

Rapporto Tecnico di Prova

PROVA SISMICA MASW PRELIMINARE

REV.	Data e località	Ditta	Redatto	Controllato	Approvato	COMM.-JOB:
0	GIUGNO 2021		Dott. Giuseppe Coco	Dr. M. Corrao Dr.	Dott. Giuseppe Coco	

CONSORZIO L.R.
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874.
Iscritta al R.E.A. 270647

consorzio@lr-srl.it

www.LR-SRL.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona industriale, Capannone n. 5
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 69
94018 Troina (EN)

Indice

1	Premessa	2
2	PROVA SISMICA MULTICANALE MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) .4	
2.1	Generalità	4
2.2	Strumentazione e Configurazione Geometrica	4
2.3	Elaborazione Dati	5
2.4	Risultati prove MASW	7
2.4.1	MASW 1	8
2.4.2	MASW 2	11
2.4.3	MASW 3	14
2.4.4	MASW 4	17
2.4.5	MASW 5	20
2.4.6	MASW 6	23
2.4.7	MASW 7	26
2.4.8	MASW 8	29
2.4.9	MASW 9	32
2.4.10	MASW 10	35
2.4.11	MASW 11	38
2.4.12	MASW 12	41
2.4.13	MASW 13	44
2.4.14	MASW 14	47
2.4.15	MASW 15	50
2.4.16	MASW 16	53

1 Premessa

Le prove geofisiche oggetto del presente rapporto sono state eseguite nell'ambito di uno studio geognostico finalizzato alla definizione sismo-stratigrafica, alla valutazione della risposta sismica locale ed alla stima del profilo di velocità delle onde di taglio per il calcolo del parametro V_{seq} secondo quanto previsto dal DM 2018, in relazione al progetto di intervento nel tratto del “**Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse**”.

A tal fine sono state commissionate ed eseguite una campagna geofisica non invasive di tipo sismico basata sulla propagazione di onde superficiali di Rayleigh (surface wave method – SWM) di tipo attivo (Multichannel Analysis of Surface Waves - M.A.S.W.).

Di seguito sono tabulate le quantità, le denominazioni e le configurazioni geometriche eseguite:

ID M.A.S.W.	Tipologia	Lunghezza (m)
MW 1	Onde Rayleigh	60
MW 2		
MW 3		
MW 4		
MW 5		
MW 6		
MW 7		
MW 8		
MW 9		
MW10		
MW11		
MW12		
MW13		
MW14		
MW15		
MW16		

Tabella 1 – Elenco e configurazioni dei transetti sismici eseguiti

In totale sono state eseguite nr. 16 prove sismiche M.A.S.W. in accordo con le disposizioni tecniche contenute nel documento **ASTM D6429-99: “Standard Guide for Selecting Surface Geophysical Methods”**.

Per ogni prova M.A.S.W. eseguita si riportano:

- 1) L'ubicazione della prova eseguita;
- 2) La curva di dispersione sperimentale.
- 3) Il modello 1D di velocità delle onde di taglio (V_s)

CONSORZIO L.R.
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg
delle Imprese di Catania n. 05184000874.
Iscritta al R.E.A. 270647

consorzio@lr-srl.it

www.LR-SRL.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona industriale, Capannone n. 5
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 69
94018 Troina (EN)

- 4) La sovrapposizione tra la curva sperimentale e la curva teorica
Il calcolo del Parametro Vs30 e la relativa categoria del sottosuolo.

CONSORZIO L.R.
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg
delle Imprese di Catania n. 05184000874.
Iscritta al R.E.A. 270647

consorzio@lr-srl.it

www.LR-SRL.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona industriale, Capannone n. 5
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 69
94018 Troina (EN)

2 PROVA SISMICA MULTICANALE MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

2.1 Generalità

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

2.2 Strumentazione e Configurazione Geometrica

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale MAE A6000S, avente le seguenti caratteristiche tecniche :

- Velocità di campionamento dei segnali compresa tra 0.002 e 0.000033 sec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break);
- filtri High Pass e Band Reject;
- "Automatic Gain Control";
- convertitore A/D a 24 bit.

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni "base distante in linea". In particolare è stato utilizzato il seguente set-up:

- geofoni ad asse di oscillazione verticale con interspazio (G_x) 3 metri;
- n. 2 energizzazioni ad offset (S_x) variabile come multiplo del G_x in A/R;
- lunghezza delle tracce sismiche pari a 4.096 sec.;
- massa battente pesante di 10 Kg.

Le configurazioni adottate hanno consentito di mitigare gli effetti near-field dovuti alle onde di volume ed ha altresì consentito di avere le seguenti risoluzioni spazio-temporali:

CONSORZIO L.R.
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg
delle Imprese di Catania n. 05184000874.
Iscritta al R.E.A. 270647

consorzio@lr-srl.it

www.LR-SRL.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona industriale, Capannone n. 5
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 69
94018 Troina (EN)

lungo i numeri d'onda k la risoluzione è stata pari a 0.261 m^{-1} , mentre la risoluzione in frequenza è stata pari a 0.244 Hz .

2.3 Elaborazione Dati

L'analisi MASW può essere ricondotta in quattro fasi:

- la prima fase prevede la trasformazione delle serie temporali (fig. 1) nel dominio frequenza f – numero d'onda K (fig. 1);

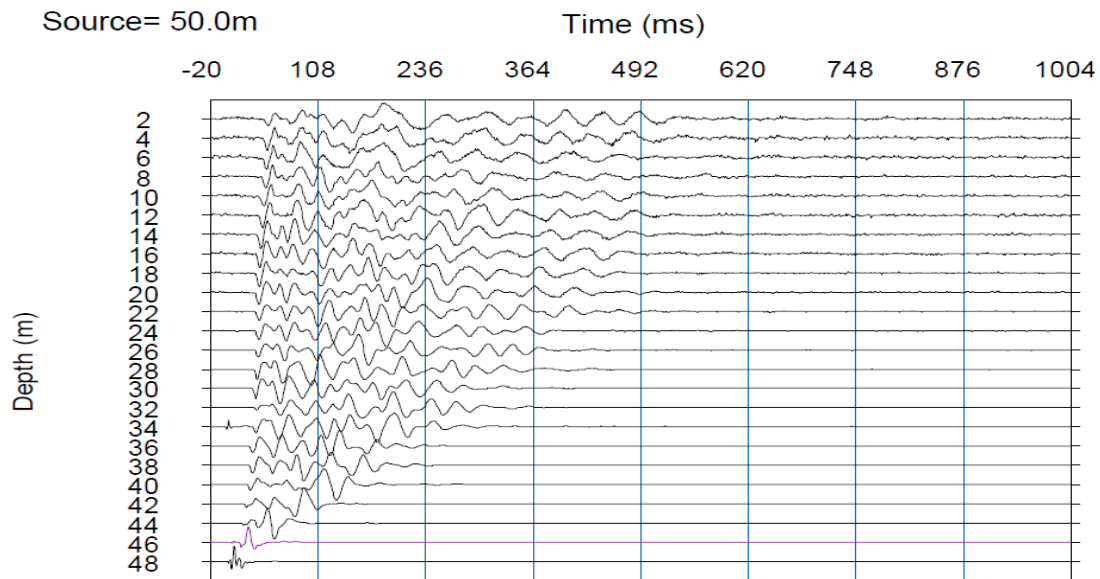


Figura 1. Serie Temporali

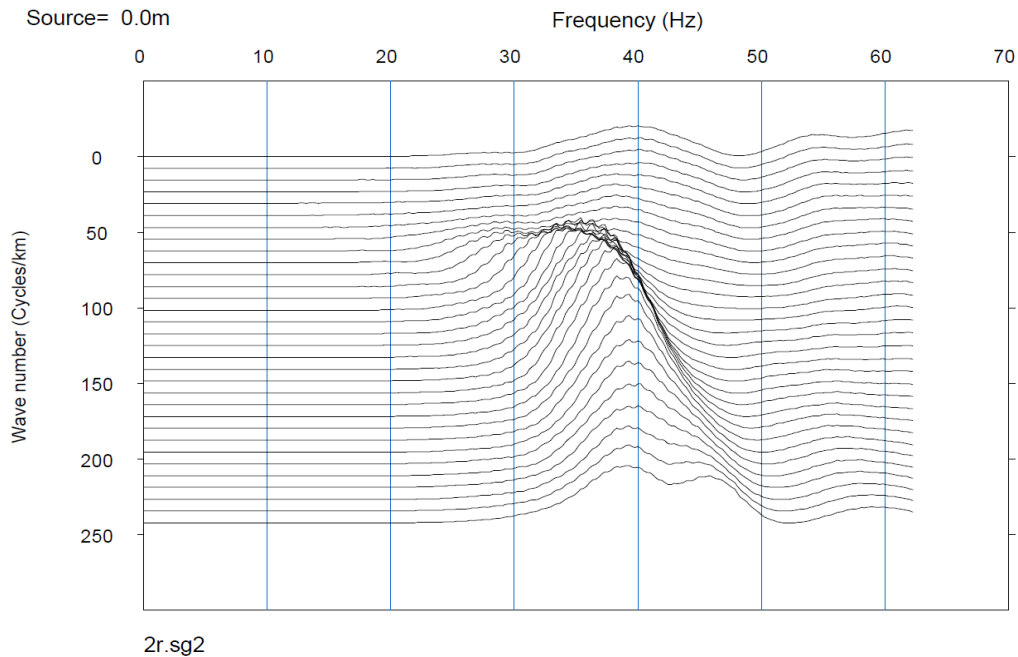


Figura 2. Analisi frequenza/numero d'onda

- la seconda fase consiste nella individuazione delle coppie f-k cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale). Attraverso tali punti applicando la (1) si ottiene la curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano V_{fase} (m/sec) – frequenza (Hz) (fig. 2 E SIMILARI).

$$V_R(\omega) = \frac{2\pi f}{k_{MAX}} \quad (1)$$

- la terza fase consiste nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p e la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo.
- la quarta ed ultima fase consiste nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo.

Le operazioni suddette sono state ripetute per tutte le registrazioni relative agli scoppi.

2.4 Risultati prove MASW ¹

I risultati della prova MASW consistono nella stima della curva di dispersione e nel calcolo del modello di velocità. Di seguito si riportano la curva di dispersione sperimentale, il modello di velocità finale calcolato, la sovrapposizione della curva sperimentale con quello teorica ed il calcolo del parametro $V_{S,eq}$ (2) per l'attribuzione della categoria del sottosuolo.

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad (2)$$

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

Tabella 2 "Range" V_{sEQ} da normativa NTC 2018 – Approccio semplificato

¹ Il valore del VS30 è stato calcolato dal piano campagna.

2.4.1 MASW 1

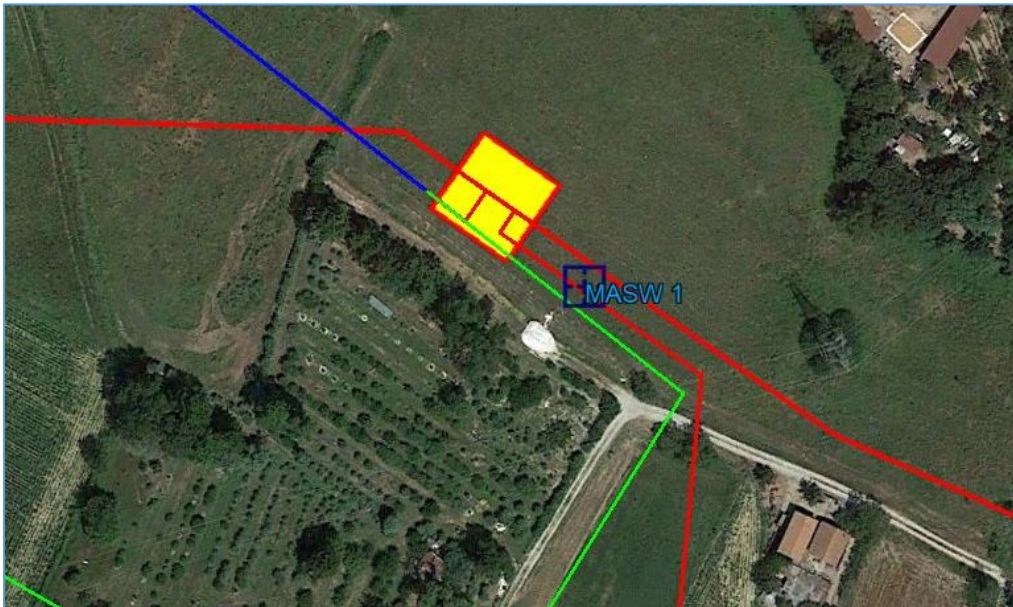


Foto 1 – Ubicazione stesa MASW



Foto 2 – MASW 1

CONSORZIO L.R.
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

consorzio@lr-srl.it

www.LR-SRL.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

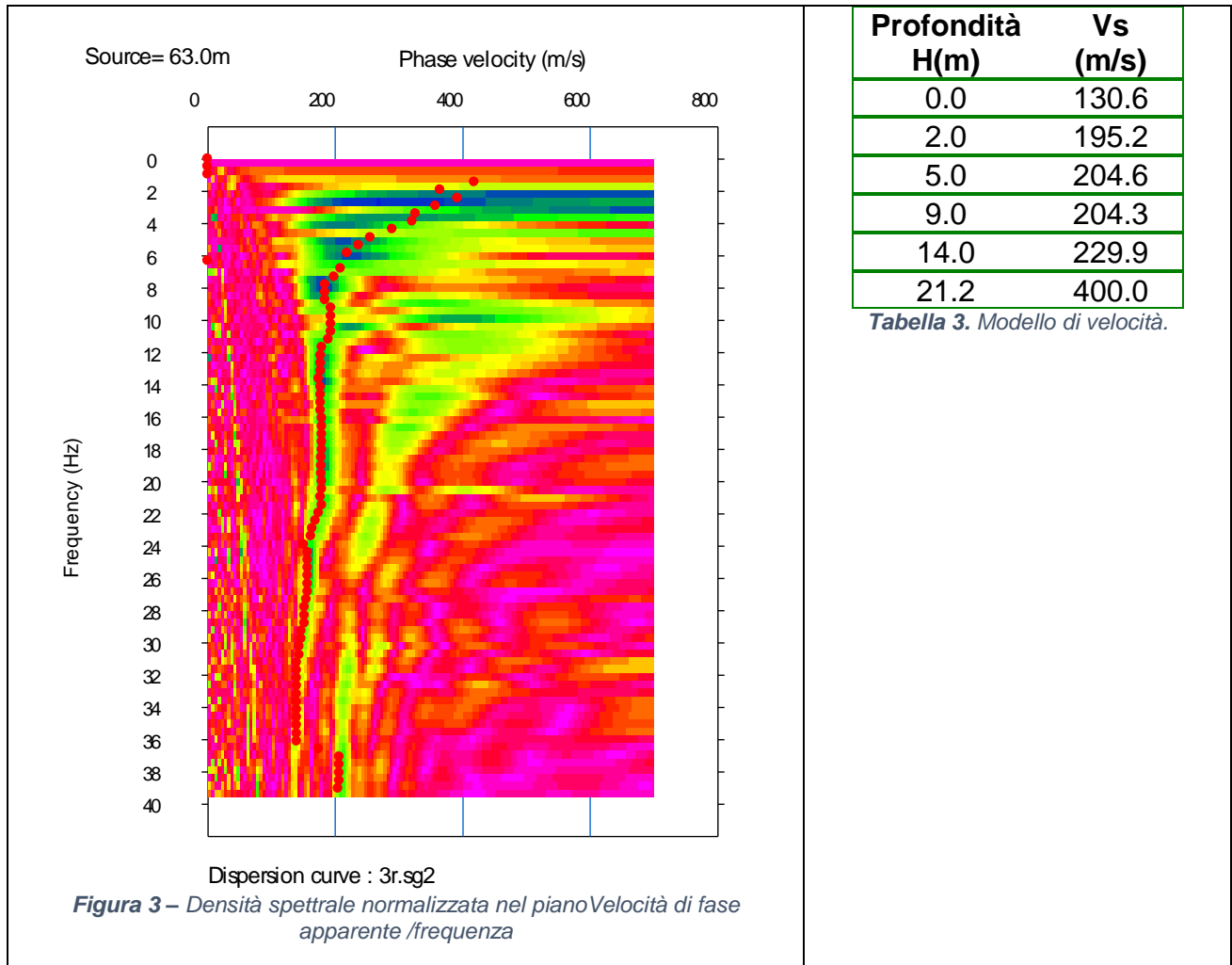
Zona industriale, Capannone n. 5
94010 Catenuova (EN)

Fax +39 095 7336297

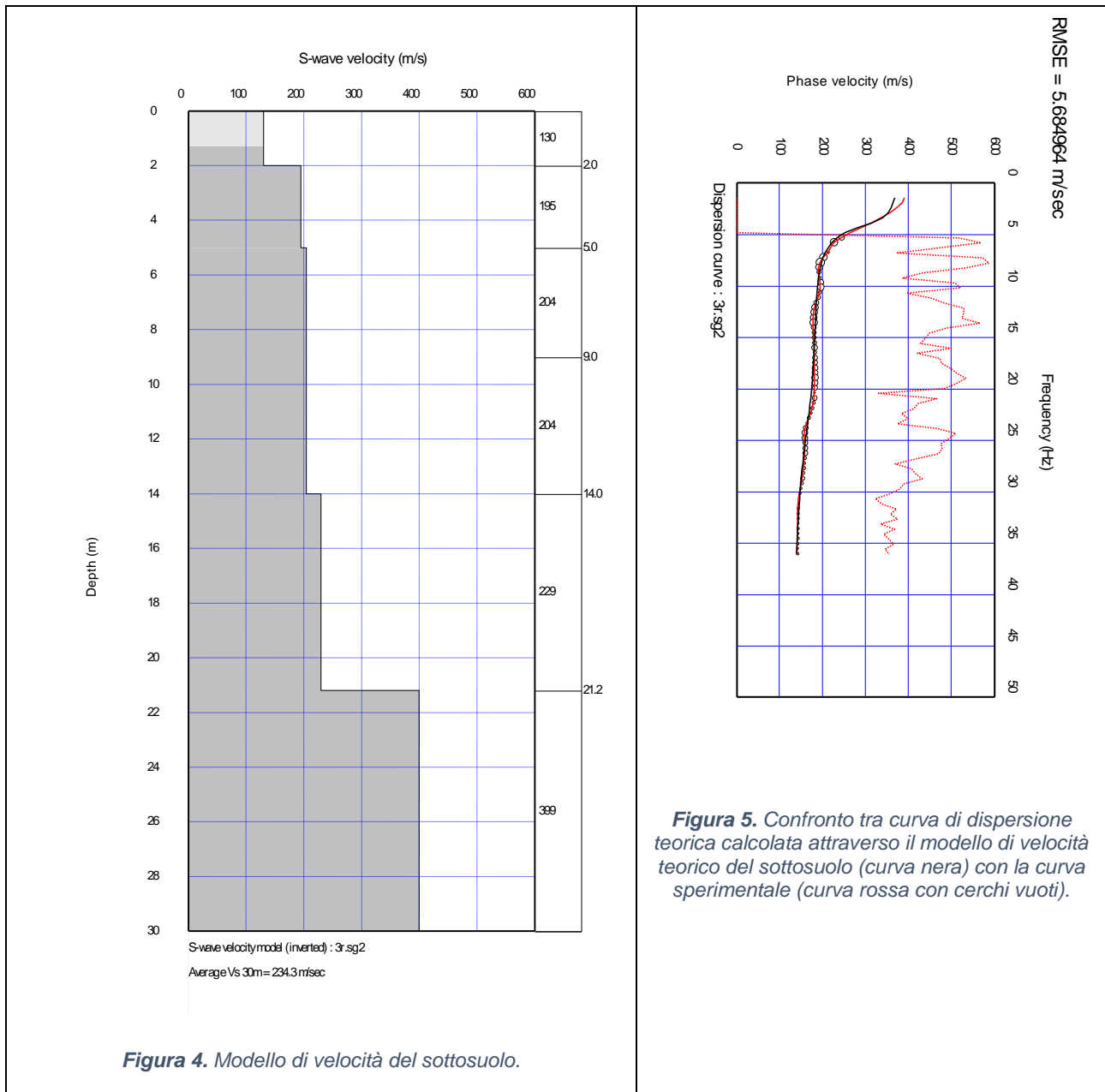
Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 69
94018 Troina (EN)

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) - frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 3.81 Hz e 36.2 Hz. La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 160.7 m/s e 405.05 m/s (Fig. 3). La curva di dispersione ha un andamento normale dispersivo.



La curva di dispersione teorica, calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità (Fig. 4), ha uno scarto RMSE pari a 5.68 m/s con la curva di dispersione sperimentale, che rappresenta il modo fondamentale.



