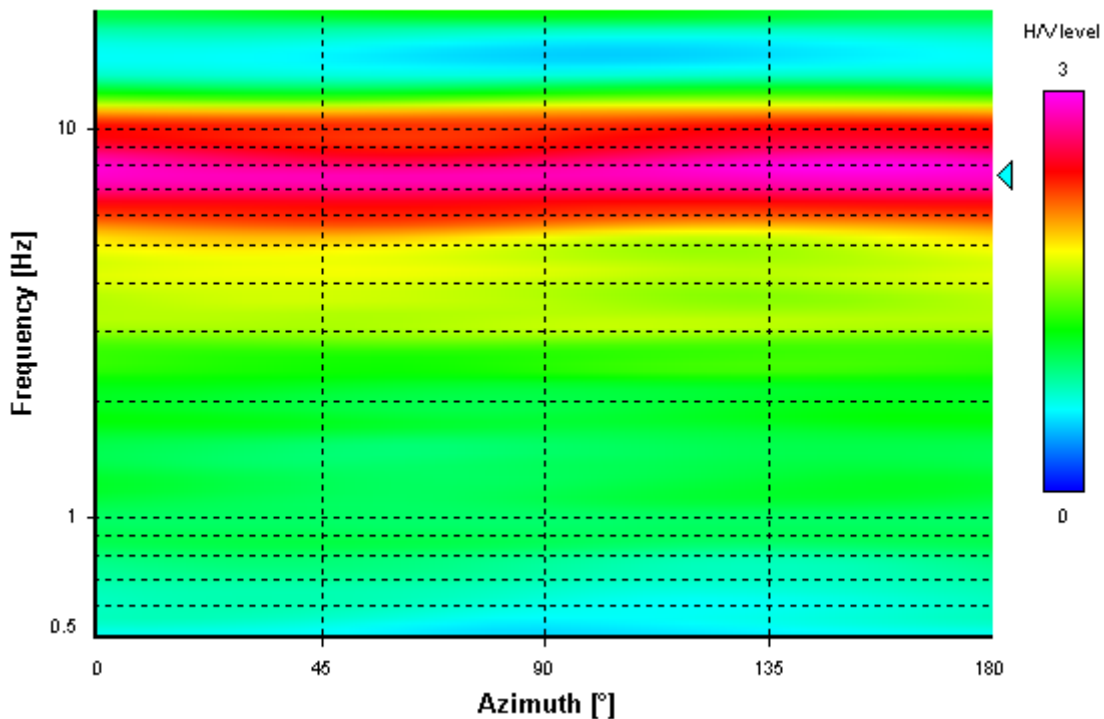
### Signal spectra average



### HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



### HVSR directional analysis



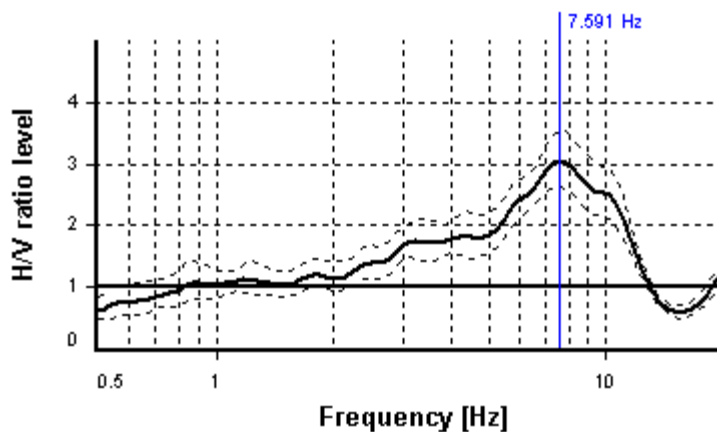
## SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**

7.591 Hz

**$A_0$  amplitude = 3.040**

**Average  $f_0 = 7.765 \pm 0.994$**



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	74 valid windows (length > 1.32 s) out of 74	OK
$n_c(f_0) > 200$	22468.74 > 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 $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	2.77563 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	12.32136 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.04 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.8% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.99383 >= 0.37954	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.16164 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

# CASTELLEONE

COMUNE DI DERUTA

P.R.G. Parte Operativa



DOCS\_791

---

VIA XX SETTEMBRE, 76 - 06121 PERUGIA

[www.studiogeologiassociati.eu](http://www.studiogeologiassociati.eu)

PRG\_PO\_MS\_RELAZIONE\_BIS .DOC

TEL./FAX 075.5721231

[info@studiogeologiassociati.eu](mailto:info@studiogeologiassociati.eu)



Committente... :  
 Cantiere..... :  
 Indagine..... :

Sondaggio..... : S1  
 Quota..... :  
 Data..... :  
 Responsabile.. :  
 Operatore..... :

Scala	Litologa	Descrizione	Spessore	% di Carotaggio					S.P.T.	P.T.	V.T.	Campioni	Diam. Foro	Metodo di Perforaz.	Metodo di Stabilizz.	Liv. di Falda	Piezometro
				1	2	3	4	5									
		Terreno di riporto	2.40														
1																	
2																	
3		Argilla limosa	1.80							2.5							
4										4.20							
5										5							
6		Marne siltose nocciola competenti e marne debolmente argillose consistenti	5.80														
7																	
8																	
9																	
10																	

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT  
 Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande  
 Perforazione: CS-Carotere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua  
 Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Bentonitici  
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

COMUNE DI DERUTA

P.R.G. Parte Operativa



DOCS\_792

---

VIA XX SETTEMBRE, 76 - 06121 PERUGIA

[www.studiogeologiassociati.eu](http://www.studiogeologiassociati.eu)

PRG\_PO\_MS\_RELAZIONE\_BIS .DOC

TEL./FAX 075.5721231

[info@studiogeologiassociati.eu](mailto:info@studiogeologiassociati.eu)



Committente... :  
 Cantiere..... :  
 Indagine ..... :

Sondaggio ..... : S2  
 Quota..... :  
 Data..... :  
 Responsabile.. :  
 Operatore..... :

Scala	Litologia	Descrizione	Spessore	% di Carotaggio	S.P.T.	P.T. Kg/cm <sup>2</sup>	V.T.	Campioni	Diam. Foro	Metodo di Perforaz.	Metodo di Stabilizz.	Liv. di Falda	Piezometro
		Terreno di riporto	0.80										
1		Marne argillose grigio-nocciola mediamente consistenti con presenza di un livello di marne più competenti (strato d'alterazione del sub-strato litolide)											
2													
3			4.20										
4													
5		Marne siltose nocciola competenti e marne debolmente argillose consistenti con presenza di interlivelli di arenarie											
6													
7													
8			5.00										
9													
10													

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT  
 Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande  
 Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elca Continua  
 Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Bentonitici  
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa