

Indagini Masw ex-Campo Sportivo

ERG POWER S.r.l.



RELAZIONE MASW

RELAZIONE PROVE MASW EX CAMPO SPORTIVO

COMMITTENTE: ERG POWER S.R.L.	REV.: 00	
REDATTO: GEOL. ANGELO GILOTTI		
DITTA ESECUTRICE: GREENSOL S.R.L.	COMMESSA: GEO_023_2018	
DATA: 11/10/2018	NOME FILE: REL_GEO_023_18.DOC	
ALLEGATI:	RESP. COMMESSA: GEOL. A. GILOTTI	

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS

Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)
 P.IVA / C.F. : 01670830890
 R.E.A. di Siracusa : 139418
 Capitale Sociale : 10.000 euro
 Sito Web : www.greensolsrl.it

Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
 Telefono : 0931/1933892
 Fax : 0931/1933896
 E-mail : info@greensolsrl.it
 Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

Sommario

INTRODUZIONE	4
PROVA MASW	6
METODOLOGIA ESECUTIVA.....	8
DESCRIZIONE DELLO STENDIMENTO MASW 1	9
ELABORAZIONE DEI DATI	11
Analisi spettrale.....	12
Curva di dispersione.....	13
Inversione	14
DESCRIZIONE DELLO STENDIMENTO MASW 2	19
ELABORAZIONE DEI DATI	21
Analisi spettrale.....	22
Curva di dispersione.....	23
Inversione	24
DESCRIZIONE DELLO STENDIMENTO MASW 3	29
ELABORAZIONE DEI DATI	31
Analisi spettrale.....	32
Curva di dispersione.....	33
Inversione	34
ELABORAZIONE BIDIMENSIONALE	39
CONCLUSIONI	41
Figura 1- Vista dall'alto e disposizione degli stendimenti.....	4
Figura 2 - Schema prova MASW.....	6
Figura 3 - Schema onda meccanica	7
Figura 4 -Sismogramma acquisito MASW 1	10
Figura 5 - Spettro velocità di fase - Frequenze	13
Figura 6 -Spettro velocità di fase - frequenze.....	14
Figura 7 -Spettro velocità - frequenze post inversione.....	15
Figura 8 - Profilo di velocità.....	16
Figura 9 - Profilo di velocità e spessori registrati	17
Figura 10 -Sismogramma acquisito MASW 2.....	20
Figura 11 - Spettro velocità di fase - Frequenze	23

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

Figura 12 -Spettro velocità di fase - frequenze.....	24
Figura 13 -Spettro velocità - frequenze post inversione.....	25
Figura 14 - Profilo di velocità	26
Figura 15 - Profilo di velocità e spessori registrati	27
Figura 16 -Sismogramma acquisito MASW 3.....	30
Figura 17 - Spettro velocità di fase - Frequenze	33
Figura 18 -Spettro velocità di fase - frequenze.....	34
Figura 19 -Spettro velocità - frequenze post inversione.....	35
Figura 20 - Profilo di velocità	36
Figura 21 - Profilo di velocità e spessori registrati	37
Figura 22 - In blu la sezione ricavata dall'elaborazione bidimensionale dei centri degli stendimenti eseguiti (pallini in blu)	39
Figura 23 - Elaborazione 2d	40
Figura 24 - Caratteristiche terreni MASW 1	42
Figura 25 - Caratteristiche terreni MASW 2	42
Figura 26 - Caratteristiche terreni MASW 3	42
Tabella 1 – Coordinate metriche spigoli lotto – Fuso 33S	4
Tabella 2 - Dati ubicazione del sito	5
Tabella 3 - Dati prova sismica attiva di tipo MASW	8
Tabella 4 - Parametri curva di dispersione.....	13
Tabella 5 - Dati inversione.....	14
Tabella 6 - Parametri geotecnici dell'ammasso roccioso	18
Tabella 7 - Parametri curva di dispersione.....	23
Tabella 8 - Dati inversione.....	24
Tabella 9 - Parametri geotecnici dell'ammasso roccioso	28
Tabella 10 - Parametri curva di dispersione	33
Tabella 11 - Dati inversione	34
Tabella 12 - Parametri geotecnici dell'ammasso roccioso	38

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

INTRODUZIONE

Le indagini sismiche sono state eseguite in data 28/09/2018 e sono state finalizzate all'ottenimento di informazioni riguardanti le caratteristiche meccaniche del sottosuolo di un'area precedentemente adibita a campo sportivo all'interno degli impianti Nord del polo industriale di Priolo G. In particolare sono state realizzate tre indagini MASW disposte come evidenziato nella fotografia riportata qui di seguito.