Sismostrato	Profondità (m-)	Spessore 30 – h (m-)	V _s (m/s)	h/V _s (sec ⁻¹)	V _{sEQ} (30) (m/s)
1	0	2.00	130.63344	0.0153	234.33
2	2	3.00	195.15637	0.0154	
3	5	4.00	204.64882	0.0195	
4	9	5.00	204.28798	0.0245	
5	14.00	7.20	229.89	0.0313	
6	21.20	8.80	399.97479	0.0220	

2.4.2 MASW 2

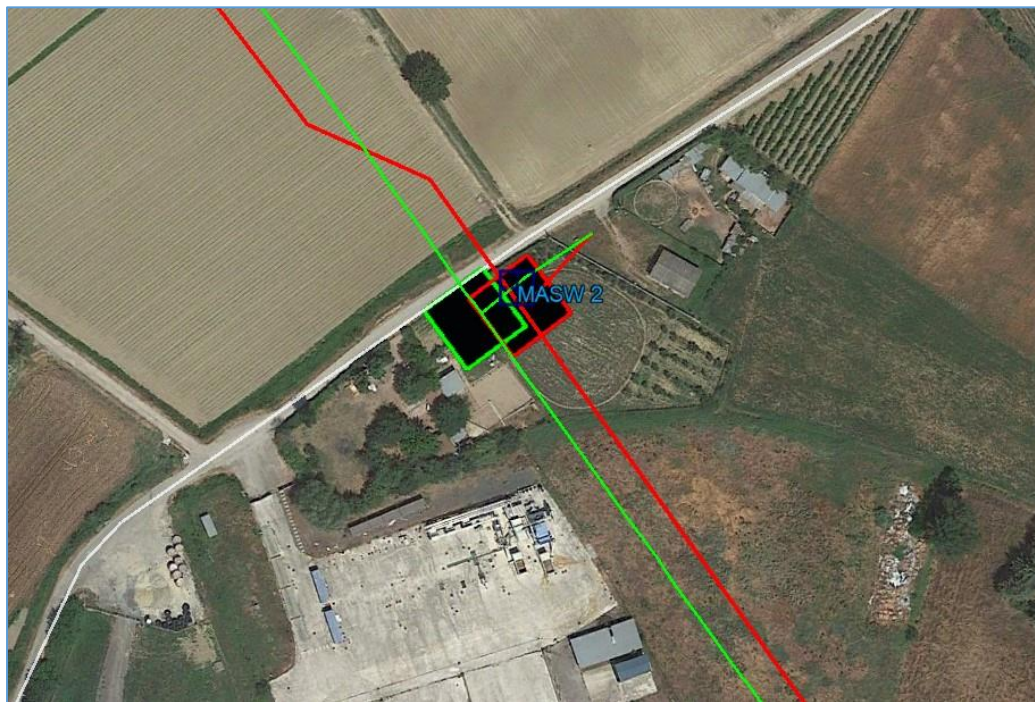


Foto 3 – Ubicazione stesa MASW



Foto 4 – MASW 2

CONSORZIO L.R.
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

consorzio@lr-srl.it

www.LR-SRL.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

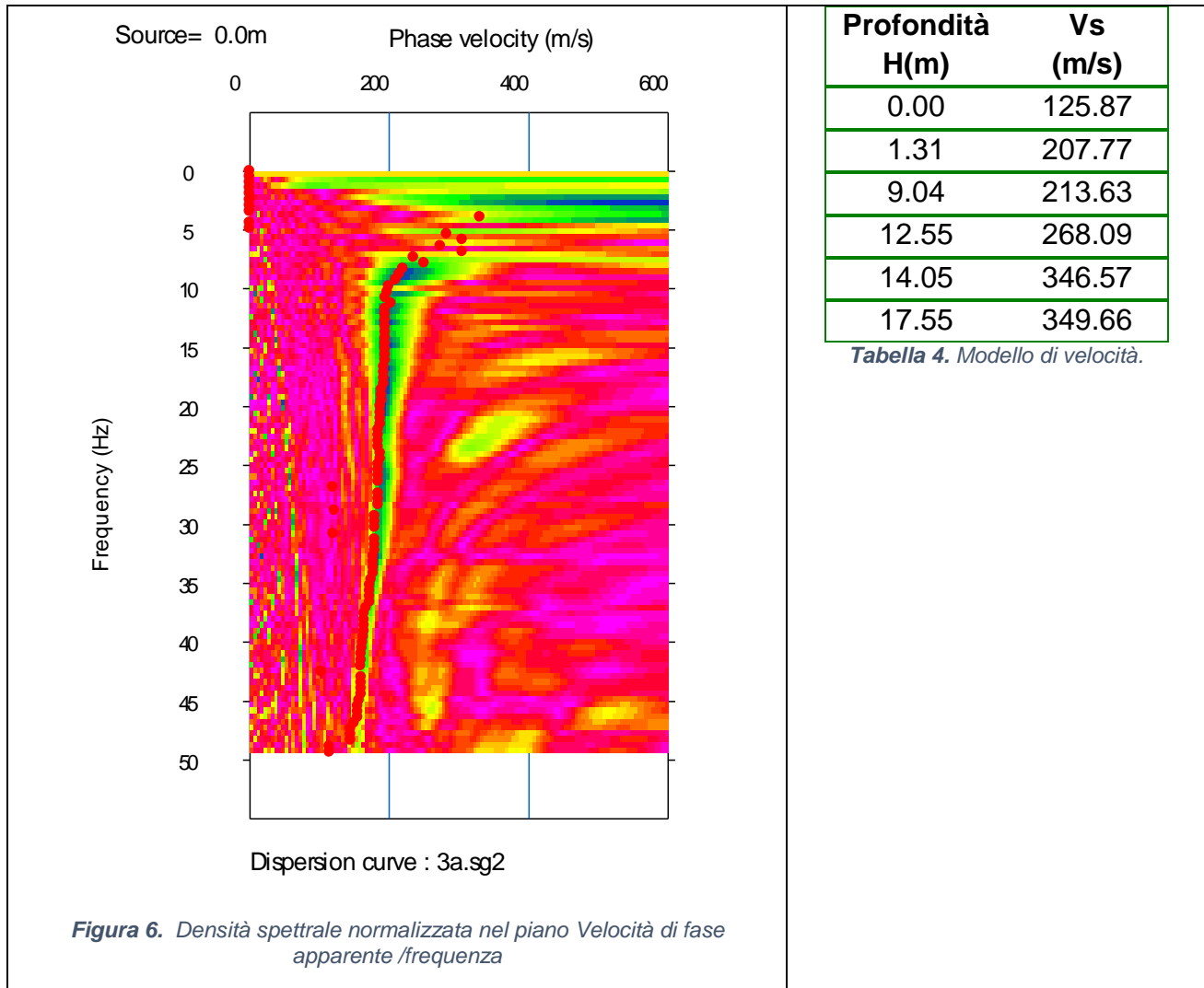
Zona industriale, Capannone n. 5
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 69
94018 Troina (EN)

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) - frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 4.91 Hz e 59.2 Hz. La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 371.7 m/s e 192.85 m/s (Fig. 6). La curva di dispersione ha un andamento normale dispersivo.



La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità (Fig. 7) ha uno scarto RMSE pari a 3.83 m/s con la curva di dispersione sperimentale, che rappresenta il modo fondamentale.

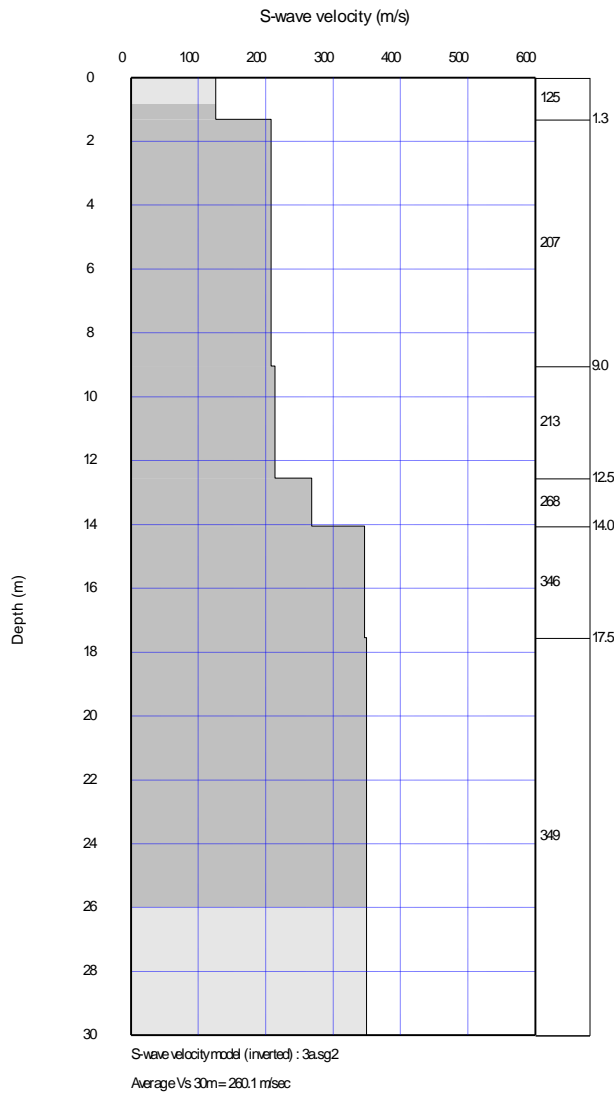


Figura 7. Modello di velocità del sottosuolo.

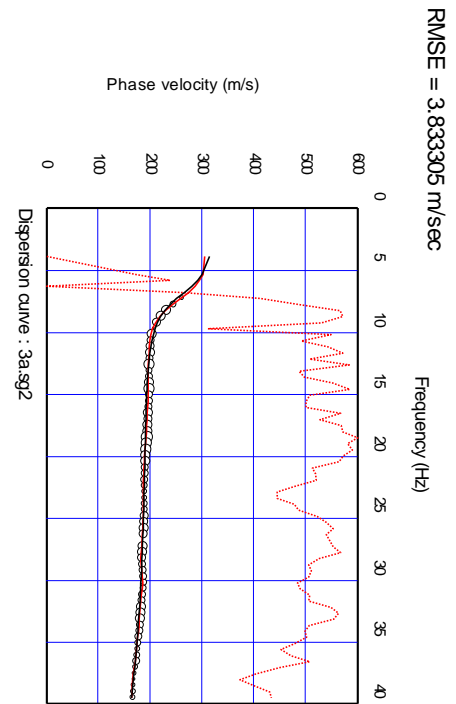


Figura 8. Confronto tra curva di dispersione teorica calcolata attraverso il modello di velocità teorico del sottosuolo (curva nera) con la curva sperimentale (curva rossa con cerchi vuoti).

Sismostrato	Profondità (m-)	Spessore30 - h -(m-)	V _s (m/s)	h/V _s (sec ⁻¹)	V _{sEQ 30} (m/s)
1	0.00	1.31	125.87	0.0104	260.07
2	1.31	7.72	207.77	0.0372	
3	9.04	3.51	213.63	0.0164	
4	12.55	1.50	268.09	0.0056	
5	14.05	3.50	346.57	0.0101	
6	17.55	12.45	349.66	0.0356	

2.4.3 MASW 3

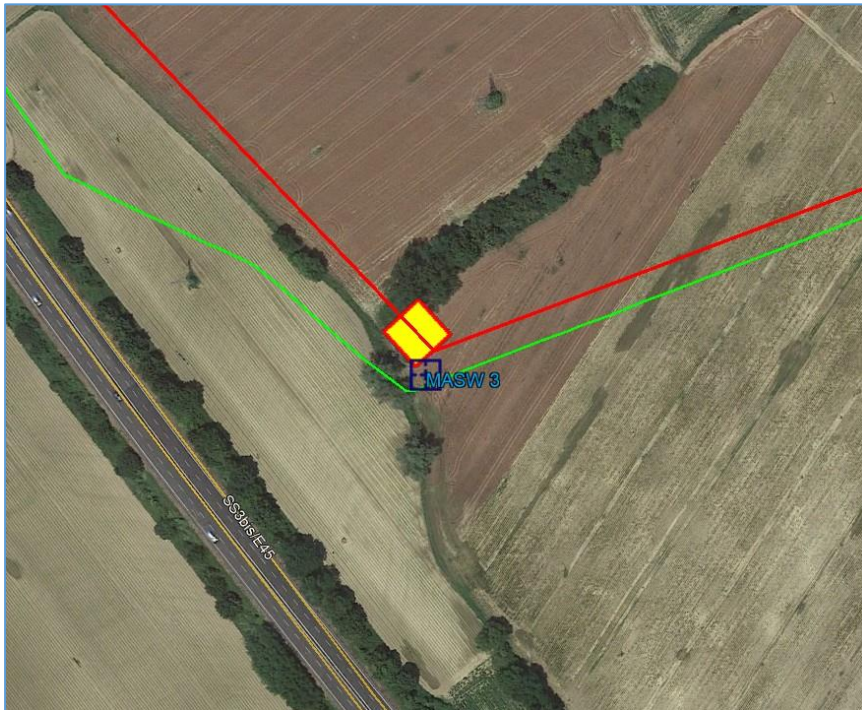


Foto 5 – Ubicazione stesa MASW



Foto 6 – MASW 3

CONSORZIO L.R.
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

consorzio@lr-srl.it

www.LR-SRL.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

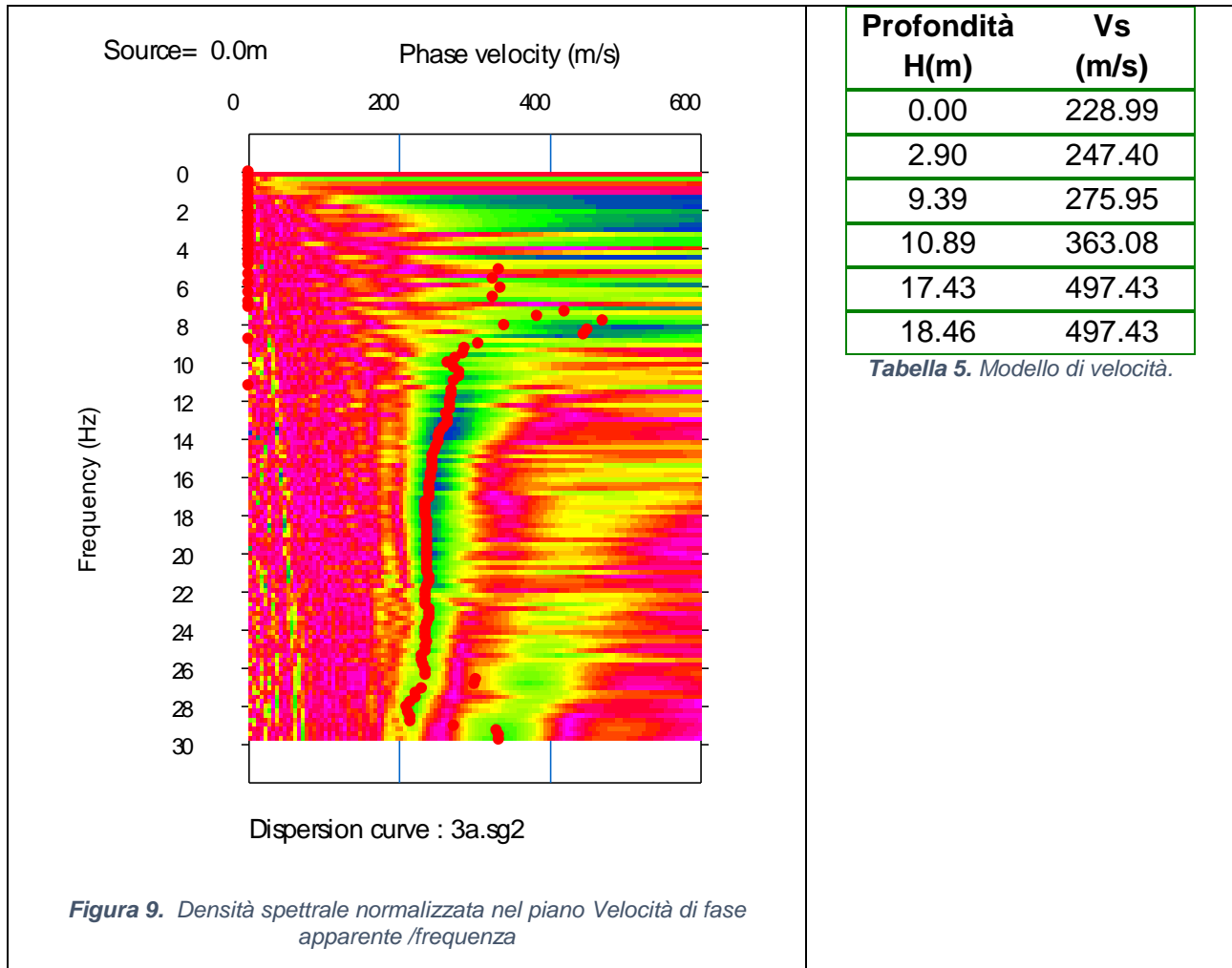
Zona industriale, Capannone n. 5
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

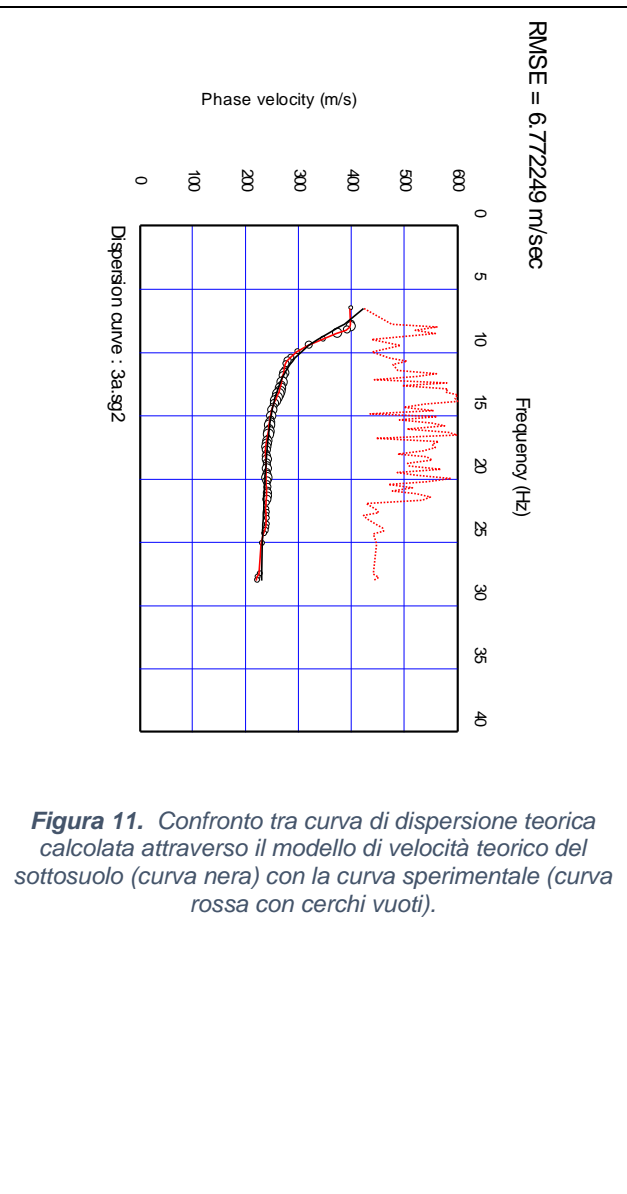
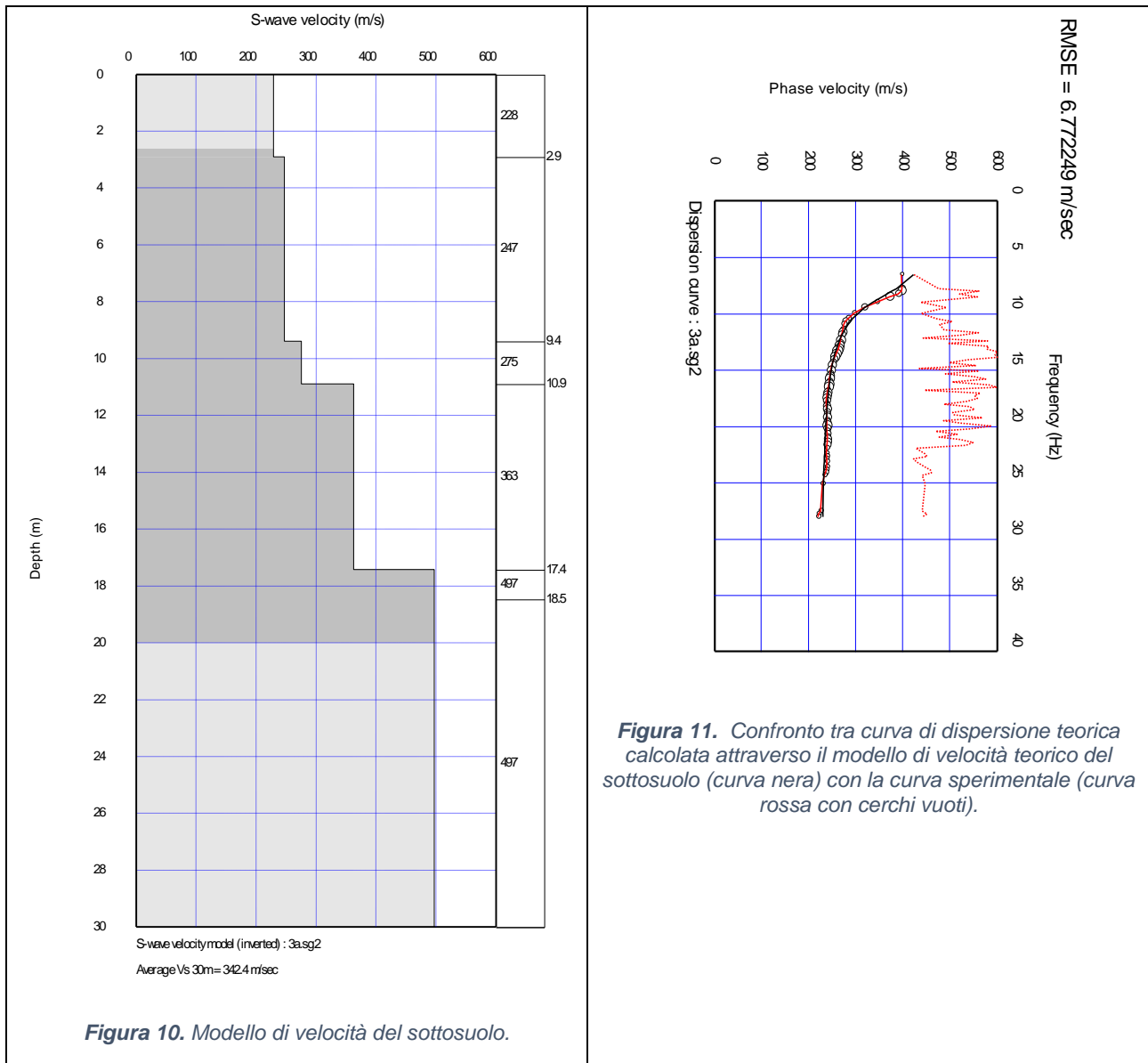
Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 69
94018 Troina (EN)

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) - frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 7.9 Hz e 30.2 Hz. La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 501.7 m/s e 201.05 m/s (Fig. 9). La curva di dispersione ha un andamento normale dispersivo.



La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità (Fig. 11) ha uno scarto RMSE pari a 6.77 m/s con la curva di dispersione sperimentale, che rappresenta il modo fondamentale.



Sismostrato	Profondità (m-)	Spessore30 - h -(m-)	Vs (m/s)	h/Vs (sec-1)	VsEQ (30) (m/s)
1	0.00	2.90	228.99	0.0127	342.39
2	2.90	6.49	247.40	0.0262	
3	9.39	1.50	275.95	0.0054	
4	10.89	6.53	363.08	0.0180	
5	17.43	1.04	497.43	0.0021	
6	18.46	11.54	497.43	0.0232	

2.4.4 MASW 4

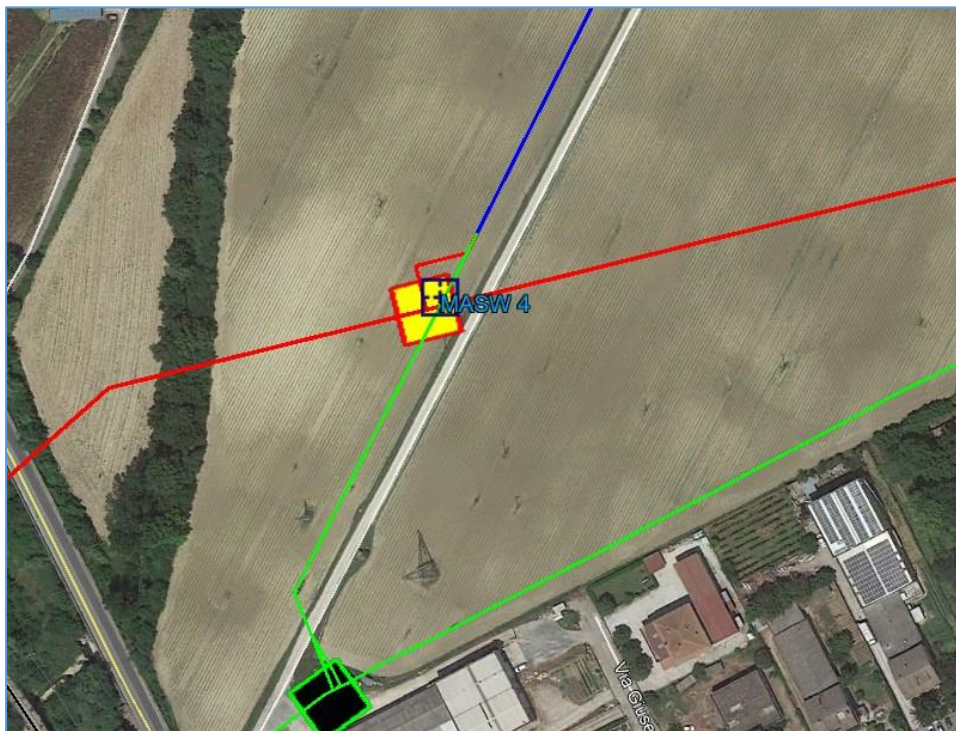


Foto 7 – Ubicazione stesa MASW



Foto 8 – MASW 4

CONSORZIO L.R.
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874.
Iscritta al R.E.A. 270647

consorzio@lr-srl.it

www.LR-SRL.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

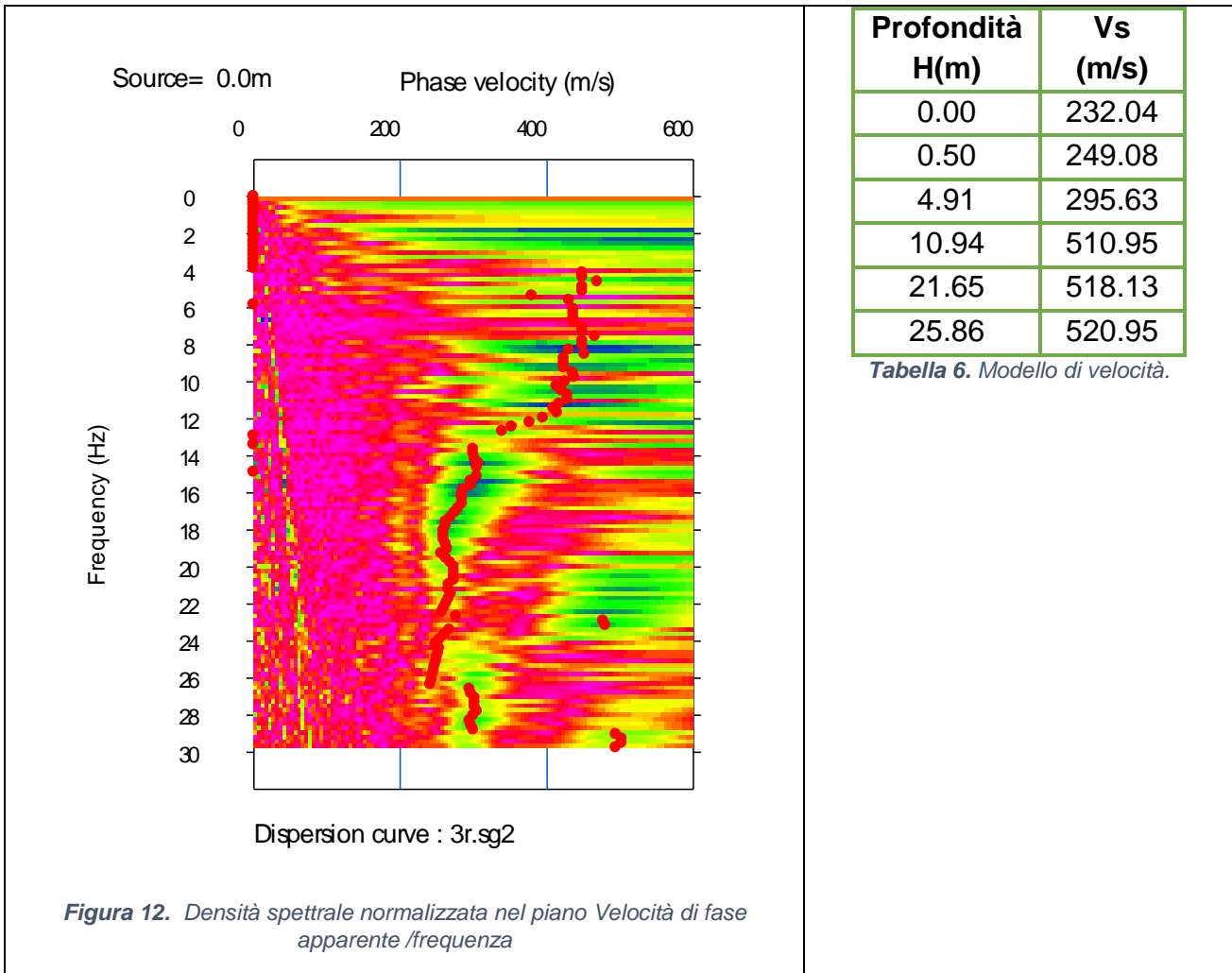
Zona industriale, Capannone n. 5
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

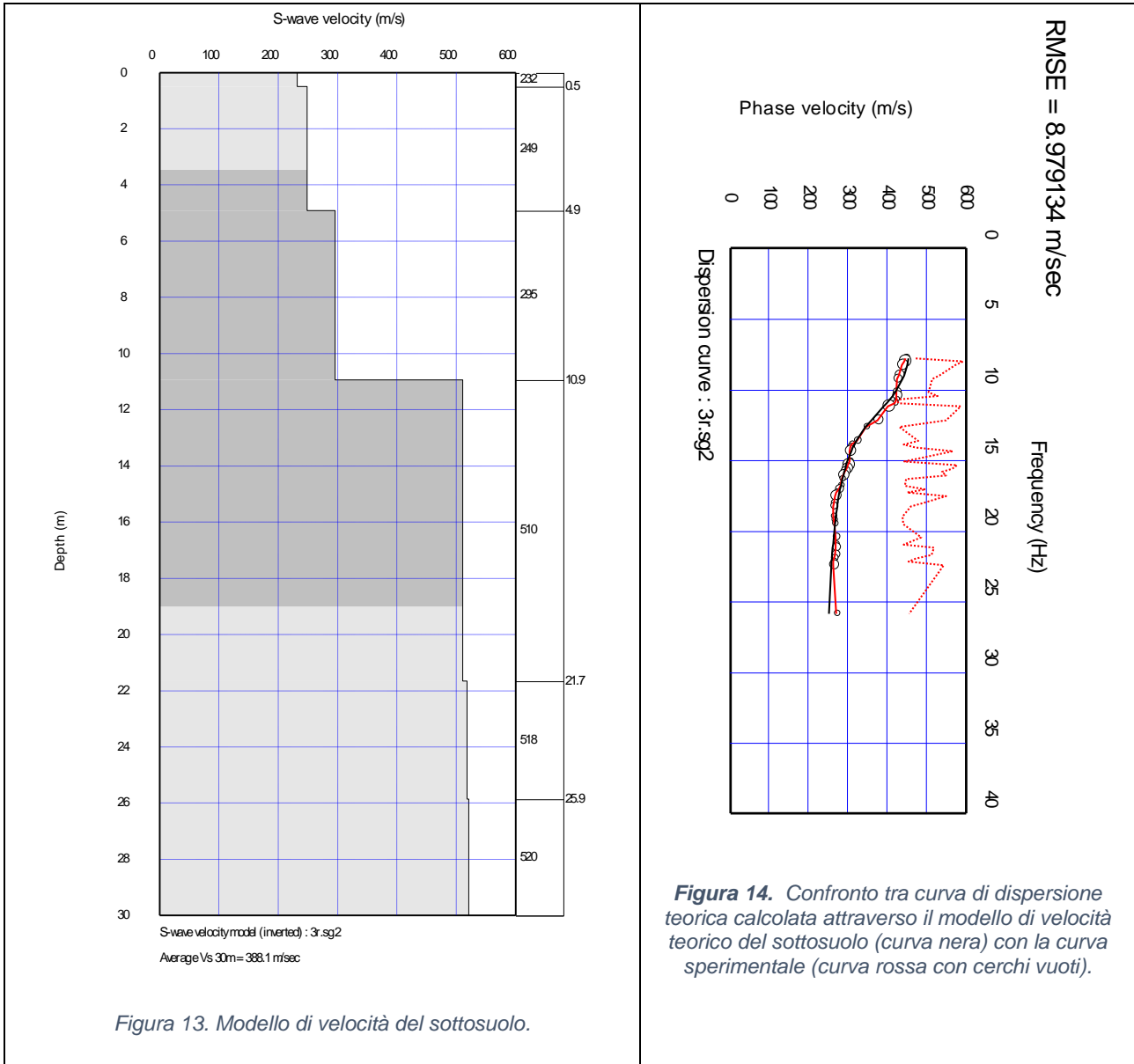
Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 69
94018 Troina (EN)

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) - frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 5.011 Hz e 27.2 Hz. La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 428.7 m/s e 259.05 m/s (Fig. 12). La curva di dispersione ha un andamento normale dispersivo.



La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità (Fig. 13) ha uno scarto RMSE pari a 8.979 m/s con la curva di dispersione sperimentale, che rappresenta il modo fondamentale.



Sismostrato	Profondità (m-)	Spessore 30 - h (m-)	V _s (m/s)	h/V _s (sec ⁻¹)	V _{sEQ} (30) (m/s)
1	0.00	0.50	232.04	0.0022	388.12
2	0.50	4.41	249.08	0.0177	
3	4.91	6.03	295.63	0.0204	
4	10.94	10.71	510.95	0.0210	
5	21.65	4.21	518.13	0.0081	
6	25.86	4.14	520.95	0.0079	

2.4.5 MASW 5

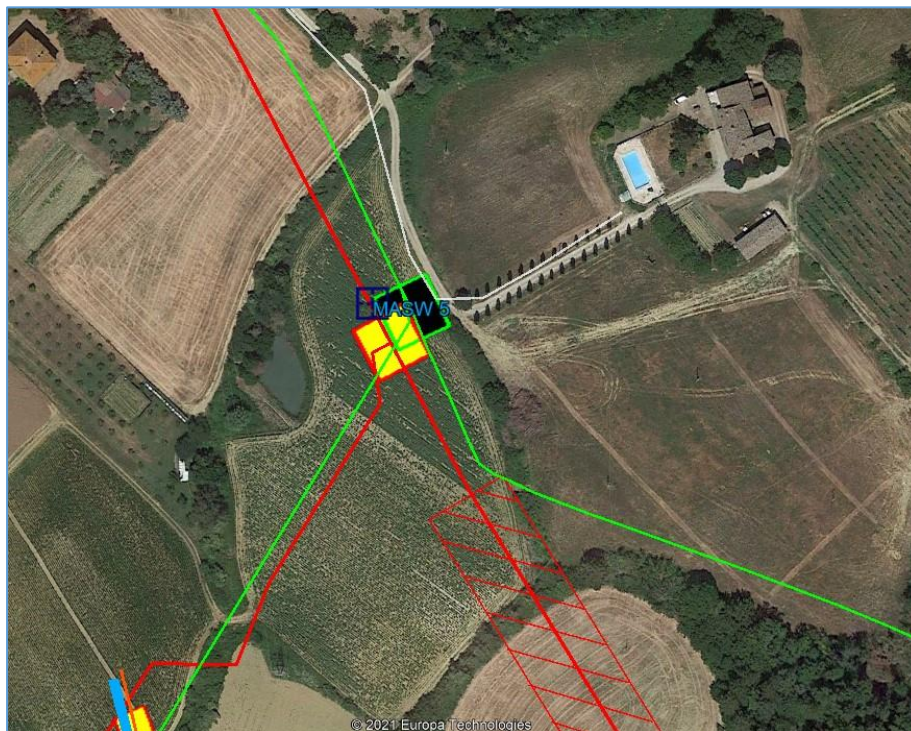


Foto 9 – Ubicazione stesa MASW



Foto 10 – MASW 5

CONSORZIO L.R.
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874.
Iscritta al R.E.A. 270647

consorzio@lr-srl.it

www.LR-SRL.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

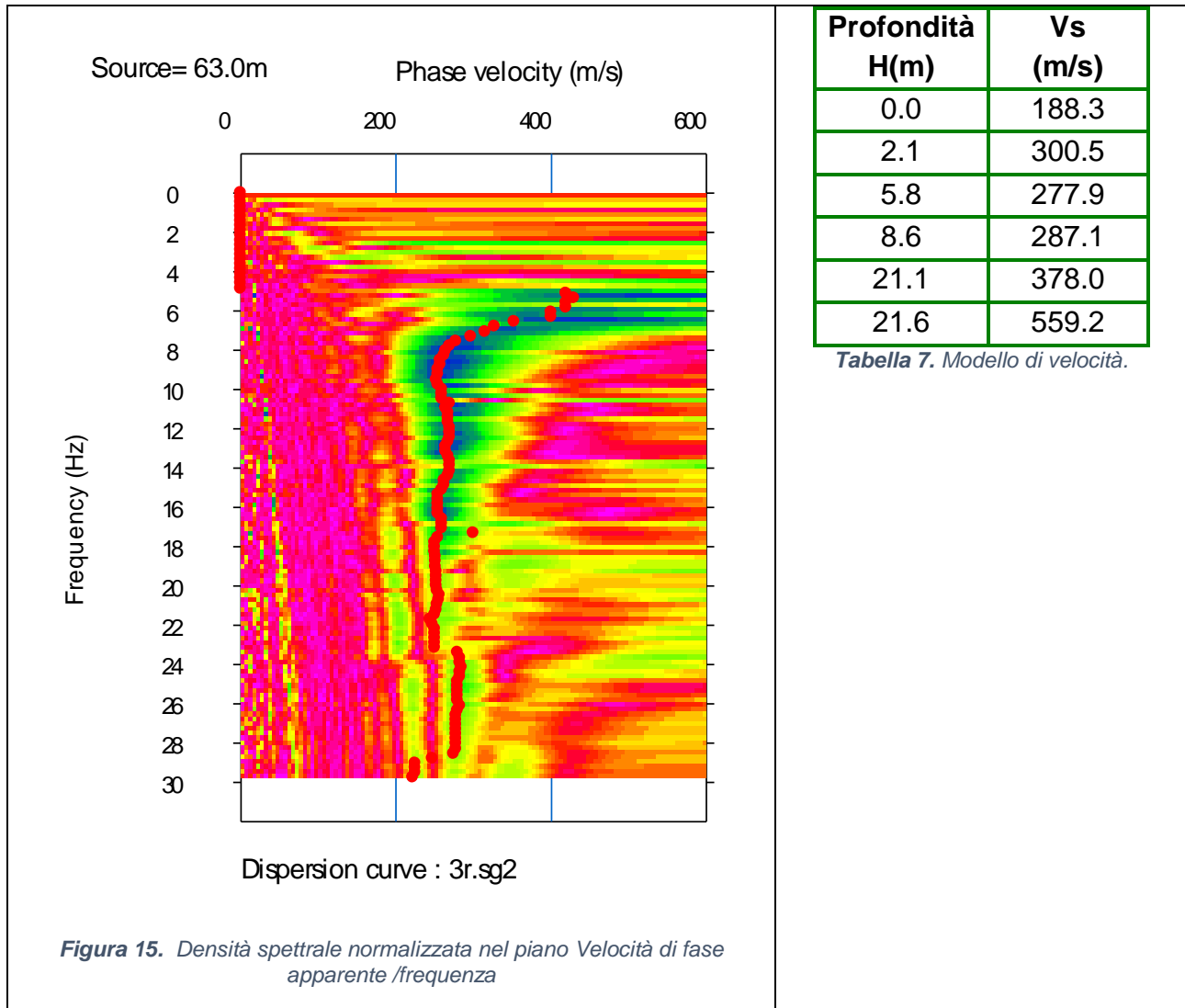
Zona industriale, Capannone n. 5
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

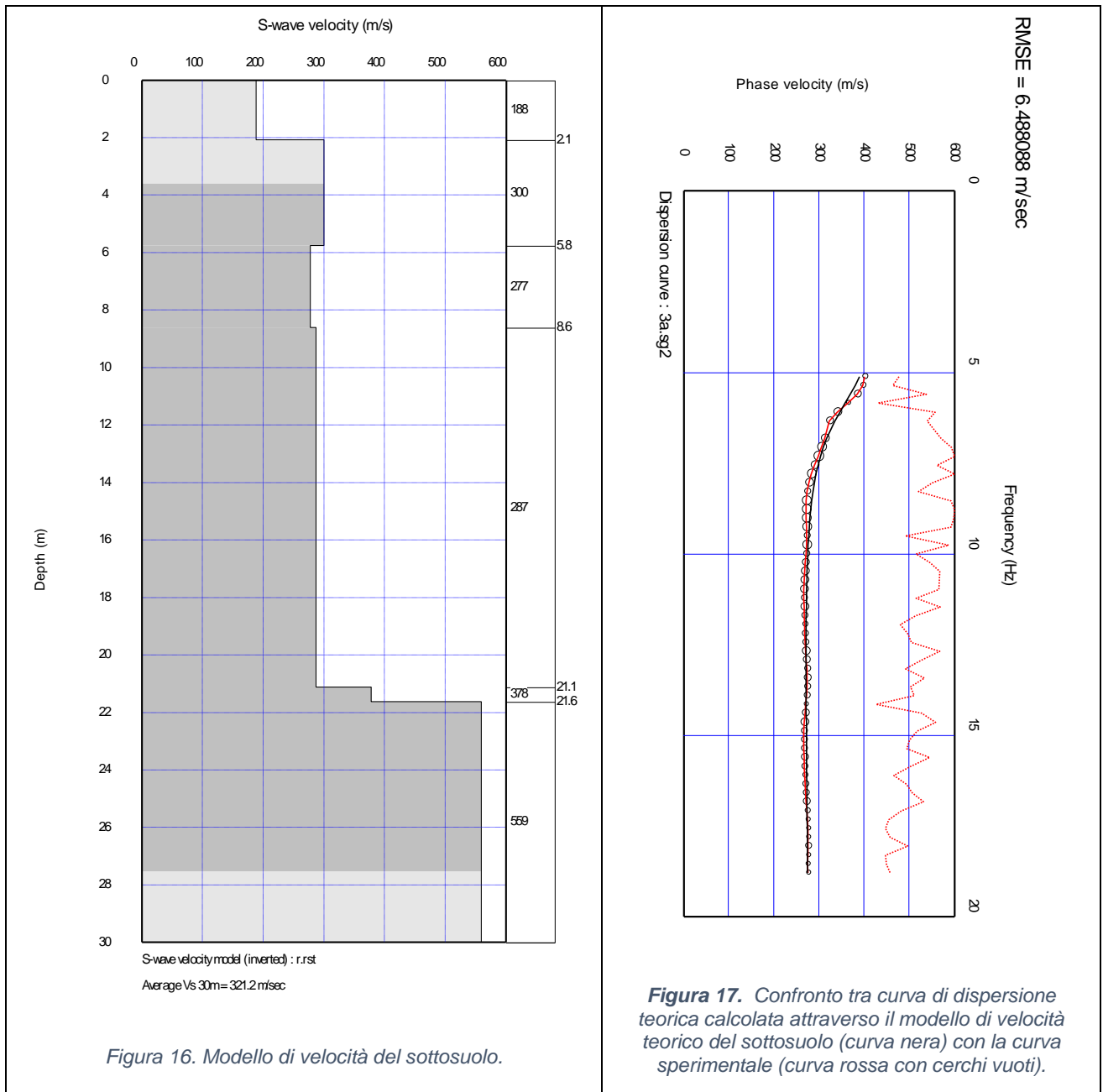
Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 69
94018 Troina (EN)

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) - frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 5.11 Hz e 27.2 Hz. La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 418.7 m/s e 229.05 m/s (Fig. 16). La curva di dispersione ha un andamento normale dispersivo.