Figura 1- Vista dall'alto e disposizione degli stendimenti.

Nella tabella sotto sono riportate le coordinate degli spigoli dell'area oggetto di intervento:

Spigolo Nord	516108.02 E	4114742.69 N
Spigolo Est	516067.32 E	4114722.50 N
Spigolo Sud	516097.08 E	4114671.02 N
Spigolo Ovest	516138.13 E	4114671.50 N

Tabella 1 – Coordinate metriche spigoli lotto – Fuso 33S

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

LA tabella sottostante riporta le informazioni territoriali dell'area studiata:

Ubicazione del sito	
Località	Comune di Melilli (SR)
Terreno d'impianto	Raffineria Isab, impianti Nord, di Priolo Gargallo (SR)

Tabella 2 - Dati ubicazione del sito

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

PROVA MASW

Esistono diversi metodi geofisici per la determinazione del Vs30. Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

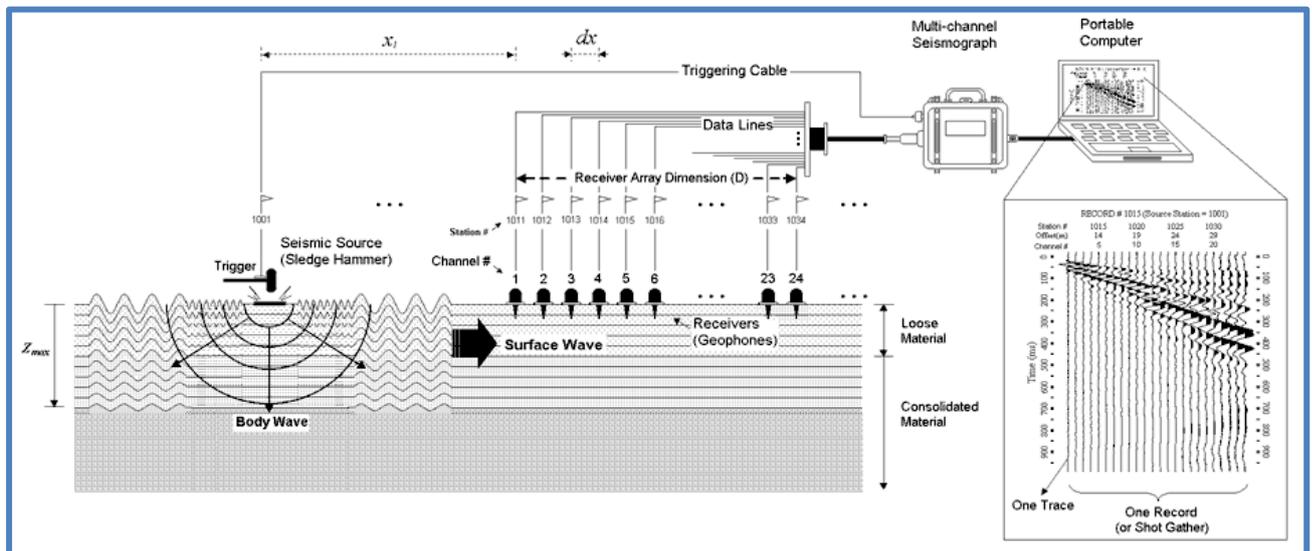


Figura 2 - Schema prova MASW

Nel metodo MASW si usano le sole onde di Rayleigh (Rayleigh, 1885) e si trascurano gli effetti dovuti alle onde P e S. Sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche le onde P e le onde S oltre alle onde Rayleigh, intervengono due aspetti che rendono il contributo delle onde di Rayleigh prevalente sul contributo delle onde P e S. Il primo aspetto è che le onde Rayleigh trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente. Il secondo aspetto è che allontanandosi dalla sorgente le onde di Rayleigh subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e S, poiché le onde Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, mentre le onde P e S si propagano secondo fronti d'onda sferici. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, 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 sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolrl.it
Sito Web : www.greensolrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolrl.it

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.