La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità (Fig. 17) ha uno scarto RMSE pari a 6.489 m/s con la curva di dispersione sperimentale, che rappresenta il modo fondamentale.



Sismostrato	Profondità (m-)	Spessore30 - h -(m-)	V _s (m/s)	h/V _s (sec ⁻¹)	V _{sEQ} (30) (m/s)
1	0.0	2.07	188.3	0.0110	321.16
2	2.1	3.68	300.5	0.0123	
3	5.8	2.85	277.9	0.0103	
4	8.6	12.51	287.1	0.0436	
5	21.1	0.50	378.0	0.0013	
6	21.6	8.38	559.2	0.0150	

2.4.6 MASW 6

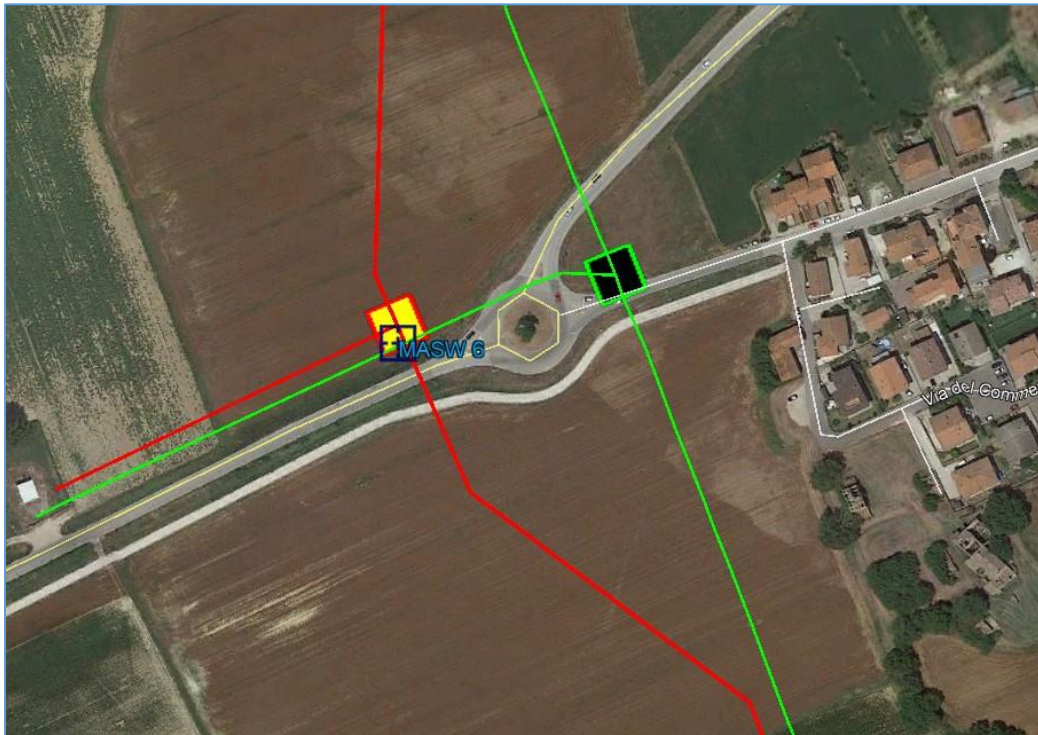


Foto 11 – Ubicazione stesa MASW



Foto 12 – MASW 6

CONSORZIO L.R.
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

consorzio@lr-srl.it

www.LR-SRL.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

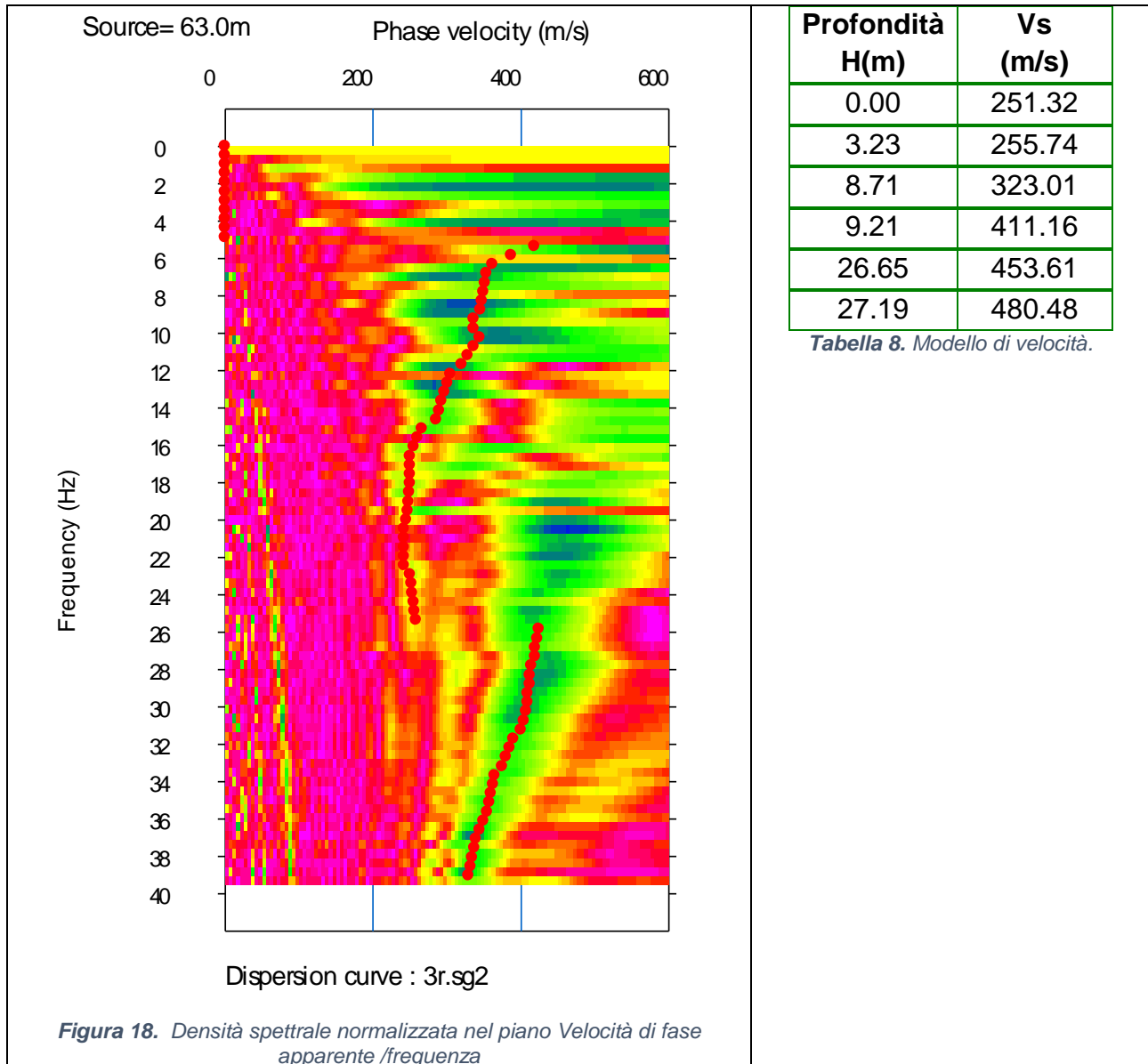
Zona industriale, Capannone n. 5
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

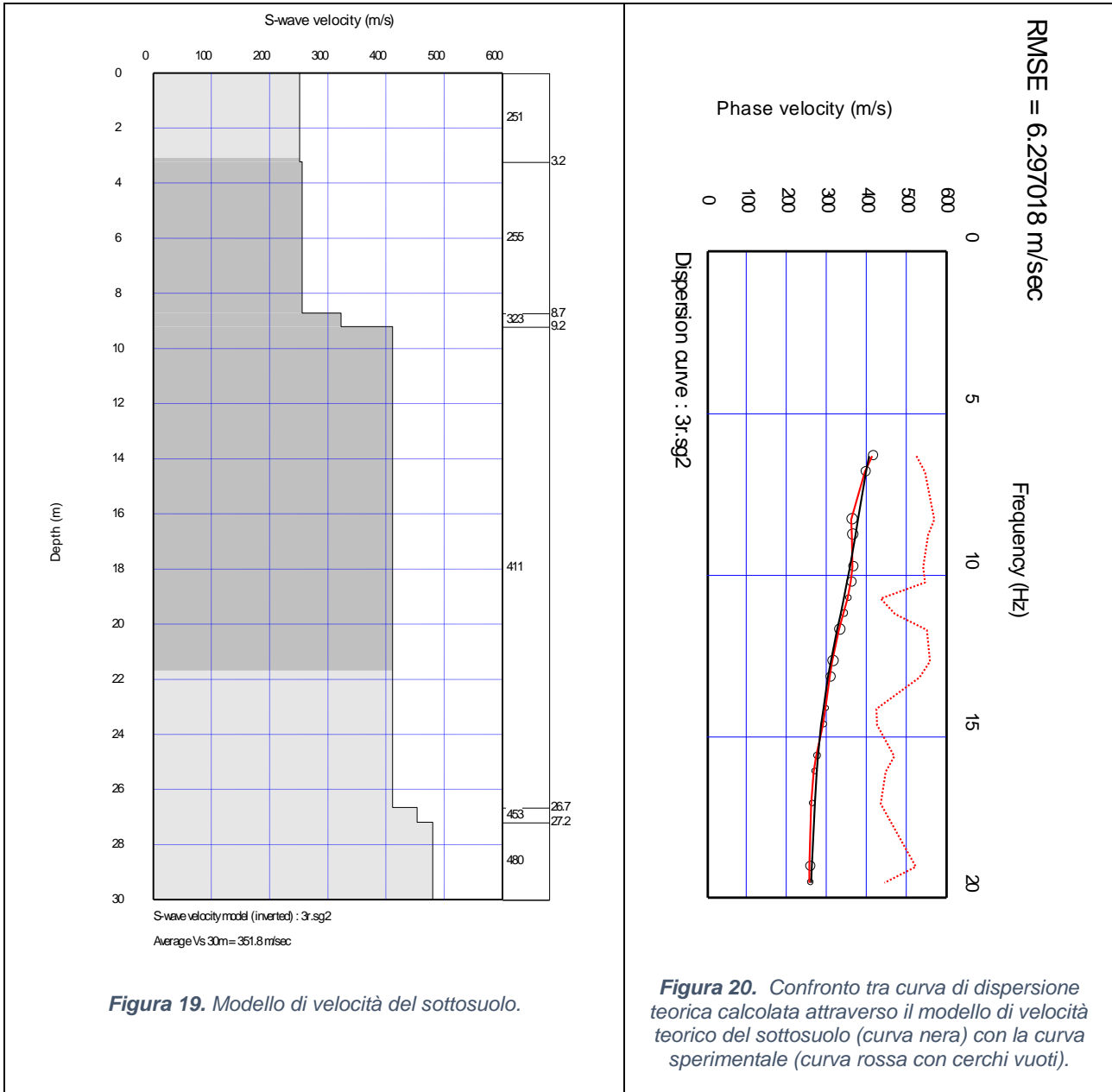
Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 69
94018 Troina (EN)

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) - frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 5.51 Hz e 37.2 Hz. La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 408.7 m/s e 209.05 m/s (Fig. 18). La curva di dispersione ha un andamento normale dispersivo.



La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità (Fig.20) ha uno scarto RMSE pari a 6.29 m/s con la curva di dispersione sperimentale, che rappresenta il modo fondamentale.



Sismostrato	Profondità (m-)	Spessore30 - h (m-)	V _s (m/s)	h/V _s (sec ⁻¹)	V _{sEQ} (30) (m/s)
1	0.00	3.23	251.32	0.0129	351.77
2	3.23	5.48	255.74	0.0214	
3	8.71	0.50	323.01	0.0015	
4	9.21	17.44	411.16	0.0424	
5	26.65	0.54	453.61	0.0012	
6	27.19	2.81	480.48	0.0058	

2.4.7 MASW 7

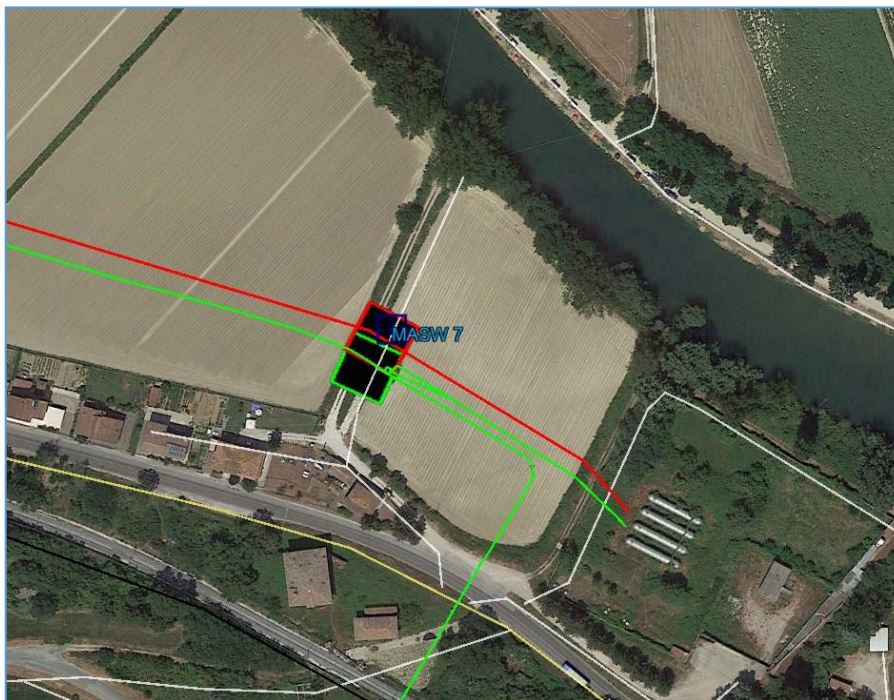


Foto 13 – Ubicazione stesa MASW



Foto 14 – MASW 7

CONSORZIO L.R.
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

consorzio@lr-srl.it

www.LR-SRL.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

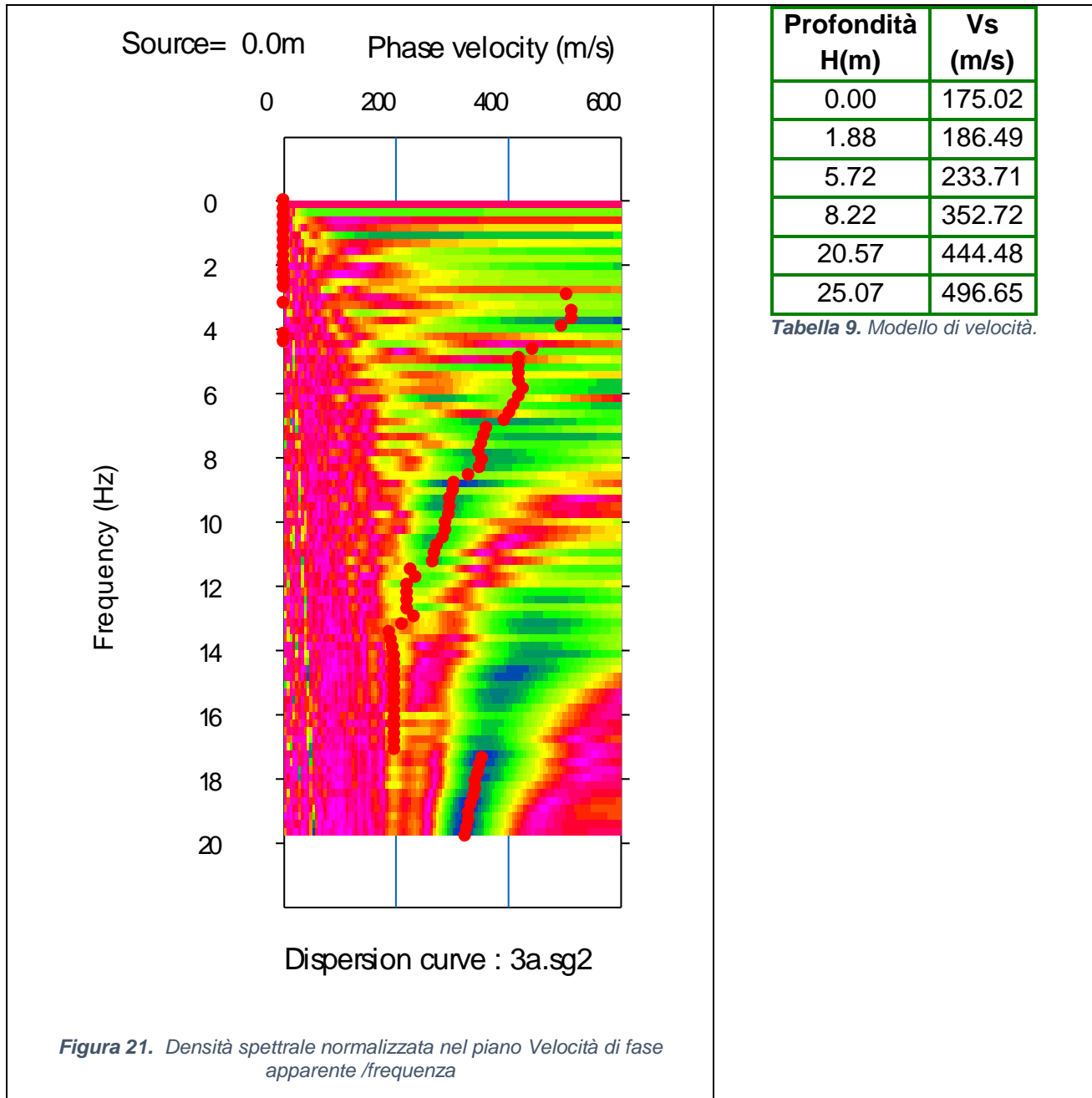
Zona industriale, Capannone n. 5
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

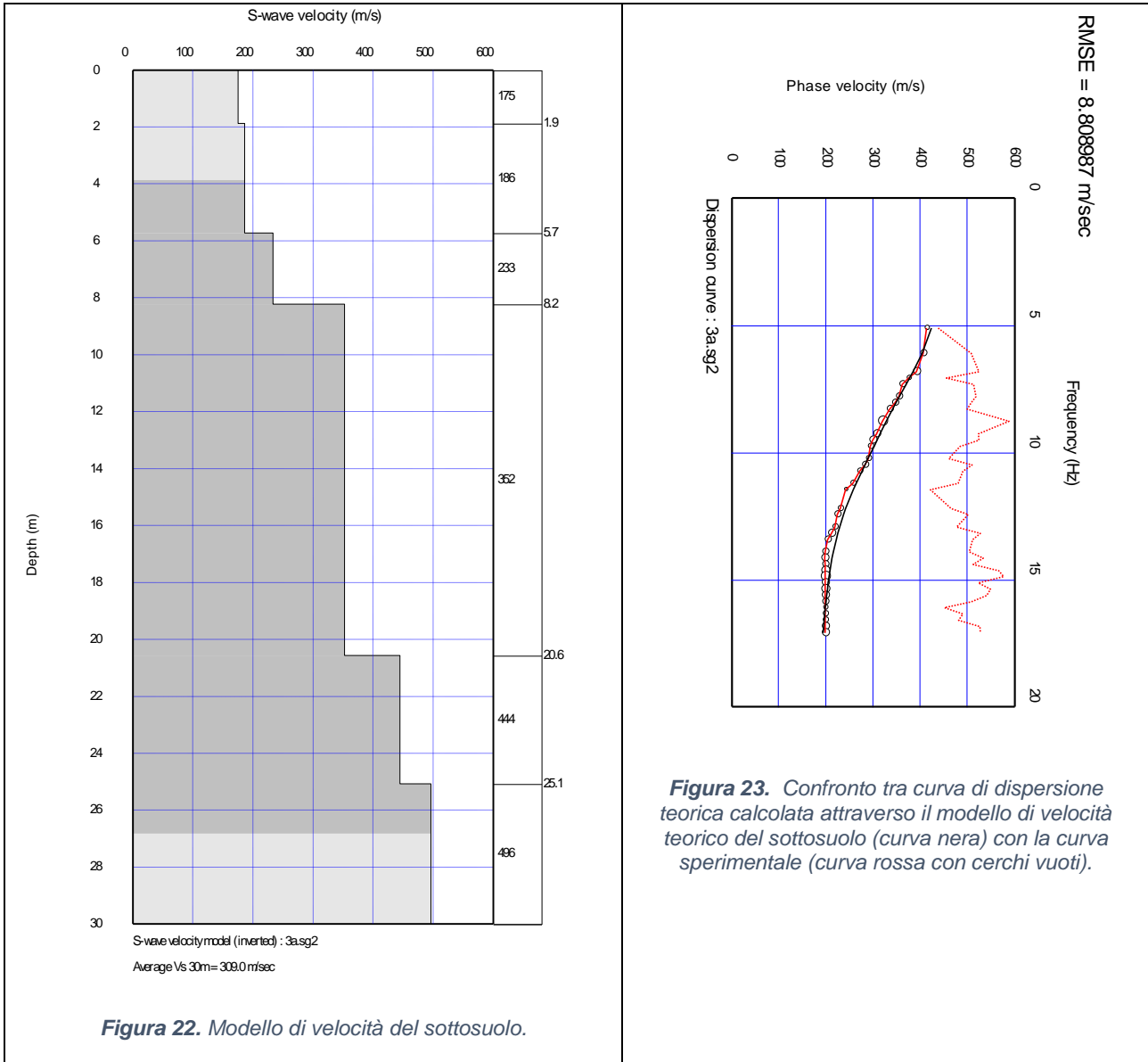
Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 69
94018 Troina (EN)

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) - frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 5.011 Hz e 19.2 Hz. La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 488.7 m/s e 212.05 m/s (Fig. 21). La curva di dispersione ha un andamento normale dispersivo.



La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità (Fig. 22) ha uno scarto RMSE pari a 8.809 m/s con la curva di dispersione sperimentale, che rappresenta il modo fondamentale.



Sismostrato	Profondità (m-)	Spessore 30 – h -(m-)	V _s (m/s)	h/V _s (sec ⁻¹)	V _{sEQ} (30) (m/s)
1	0.00	1.88	175.02	0.0107	309.00
2	1.88	3.84	186.49	0.0206	
3	5.72	2.50	233.71	0.0107	
4	8.22	12.35	352.72	0.0350	
5	20.57	4.50	444.48	0.0101	
6	25.07	4.93	496.65	0.0099	

2.4.8 MASW 8

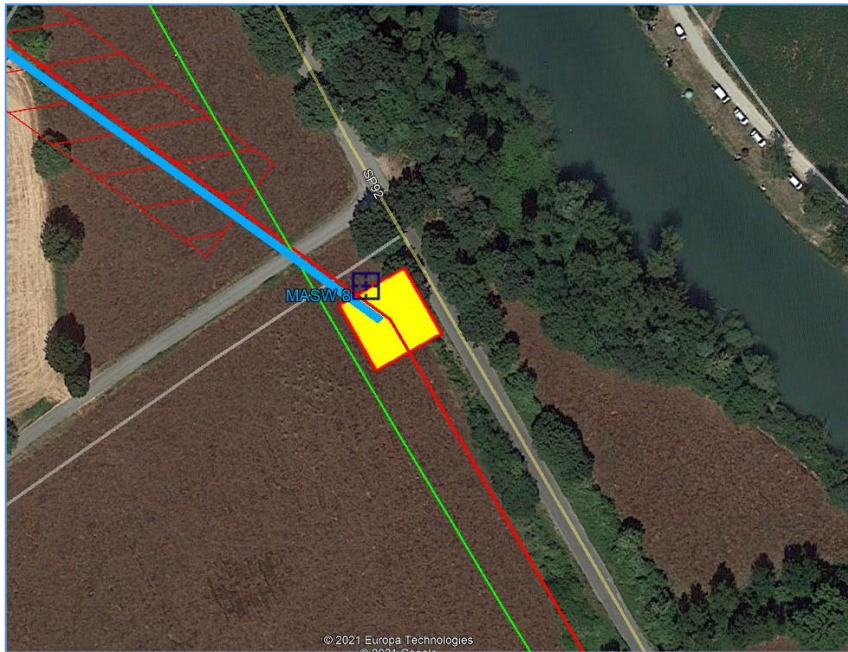


Foto 15 – Ubicazione stesa MASW



Foto 16 – MASW 8

CONSORZIO L.R.
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

consorzio@lr-srl.it

www.LR-SRL.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

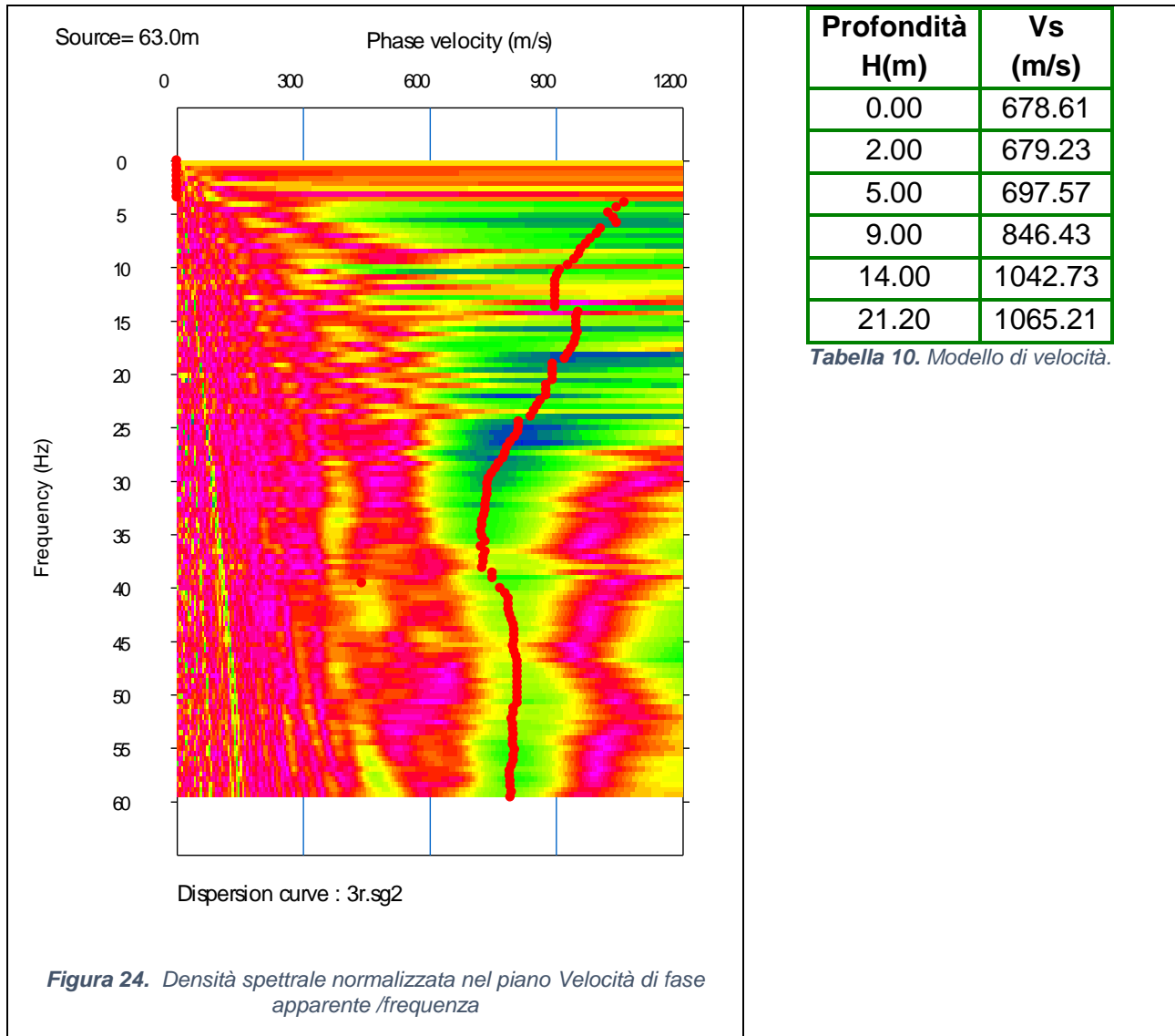
Zona industriale, Capannone n. 5
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

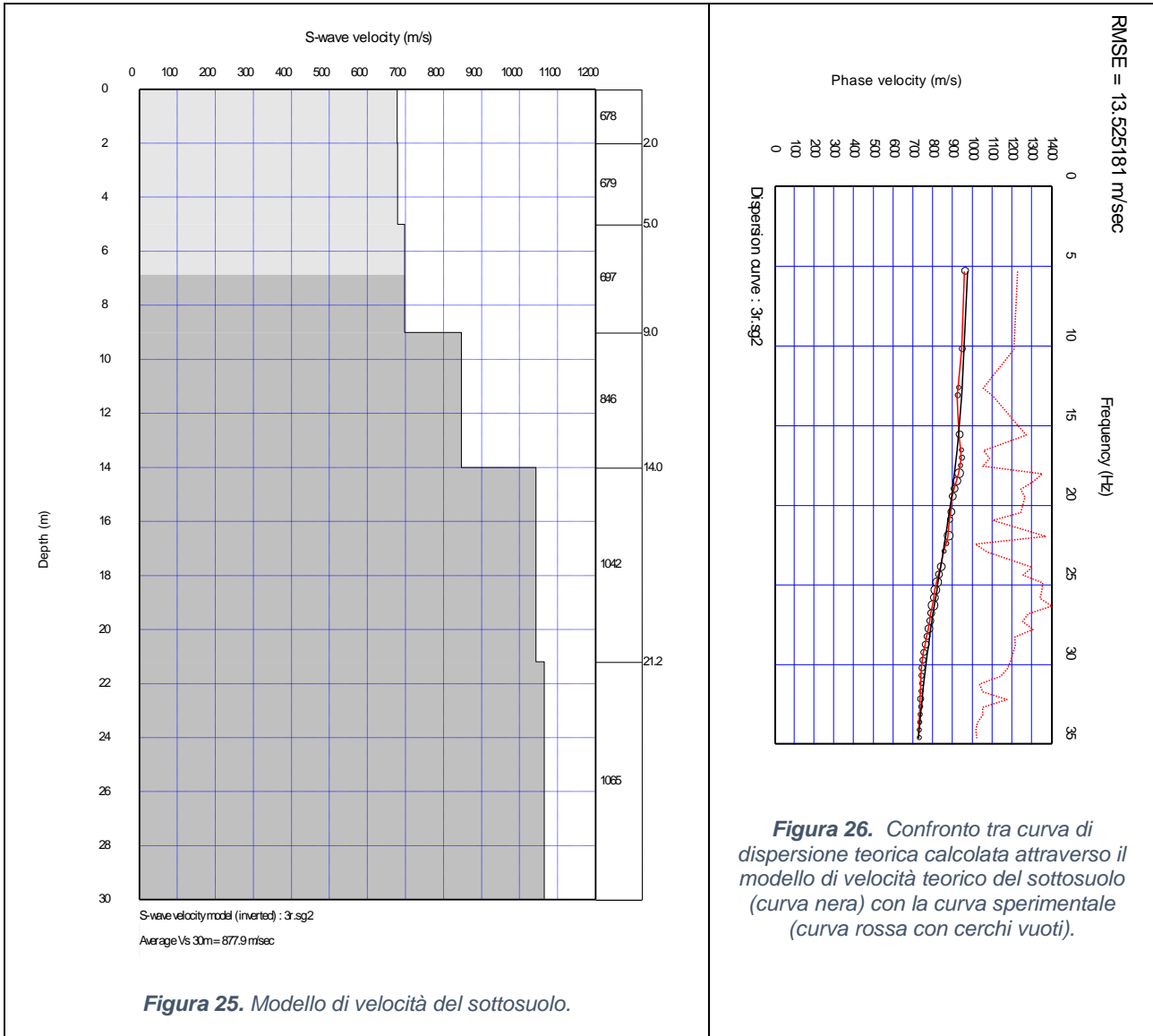
Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 69
94018 Troina (EN)

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) - frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 5.011 Hz e 27.2 Hz. La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 428.7 m/s e 259.05 m/s (Fig. 24). La curva di dispersione ha un andamento normale dispersivo.



La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità (Fig. 26) ha uno scarto RMSE pari a 13.52 m/s con la curva di dispersione sperimentale, che rappresenta il modo fondamentale.



Sismostrato	Profondità (m-)	Spessore30 – h -(m-)	V _s (m/s)	h/V _s (sec ⁻¹)	V _{sEQ} (9) (m/s)
1	0.00	2.00	678.61	0.0029	687.12
2	2.00	3.00	679.23	0.0044	
3	5.00	4.00	697.57	0.0057	
4	9.00	5.00	846.43		
5	14.00	7.20	1042.73		
6	21.20	8.80	1065.21		

2.4.9 MASW 9



Foto 17 – Ubicazione stesa MASW



Foto 18 – MASW 9

CONSORZIO L.R.
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874.
Iscritta al R.E.A. 270647

consorzio@lr-srl.it

www.LR-SRL.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

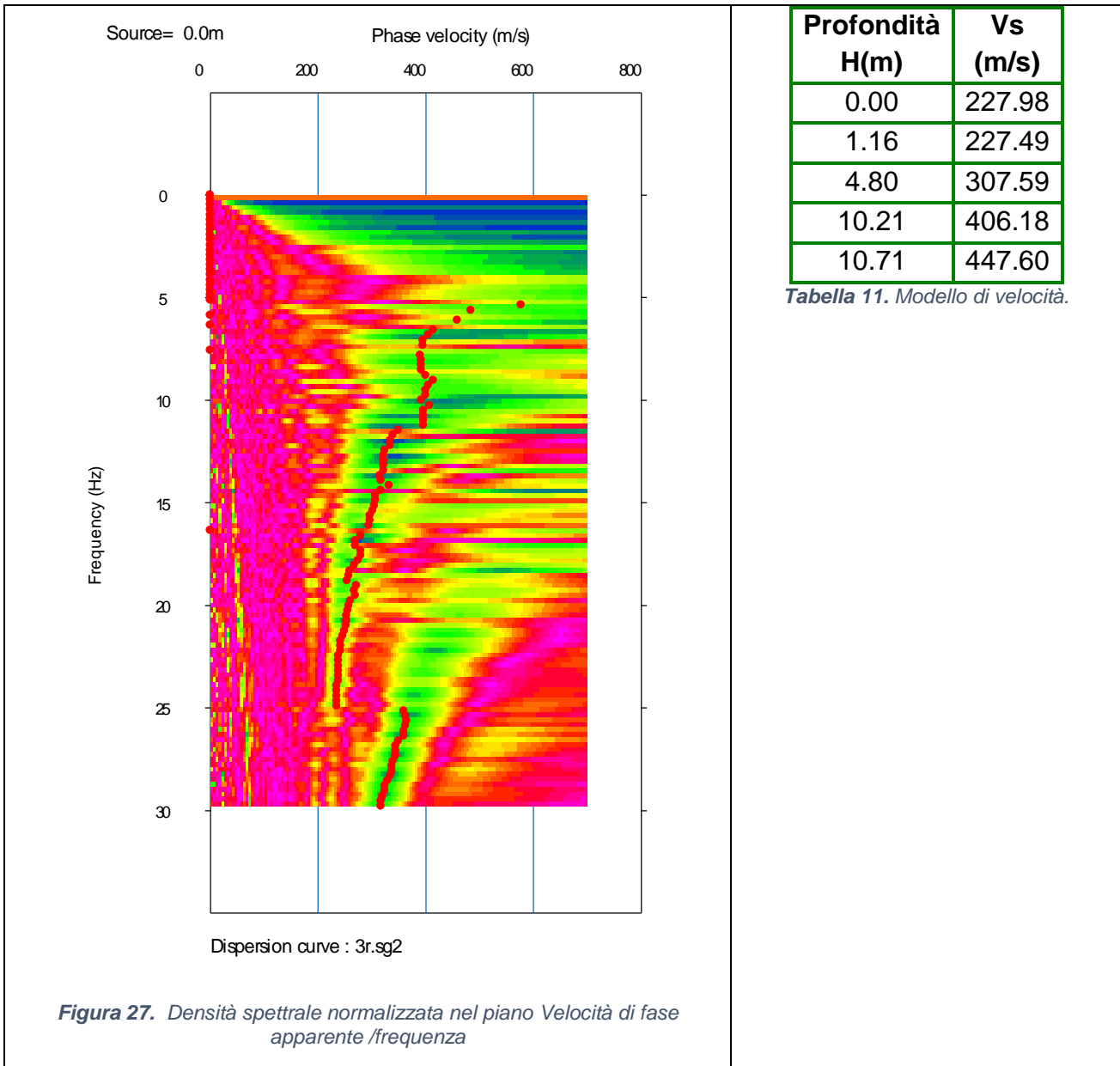
Zona industriale, Capannone n. 5
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

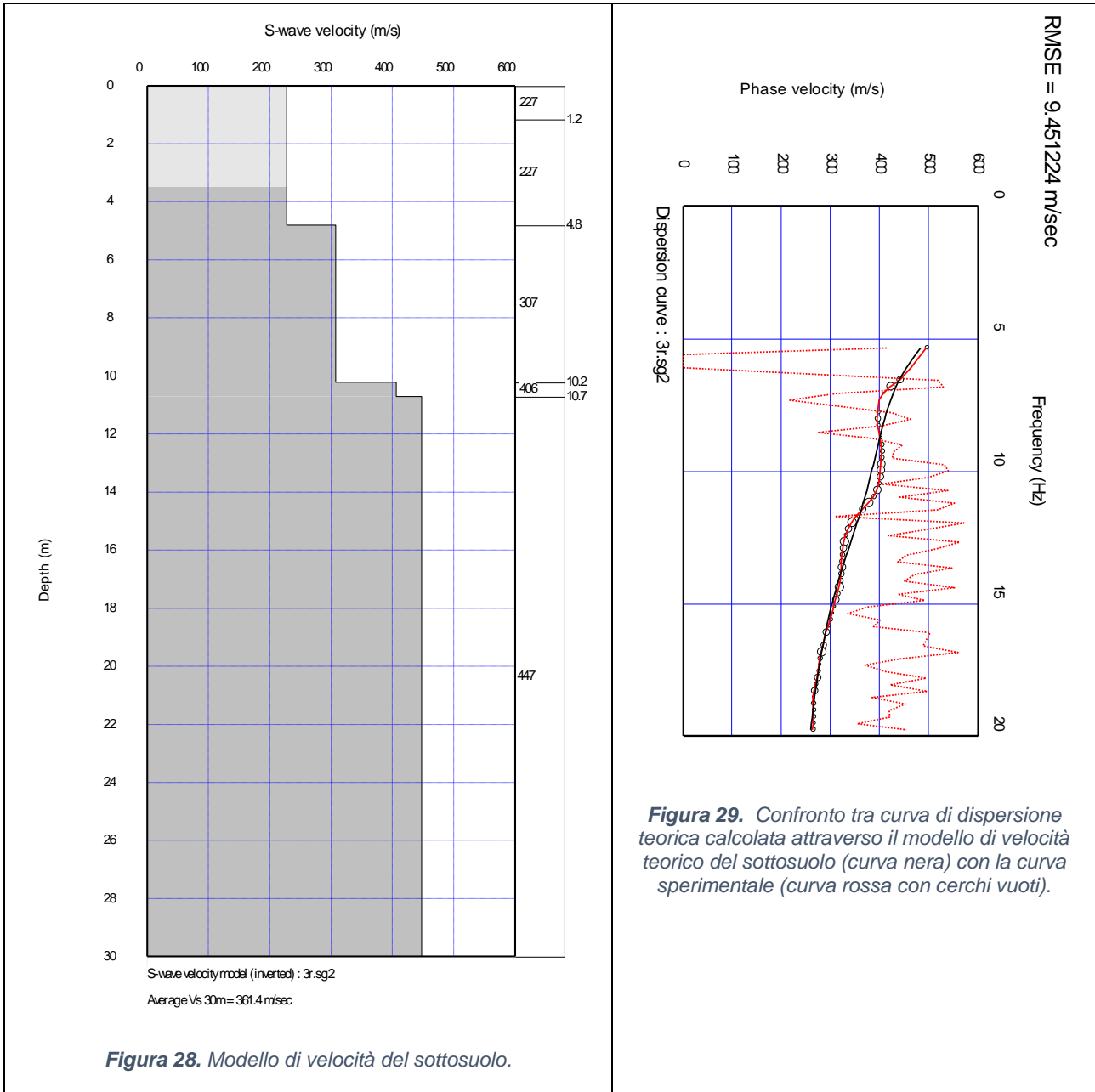
Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 69
94018 Troina (EN)

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) - frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 5.011 Hz e 27.2 Hz. La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 488.7 m/s e 259.05 m/s (Fig. 27). La curva di dispersione ha un andamento normale dispersivo.



La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità (Fig. 29) ha uno scarto RMSE pari a 9.45 m/s con la curva di dispersione sperimentale, che rappresenta il modo fondamentale.