L'onda di Rayleigh è il risultato della combinazione di onde P e S in modo che siano soddisfatte le seguenti due condizioni:

- il moto associato all'onda di Rayleigh si attenua rapidamente con la profondità;
- lo stato tensionale è nullo sulla superficie libera del semispazio solido.

La velocità con cui si propaga l'onda di Rayleigh sulla superficie libera di un semispazio omogeneo è leggermente inferiore alla velocità V_s delle onde di taglio S (tra $0,862 \cdot V_s$ e $0,955 \cdot V_s$) e dipende dal coefficiente di Poisson (Achenbach, 1999):

$$0.862 + 1.14n$$

$$1 + n$$

$$C_r = C_s$$

Le componenti orizzontali e verticali sono sfasate di 90° , quindi durante il moto le particelle descrivono un'ellisse. L'asse maggiore dell'ellisse è parallela alla superficie libera orizzontale fino alla profondità di circa 0.2 la lunghezza d'onda, dove lo spostamento orizzontale cambia segno e quindi gli assi e il senso di percorrenza dell'ellisse si invertono. L'ampiezza degli spostamenti decresce rapidamente con la profondità, così che l'onda di Rayleigh è confinata nella parte superficiale del semispazio, in una striscia di spessore pari a circa $1,5 \lambda$.

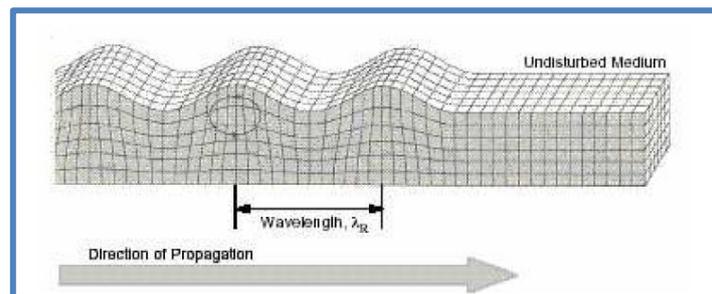


Figura 3 - Schema onda meccanica

Dalle considerazioni espresse si evince che la profondità investigata dalle onde di Rayleigh dipende dalla lunghezza d'onda, dalla velocità delle onde di taglio V_s e dalla frequenza. (Stokoe II and Santamarina, 2000) quindi onde di Rayleigh di diversa lunghezza d'onda forniscono informazioni a diverse profondità del sito. Le informazioni sulla velocità delle onde di taglio V_s del sito fornite sono da intendersi come medie lungo la profondità. Nel metodo MASW attivo (Park et al., 1999) le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori che consentono di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30-50 m, in funzione della rigidità del suolo.

Il metodo MASW attivo, quindi, consente la classificazione sismica dei suoli poiché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30 m di profondità.

METODOLOGIA ESECUTIVA

Per l'acquisizione della prova MASW è stata utilizzata la strumentazione illustrata nel dettaglio nella tabella che segue:

N°	Strumentazione/Caratteristiche
1	Unità di acquisizione Sismografo Do.Re.Mi. 12 canali
12	Geofoni verticali Geospace con $f_0=4,5\text{Hz}$ High-gain.
1	Geofono starter
1	Cavo sismico L = 60 m
1	Sorgente Mazza battente da 5kg
1	Software di acquisizione Do.Re.Mi. Vers. 1.1.25
1	Computer portatile

Tabella 3 - Dati prova sismica attiva di tipo MASW

La lunghezza degli stendimenti di 24,00 m è stata ottenuta disponendo 12 ricevitori ad interasse costante di 2,0 m. in prossimità del sito. La sorgente è stata posta ad una distanza di 2,00 m dal primo ricevitore degli stendimenti.

L'acquisizione del treno di onde, generate dalla sorgente impulsiva, è stata eseguita utilizzando un intervallo temporale di $\Delta t=1 \cdot 10^{-3}$ s per un tempo totale di acquisizione di circa 2s (circa 1000 campioni temporali).

I parametri di acquisizione temporale sopra riportati consentono di avere frequenza di Nyquist e risoluzione in frequenza della curva di dispersione pari a $f_{\text{Nyquist}} = 1/2\Delta t = 500$ Hz

dove Δt è l'intervallo di acquisizione temporale.

La risoluzione in frequenza della curva di dispersione è pari a: $\Delta f = 1/M\Delta t = 1,00$ Hz

dove $M=1000$ è il numero di campioni temporali acquisiti per ogni battuta.

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensol.it
Sito Web : www.greensol.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensol.it

DESCRIZIONE DELLO STENDIMENTO MASW 1

Lo stendimento è stato posizionato sul terreno con un'orientazione NNO-SSE come è possibile verificare in Figura 1. Il passo di acquisizione è stato di due metri e gli shot di acquisizione sono stati eseguiti a 2 metri.



Lo stendimento è stato disposto parallelamente al lato lungo del lotto indagato.

Qui di seguito sono riportati i parametri di acquisizione dello stendimento:

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

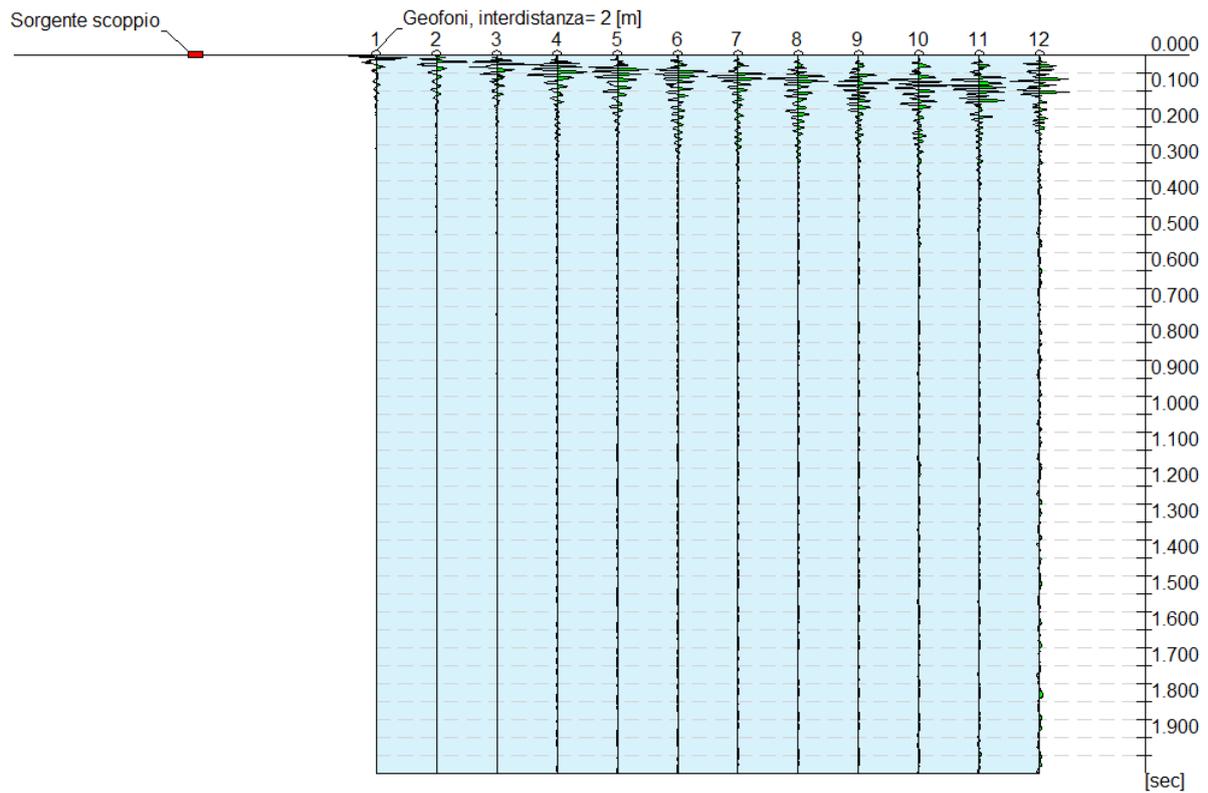


Figura 4 -Sismogramma acquisito MASW 1

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolrsl.it
Sito Web : www.greensolrsl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolrsl.it