Sismostrato	Profondità (m-)	Spessore30 – h -(m-)	V _s (m/s)	h/V _s (sec ⁻¹)	V _{sEQ} (30) (m/s)
1	0.00	1.16	227.98	0.0051	361.39
2	1.16	3.65	227.49	0.0160	
3	4.80	5.41	307.59	0.0176	
4	10.21	0.50	406.18	0.0012	
5	10.71	19.29	447.60	0.0431	

2.4.10 MASW 10

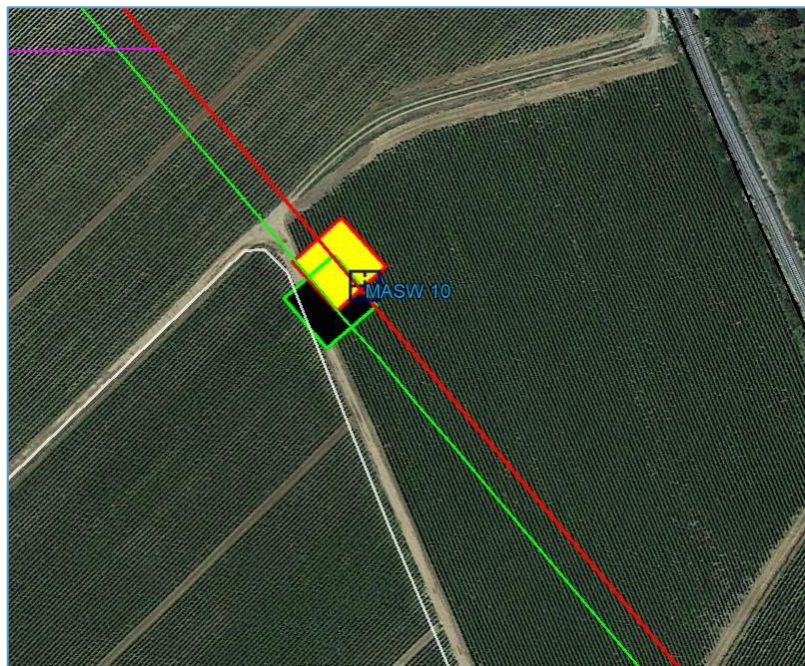


Foto 19 – Ubicazione stesa MASW



Foto 20 – MASW 10

CONSORZIO L.R.
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874.
Iscritta al R.E.A. 270647

consorzio@lr-srl.it

www.LR-SRL.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

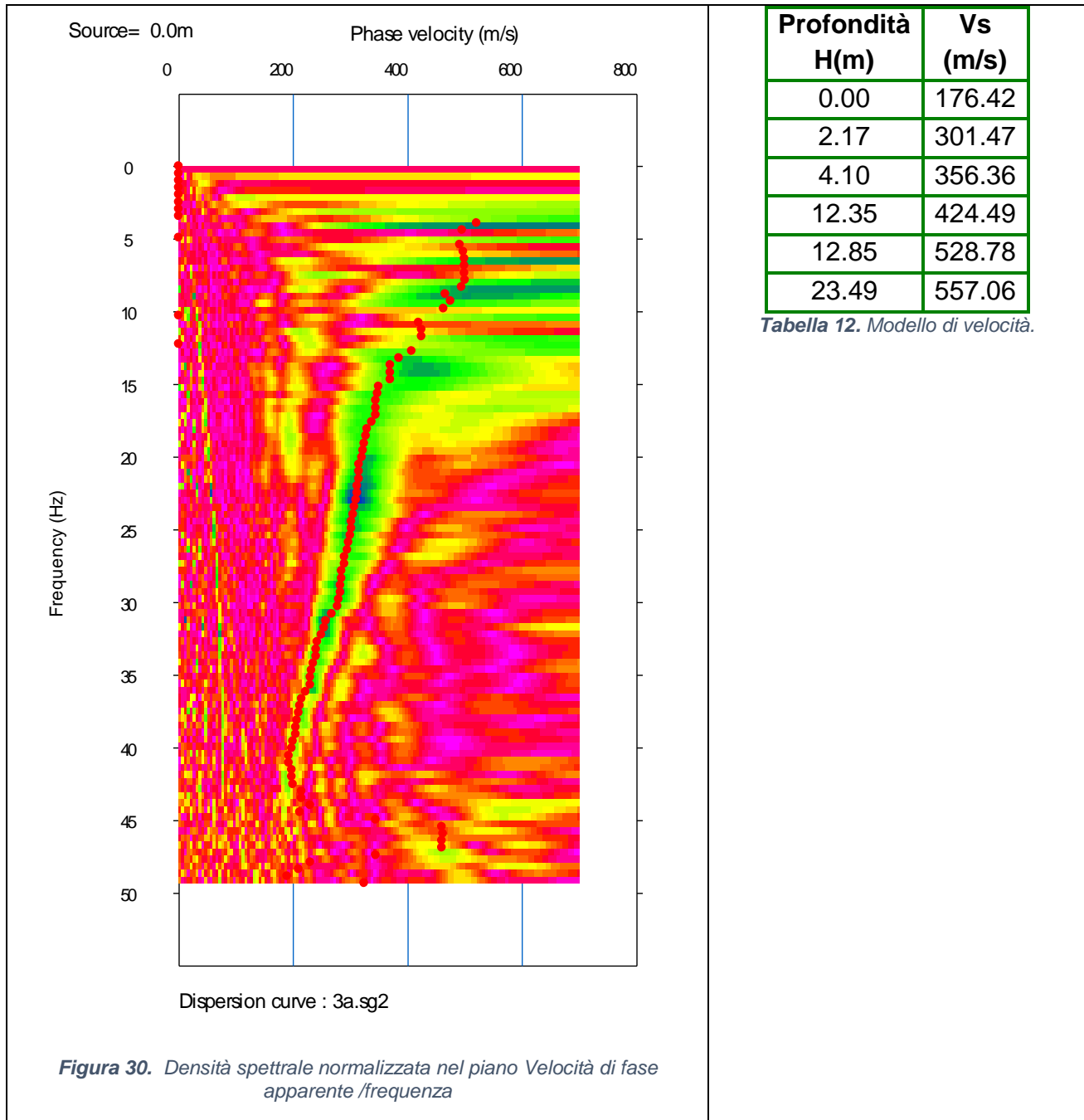
Zona industriale, Capannone n. 5
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

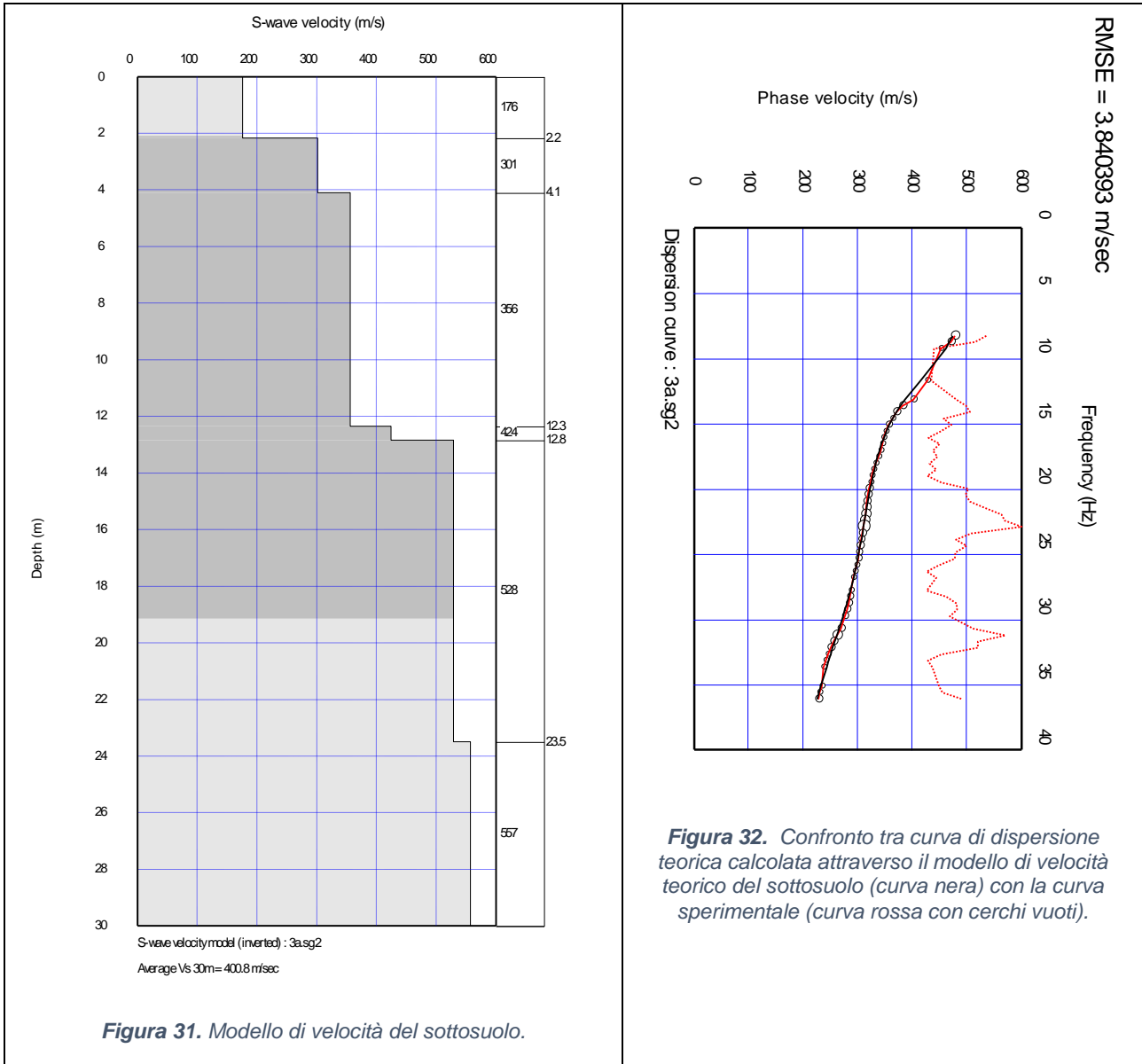
Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 69
94018 Troina (EN)

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) - frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 7.11 Hz e 45.2 Hz. La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 498.7 m/s e 222.05 m/s (Fig. 30). La curva di dispersione ha un andamento normale dispersivo.



La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità (Fig. 32) ha uno scarto RMSE pari a 3.84 m/s con la curva di dispersione sperimentale, che rappresenta il modo fondamentale.



Sismostrato	Profondità (m-)	Spessore30 - h -(m-)	V _s (m/s)	h/V _s (sec ⁻¹)	V _{sEQ} (30) (m/s)
1	0.00	2.17	176.42	0.0123	400.85
2	2.17	1.92	301.47	0.0064	
3	4.10	8.25	356.36	0.0231	
4	12.35	0.50	424.49	0.0012	
5	12.85	10.65	528.78	0.0201	
6	23.49	6.51	557.06	0.0117	

2.4.11 MASW 11



Foto 21 – Ubicazione stesa MASW



Foto 22 – MASW 11

CONSORZIO L.R.
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

consorzio@lr-srl.it

www.LR-SRL.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

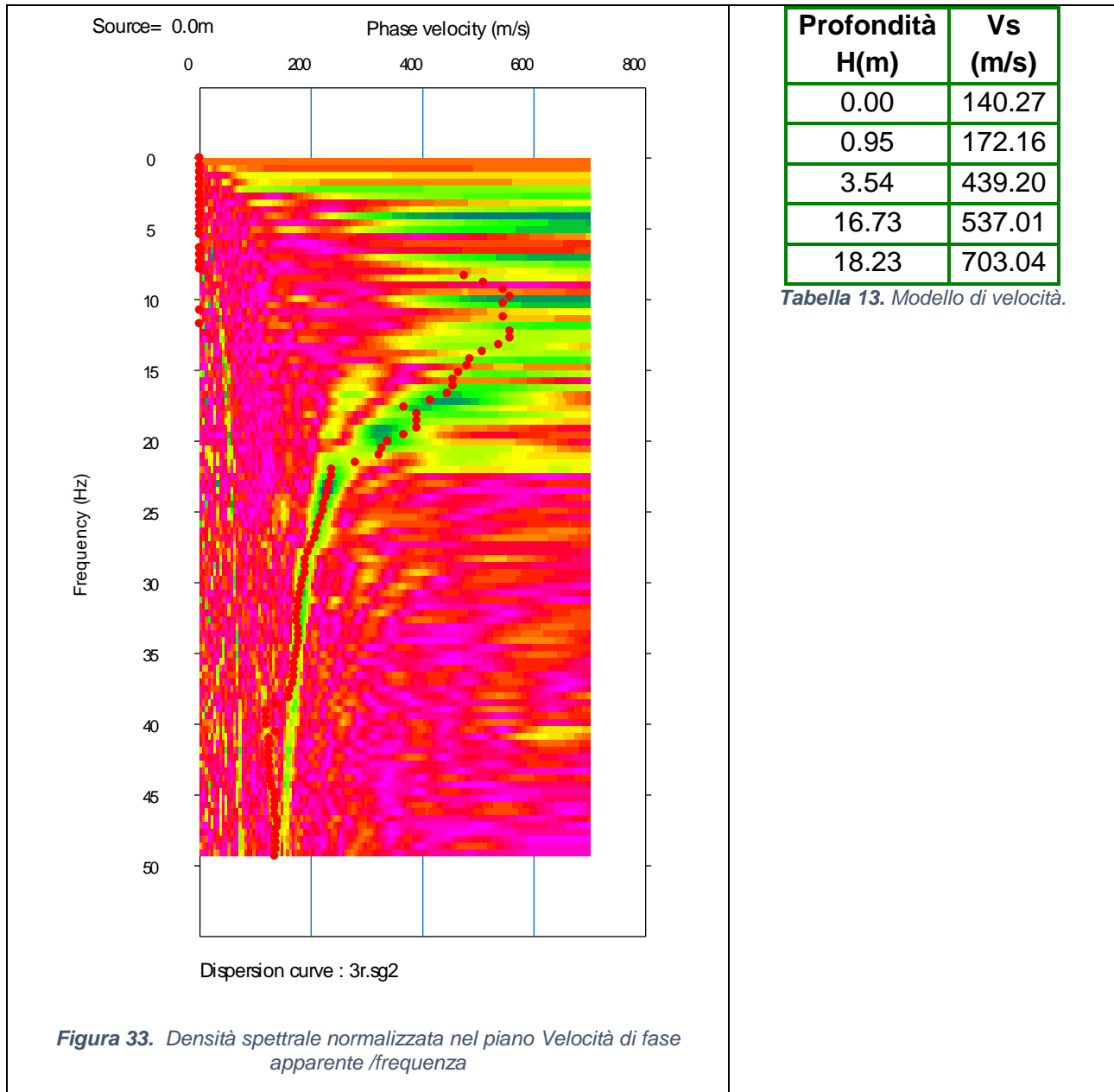
Zona industriale, Capannone n. 5
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

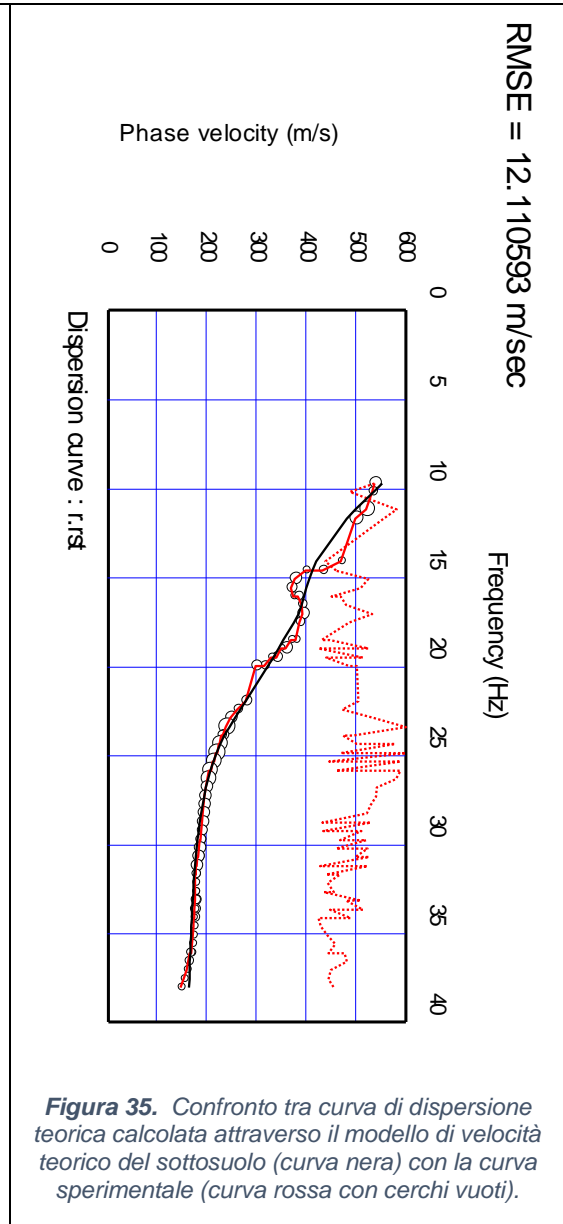
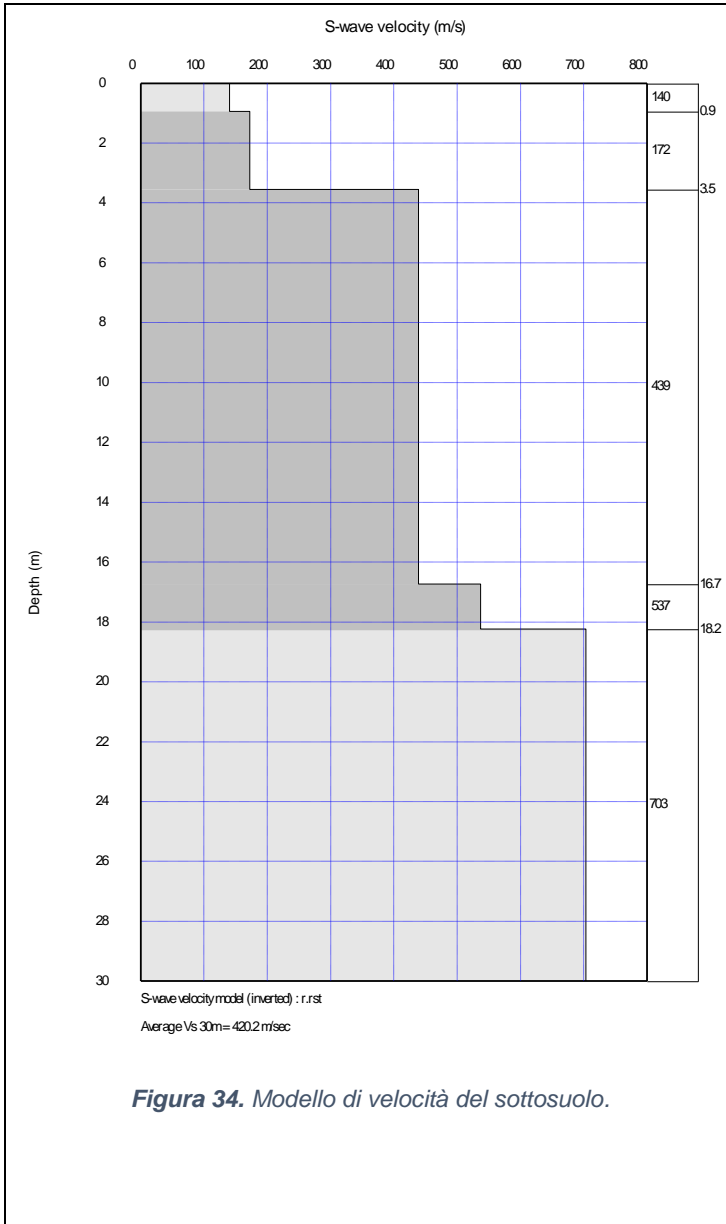
Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 69
94018 Troina (EN)

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) - frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 9.71 Hz e 27.2 Hz. La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 538.7 m/s e 159.05 m/s (Fig. 33). La curva di dispersione ha un andamento normale dispersivo.



La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità (Fig. 34) ha uno scarto RMSE pari a 12.11 m/s con la curva di dispersione sperimentale, che rappresenta il modo fondamentale.



Sismostrato	Profondità (m-)	Spessore30 - h -(m-)	V _s (m/s)	h/V _s (sec ⁻¹)	V _{sEQ} (30) (m/s)
1	0.00	0.95	140.27	0.0068	420.24
2	0.95	2.59	172.16	0.0151	
3	3.54	13.19	439.20	0.0300	
4	16.73	1.50	537.01	0.0028	
5	18.23	11.77	703.04	0.0167	

2.4.12 MASW 12

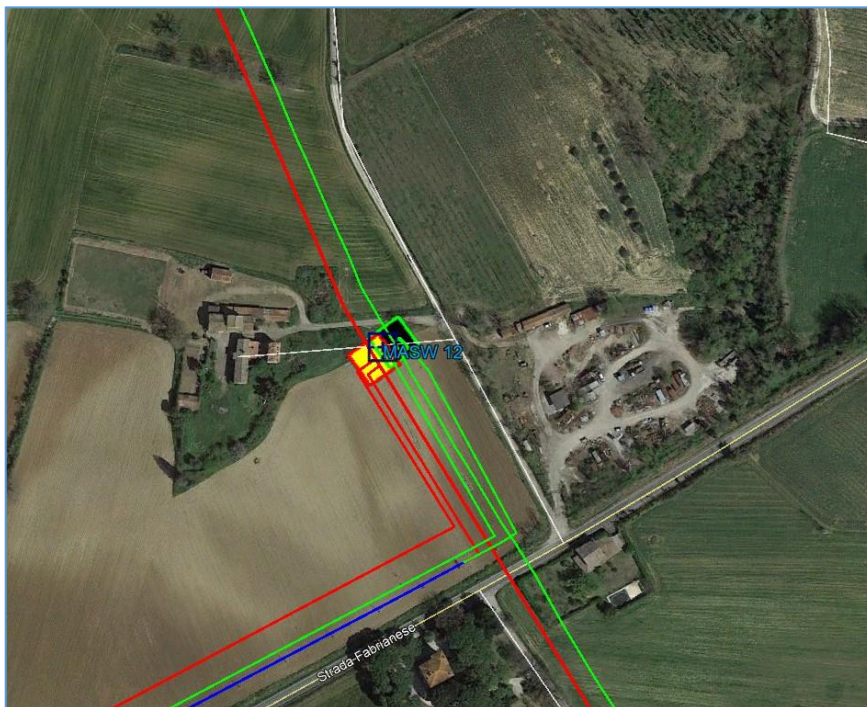


Foto 23 – Ubicazione stesa MASW



Foto 24 – MASW 12

CONSORZIO L.R.
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

consorzio@lr-srl.it

www.LR-SRL.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

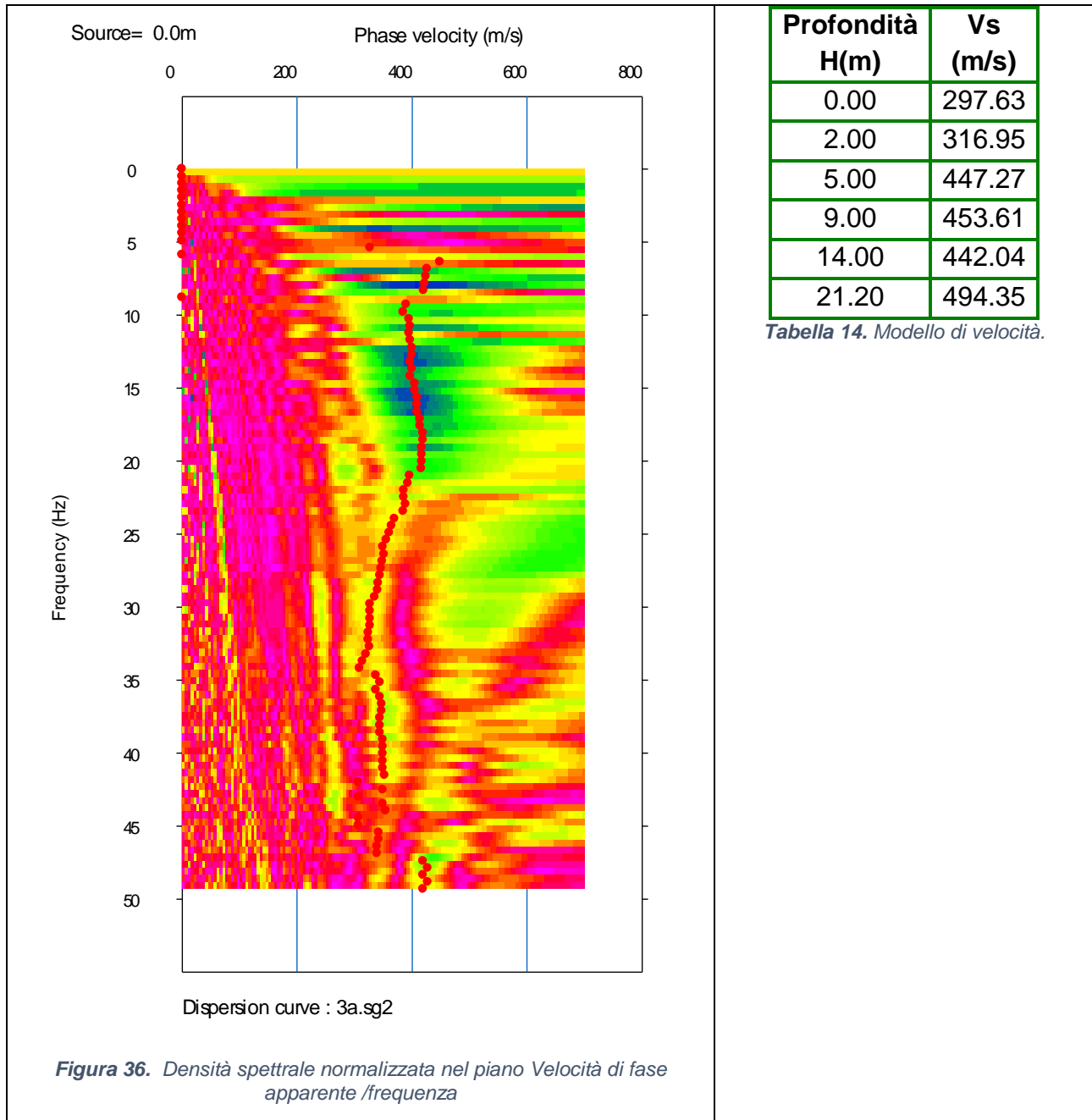
Zona industriale, Capannone n. 5
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

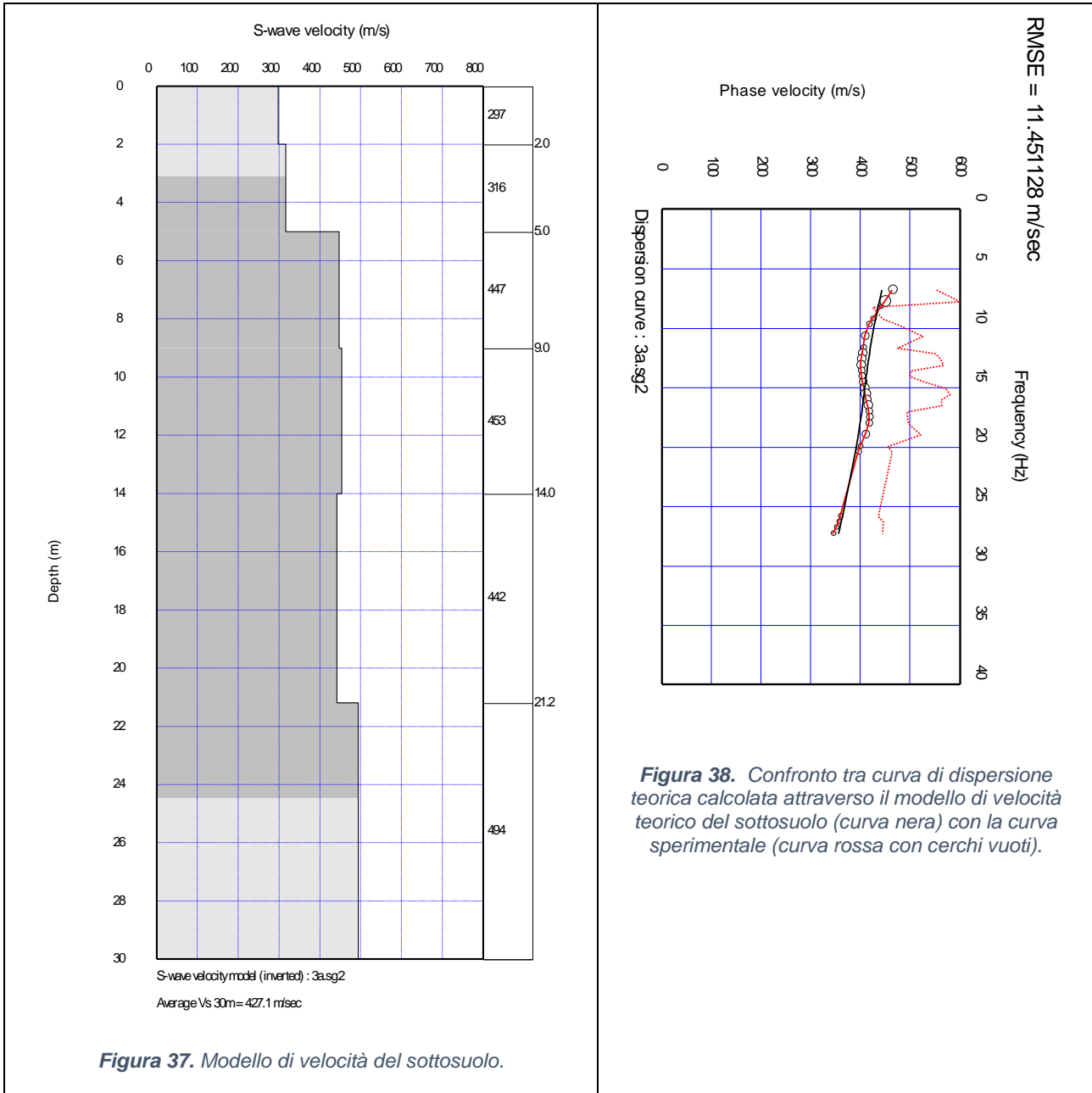
Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 69
94018 Troina (EN)

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) - frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 5.011 Hz e 27.2 Hz. La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 428.7 m/s e 259.05 m/s (Fig. 36). La curva di dispersione ha un andamento normale dispersivo.



La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità (Fig. 38) ha uno scarto RMSE pari a 11.45 m/s con la curva di dispersione sperimentale, che rappresenta il modo fondamentale.



Sismostrato	Profondità (m-)	Spessore30 – h -(m-)	V _s (m/s)	h/V _s (sec ⁻¹)	V _{sEQ} (30) (m/s)
1	0.00	2.00	297.63	0.0067	427.11
2	2.00	3.00	316.95	0.0095	
3	5.00	4.00	447.27	0.0089	
4	9.00	5.00	453.61	0.0110	
5	14.00	7.20	442.04	0.0163	
6	21.20	8.80	494.35	0.0178	

2.4.13 MASW 13



Foto 25 – Ubicazione stesa MASW



Foto 26 – MASW 13

CONSORZIO L.R.
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

consorzio@lr-srl.it

www.LR-SRL.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

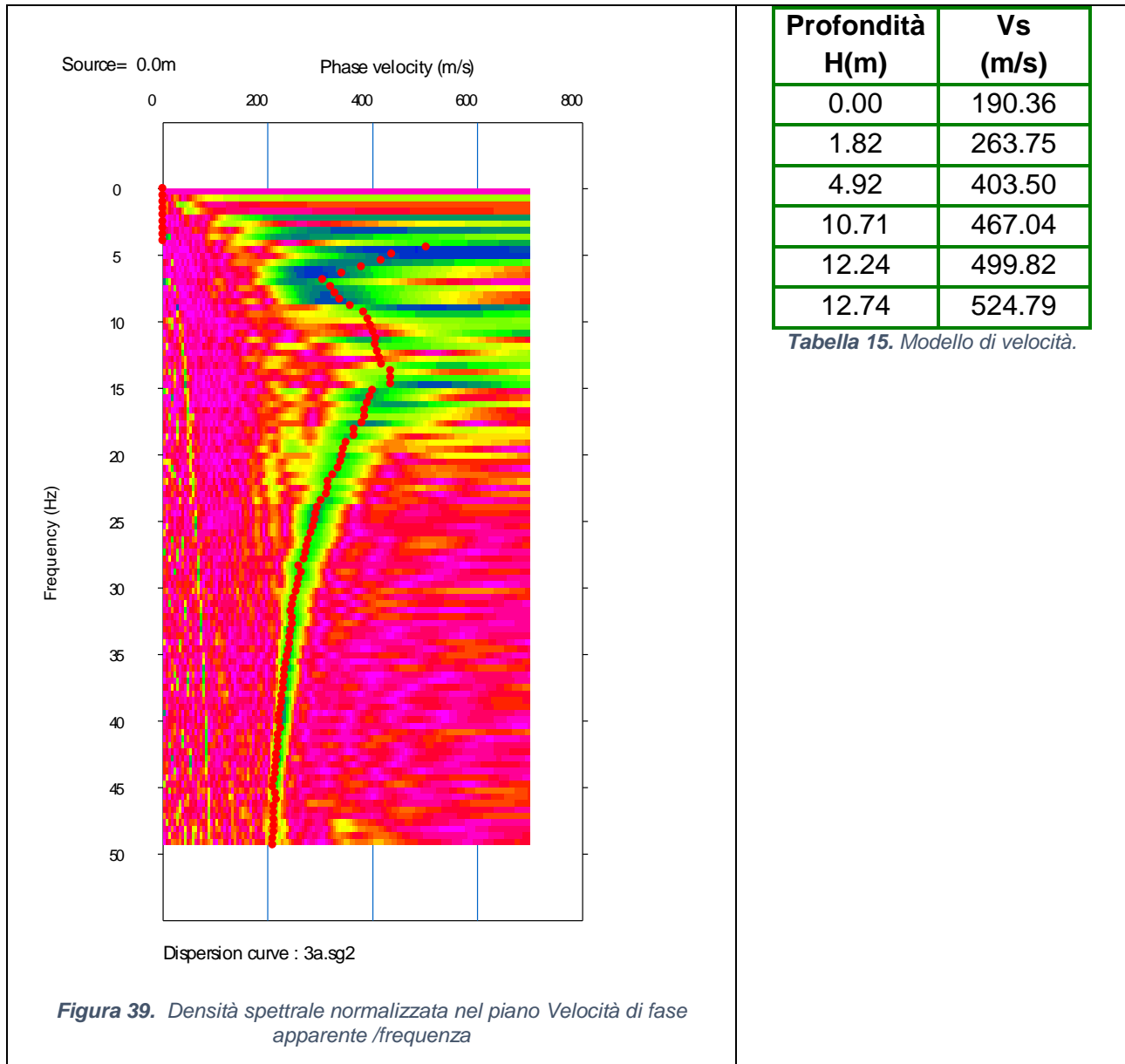
Zona industriale, Capannone n. 5
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

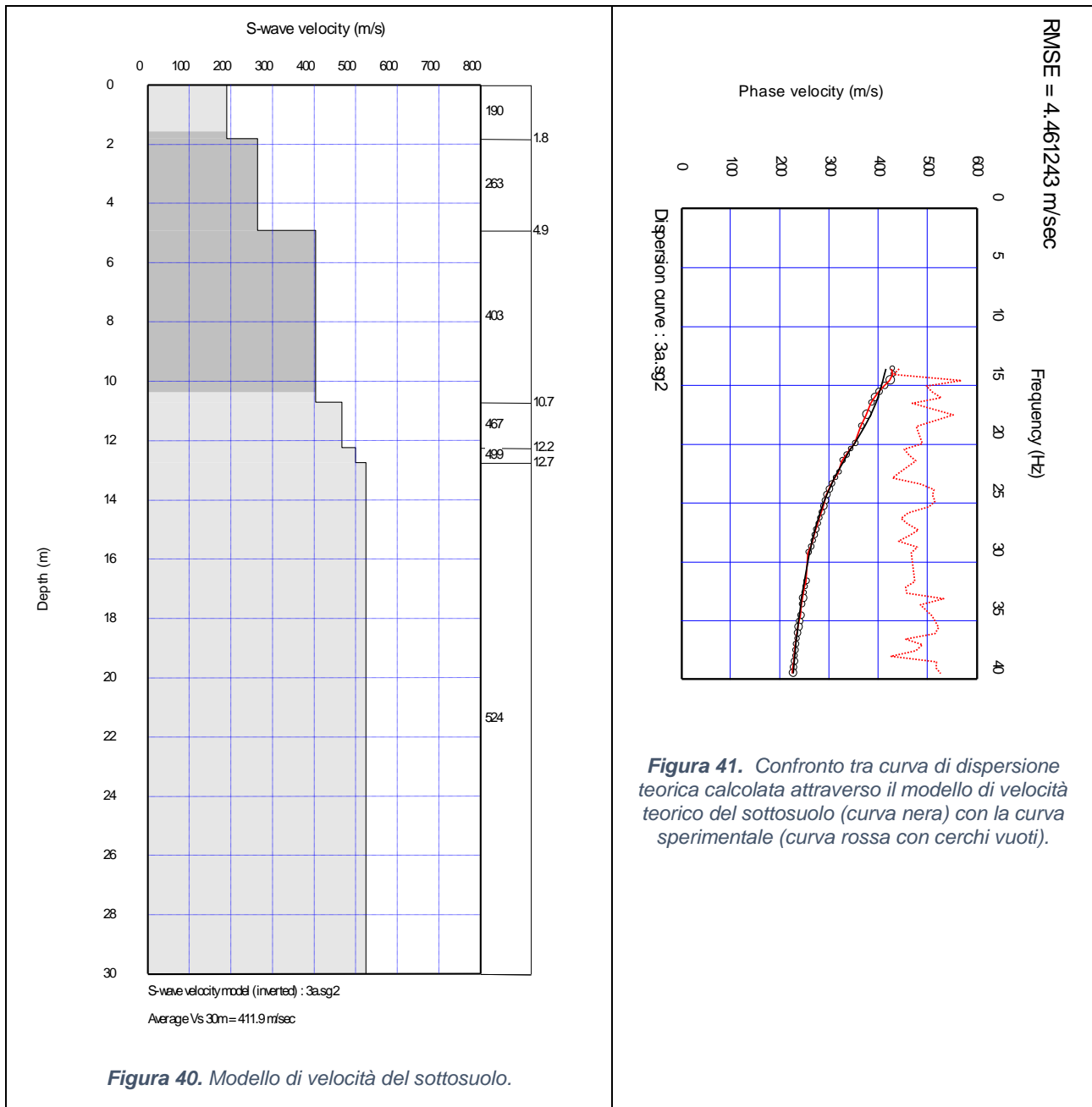
Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 69
94018 Troina (EN)

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) - frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 13.11 Hz e 50.2 Hz. La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 412.7 m/s e 221.05 m/s (Fig. 39). La curva di dispersione ha un andamento normale dispersivo.



La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità (Fig. 41) ha uno scarto RMSE pari a 8.979 m/s con la curva di dispersione sperimentale, che rappresenta il modo fondamentale.



Sismostrato	Profondità (m-)	Spessore30 – h -(m-)	V _s (m/s)	h/V _s (sec ⁻¹)	V _{sEQ} (30) (m/s)
1	0.00	1.82	190.36	0.0096	411.94
2	1.82	3.10	263.75	0.0118	
3	4.92	5.79	403.50	0.0144	
4	10.71	1.53	467.04	0.0033	
5	12.24	0.50	499.82	0.0010	
6	12.74	17.26	524.79	0.0329	

2.4.14 MASW 14



Foto 27 – Ubicazione stesa MASW



Foto 28 – MASW 14

CONSORZIO L.R.
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

consorzio@lr-srl.it

www.LR-SRL.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

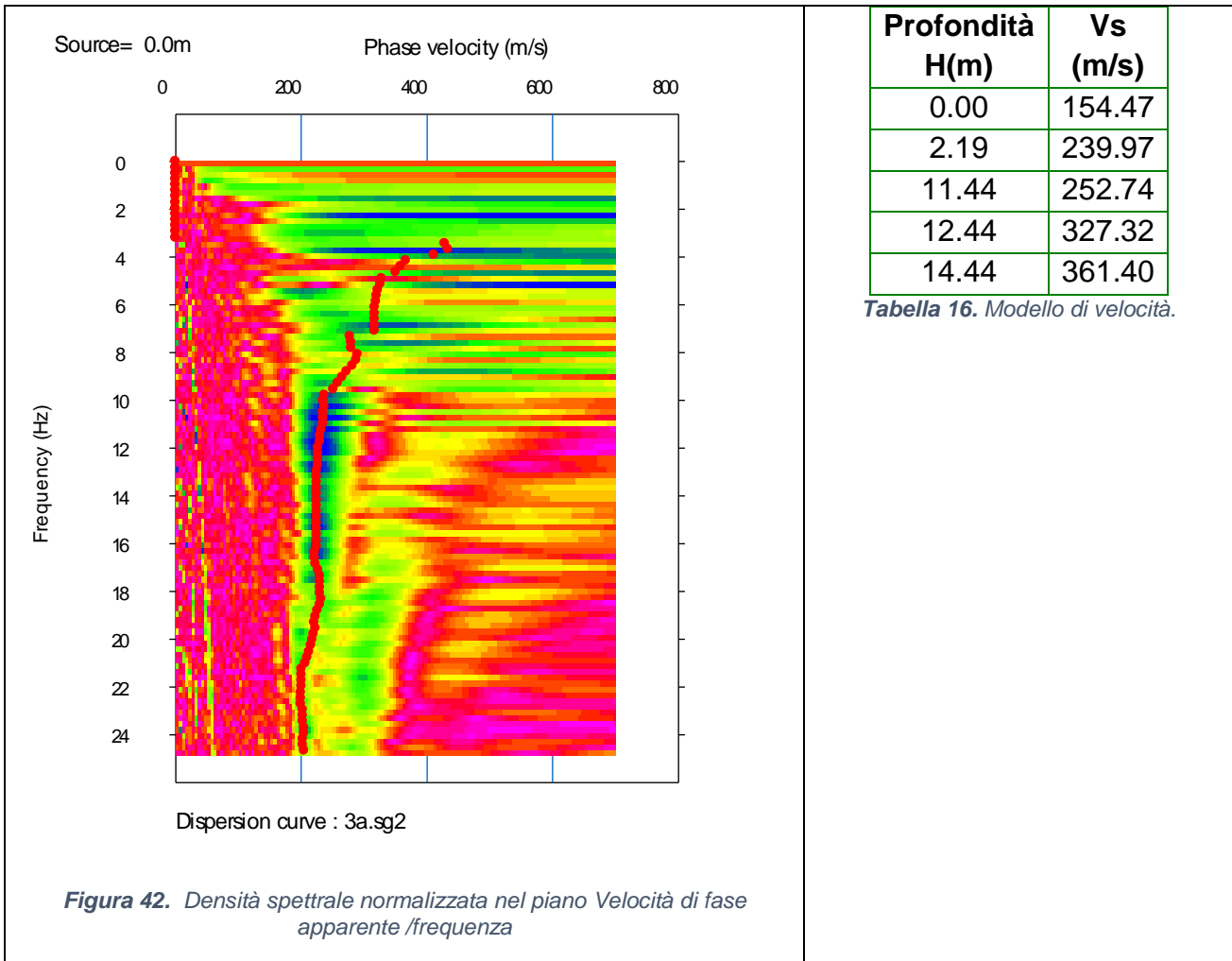
Zona industriale, Capannone n. 5
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

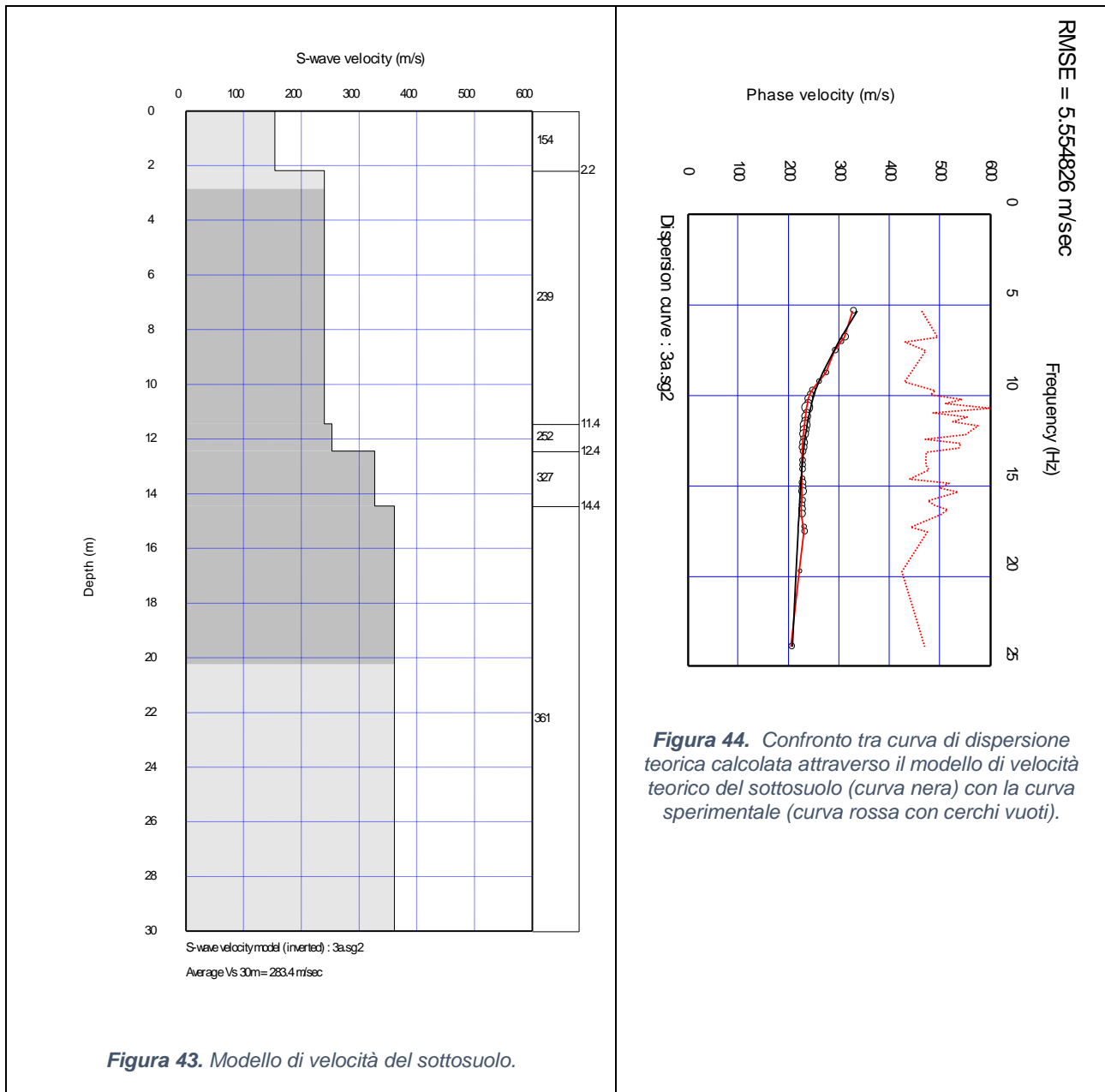
Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 69
94018 Troina (EN)

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) - frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 4.11 Hz e 25.2 Hz. La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 408.7 m/s e 199.05 m/s (Fig. 42). La curva di dispersione ha un andamento normale dispersivo.



La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità (Fig. 44) ha uno scarto RMSE pari a 5.55 m/s con la curva di dispersione sperimentale, che rappresenta il modo fondamentale.



Sismostrato	Profondità (m-)	Spessore30 - h -(m-)	V _s (m/s)	h/V _s (sec ⁻¹)	V _{sEQ} (30) (m/s)
1	0.00	2.19	154.47	0.0142	283.44
2	2.19	9.26	239.97	0.0386	
3	11.44	1.00	252.74	0.0040	
4	12.44	2.00	327.32	0.0061	
5	14.44	15.56	361.40	0.0430	

2.4.15 MASW 15



Foto 29 – Ubicazione stesa MASW



Foto 30 – MASW 15

CONSORZIO L.R.
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

consorzio@lr-srl.it

www.LR-SRL.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

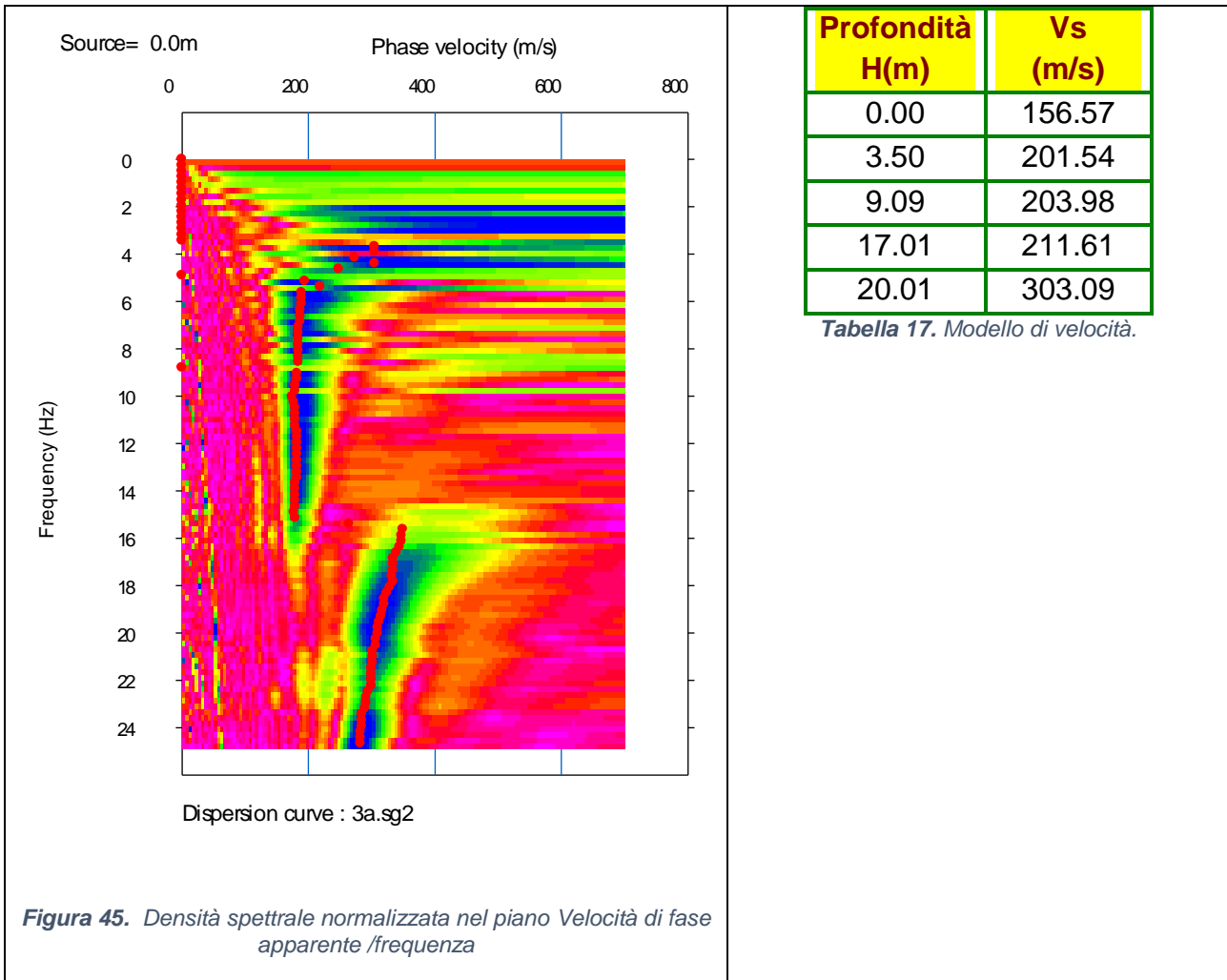
Zona industriale, Capannone n. 5
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

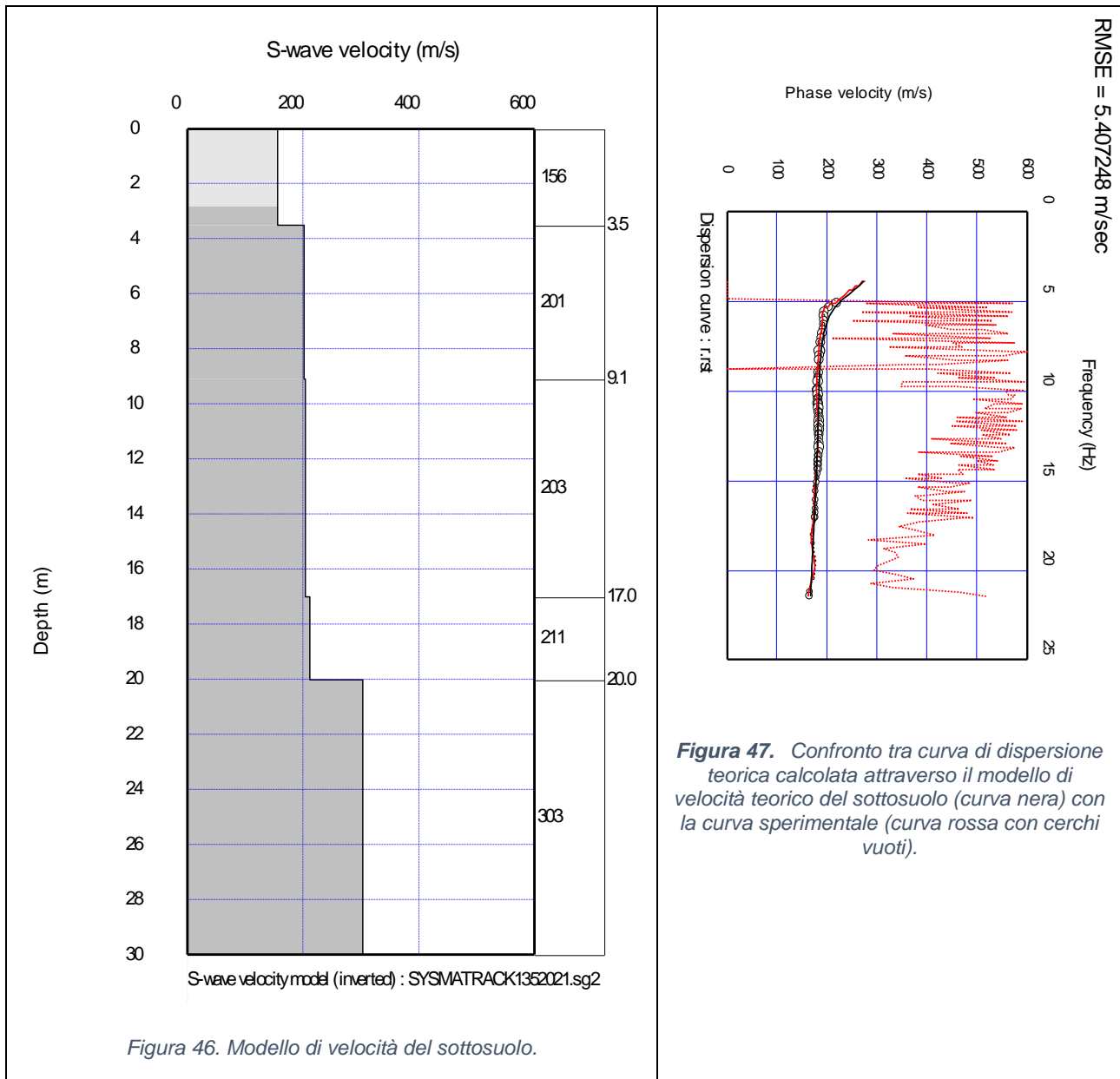
Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 69
94018 Troina (EN)

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) - frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 4.51 Hz e 22.2 Hz. La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 278.7 m/s e 159.05 m/s (Fig. 45). La curva di dispersione ha un andamento normale dispersivo.



La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità (Fig. 46) ha uno scarto RMSE pari a 5.407 m/s con la curva di dispersione sperimentale, che rappresenta il modo fondamentale.



Sismostrato	Profondità (m-)	Spessore30 - h -(m-)	V _s (m/s)	h/V _s (sec ⁻¹)	V _{sEQ} (30) (m/s)
1	0.00	3.50	156.57	0.0224	220.48
2	3.50	5.59	201.54	0.0277	
3	9.09	7.92	203.98	0.0388	
4	17.01	3.00	211.61	0.0142	
5	20.01	9.99	303.09	0.0329	

2.4.16 MASW 16



Foto 31 – Ubicazione stesa MASW



Foto 32 – MASW 16

CONSORZIO L.R.
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

consorzio@lr-srl.it

www.LR-SRL.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

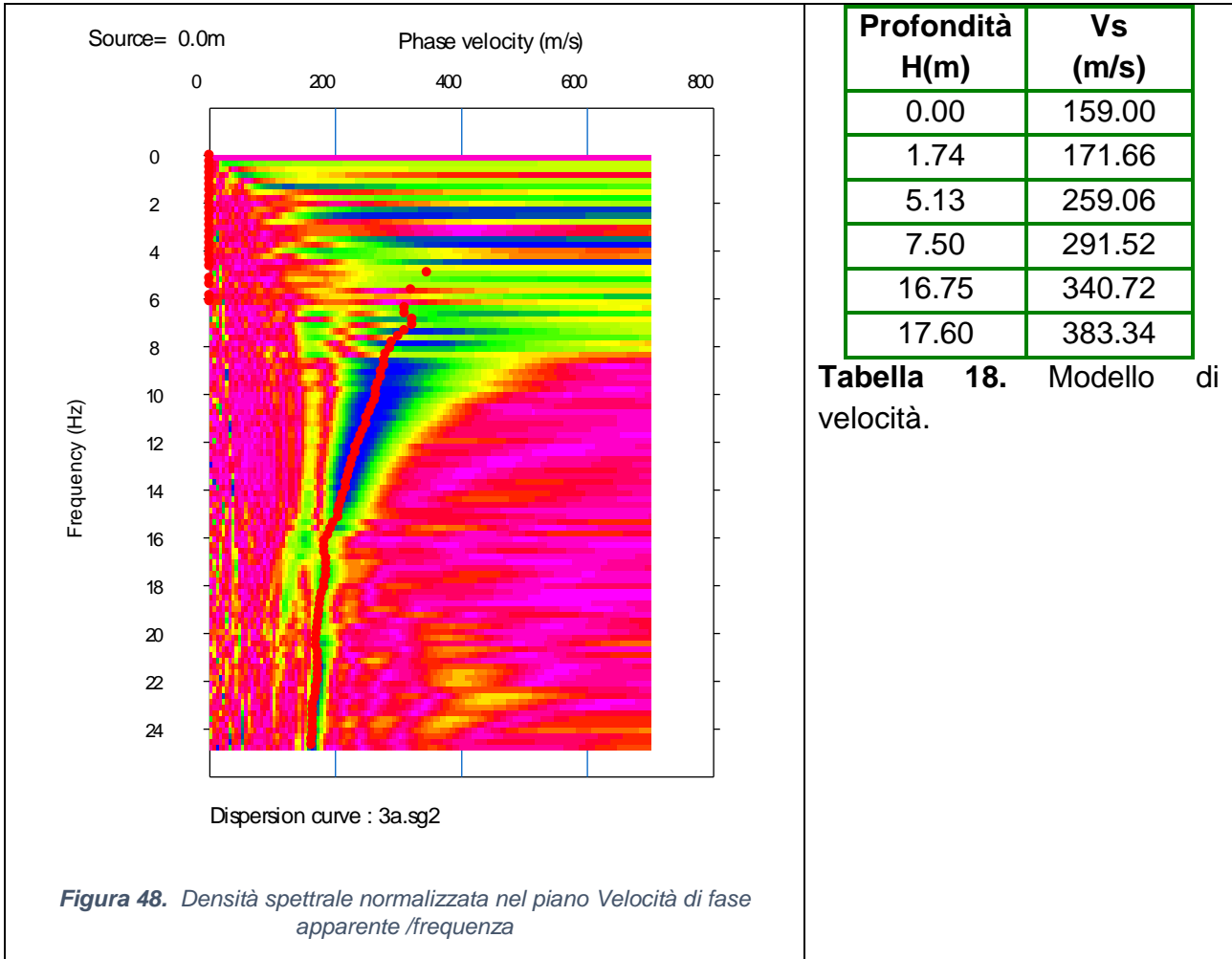
Zona industriale, Capannone n. 5
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

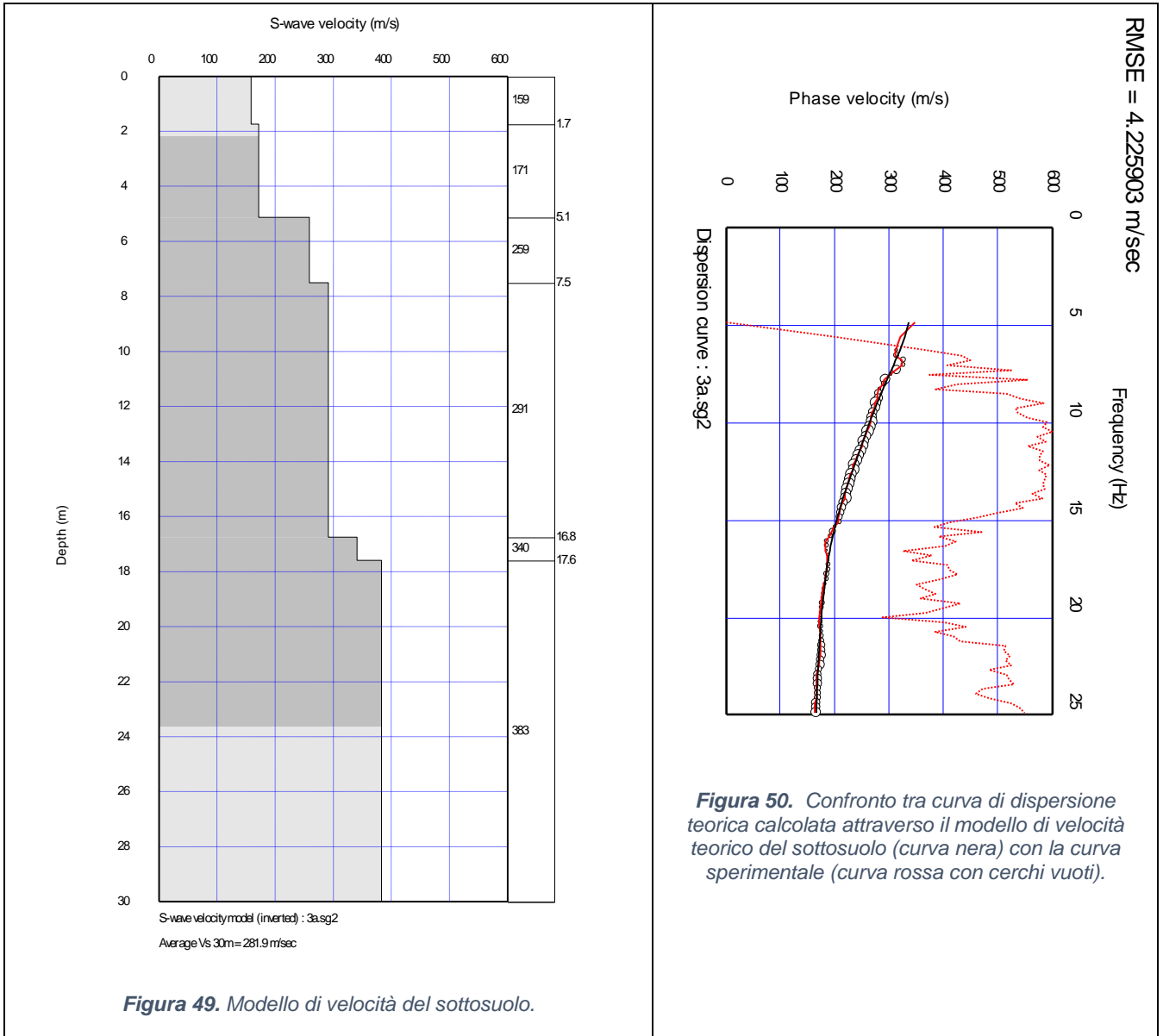
Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 69
94018 Troina (EN)

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) - frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 5.21 Hz e 25.02 Hz. La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 368.7 m/s e 179.05 m/s (Fig. 48). La curva di dispersione ha un andamento normale dispersivo.



La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità (Fig. 50) ha uno scarto RMSE pari a 4.2259 m/s con la curva di dispersione sperimentale, che rappresenta il modo fondamentale.



Sismostrato	Profondità (m-)	Spessore30 - h -(m-)	V _s (m/s)	h/V _s (sec ⁻¹)	V _{sEQ} (30) (m/s)
1	0.00	1.74	159.00	0.0109	281.93
2	1.74	3.39	171.66	0.0198	
3	5.13	2.37	259.06	0.0091	
4	7.50	9.26	291.52	0.0318	
5	16.75	0.84	340.72	0.0025	
6	17.60	12.40	383.34	0.0324	