ELABORAZIONE DEI DATI

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (easymasw) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale. La fase iniziale consiste nel filtraggio del segnale sismico per eliminare il "rumore" ed eventuali frequenze indesiderate. Il software permette di visualizzare il record sismico nel dominio spazio-tempo e visualizzando i grafici frequenza-ampiezza anche per le singole tracce. Sono disponibili varie modalità di gestione del segnale, le cui principali sono i filtri "passa basso", "passa alto", "passa banda", "taglia banda", il "muting" e l'ACG. Inoltre tramite le curve di attenuazione delle onde superficiali è possibile valutare con maggior precisione la qualità dei dati acquisiti. La fase successiva consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza. Utilizzando la curva di dispersione si procede ad individuare la curva della velocità di fase apparente del modo fondamentale e, ove possibile, dei modi superiori. La fase di inversione prevede una modellizzazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità. L'elaborazione avviene tramite l'applicazione di procedimenti di calcolo e algoritmi genetici di inversione (global-search methods), che gestiscono all'intero di un "spazio di ricerca", modelli caratterizzati da parametri di velocità di taglio (V_s) e spessori degli strati. Altri parametri previsti dal modello sono il coefficiente di Poisson e la velocità delle onde di volume (V_p) che, assieme a spessore degli strati e relative V_s , possono venire modificati anche manualmente. Tramite iterazioni successive si ottiene un modello di inversione in grado di far coincidere con la migliore approssimazione possibile la curva di dispersione elaborata nella fase precedente e quella modellizzata. Viene inoltre restituita una stima dell'attendibilità (deviazione standard) del modello proposto ottenuta con tecniche statistiche. Non avendo a disposizione informazioni aggiuntive, quali ad esempio stratigrafie di sondaggio, analisi granulometriche, di densità, prove CPT ecc, è stato impostato un modello geologico/geofisico dai dati di rilevamento e di letteratura con il quale definire parametri quali lo spessore degli strati, la velocità delle onde P stimata e coefficiente di Poisson. La definizione di tale modello consente l'inversione dei dati di campagna e di conseguenza la definizione della sismostratigrafia del sito. In conclusione viene restituito un diagramma (1D) delle velocità delle onde di taglio (V_s) in funzione della profondità, con relativa tabella, calcolo delle V_s equivalenti e correlazione al tipo di terreno, come da normativa. Per una stima della massima profondità di indagine attendibile è possibile fare riferimento al rapporto

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

che sussiste tra lunghezza d'onda (λ), frequenza (f) e velocità di propagazione delle onde (v) secondo la seguente equazione: $\lambda = v/f$. La velocità di propagazione delle onde sismiche è legata alle caratteristiche del mezzo attraversato fino ad una profondità compresa tra $\lambda/2$ e $\lambda/3$. Nel presente studio la frequenza minima ricavabile dalla curva di dispersione sperimentale è di circa 20 Hz, associata a una velocità di fase di 852.7 m/s. Pertanto, considerando un rapporto di $\lambda/2$, la massima profondità di penetrazione risulta di circa 20 m. Va ricordato che il diagramma 1D mostra una suddivisione sismostratigrafica ricostruita sul differente comportamento sismico dei materiali investigati. È quindi possibile che variazioni di velocità non corrispondano necessariamente a passaggi litologici netti.

I dati acquisiti sono stati elaborati ed è stata ricavata la curva di dispersione per l'estrazione del modo fondamentale.

Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	20
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	45
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1500
Intervallo velocità [m/sec]	1

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

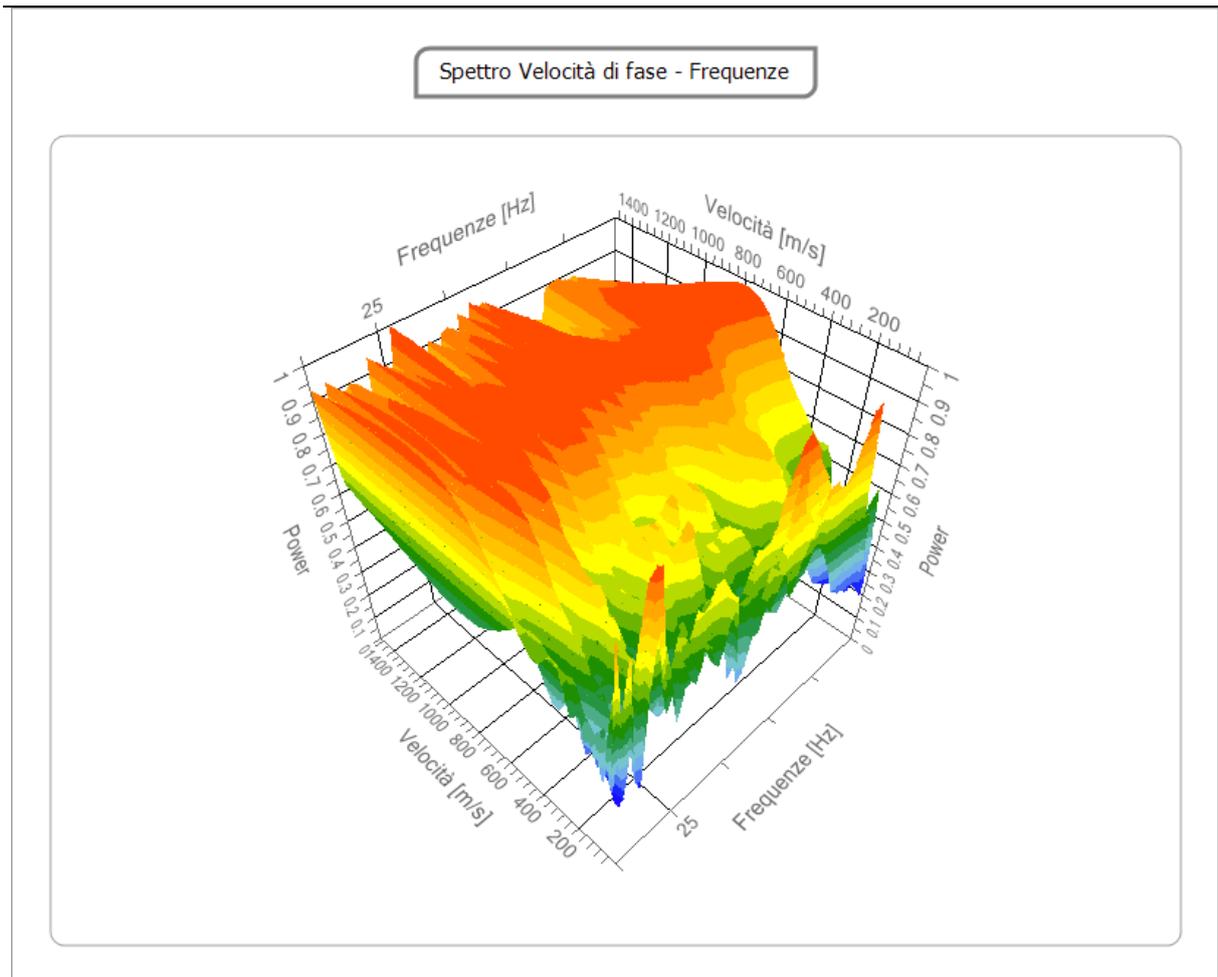


Figura 5 - Spettro velocità di fase - Frequenze

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	20.8	852.7	0
2	23.6	827.3	0
3	26.3	799.4	0
4	28.5	796.3	0
5	30.6	787.0	0
6	34.0	793.2	0
7	36.1	765.3	0
8	37.9	769.8	0
9	40.3	805.6	0
10	43.9	790.1	0

Tabella 4 - Parametri curva di dispersione

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

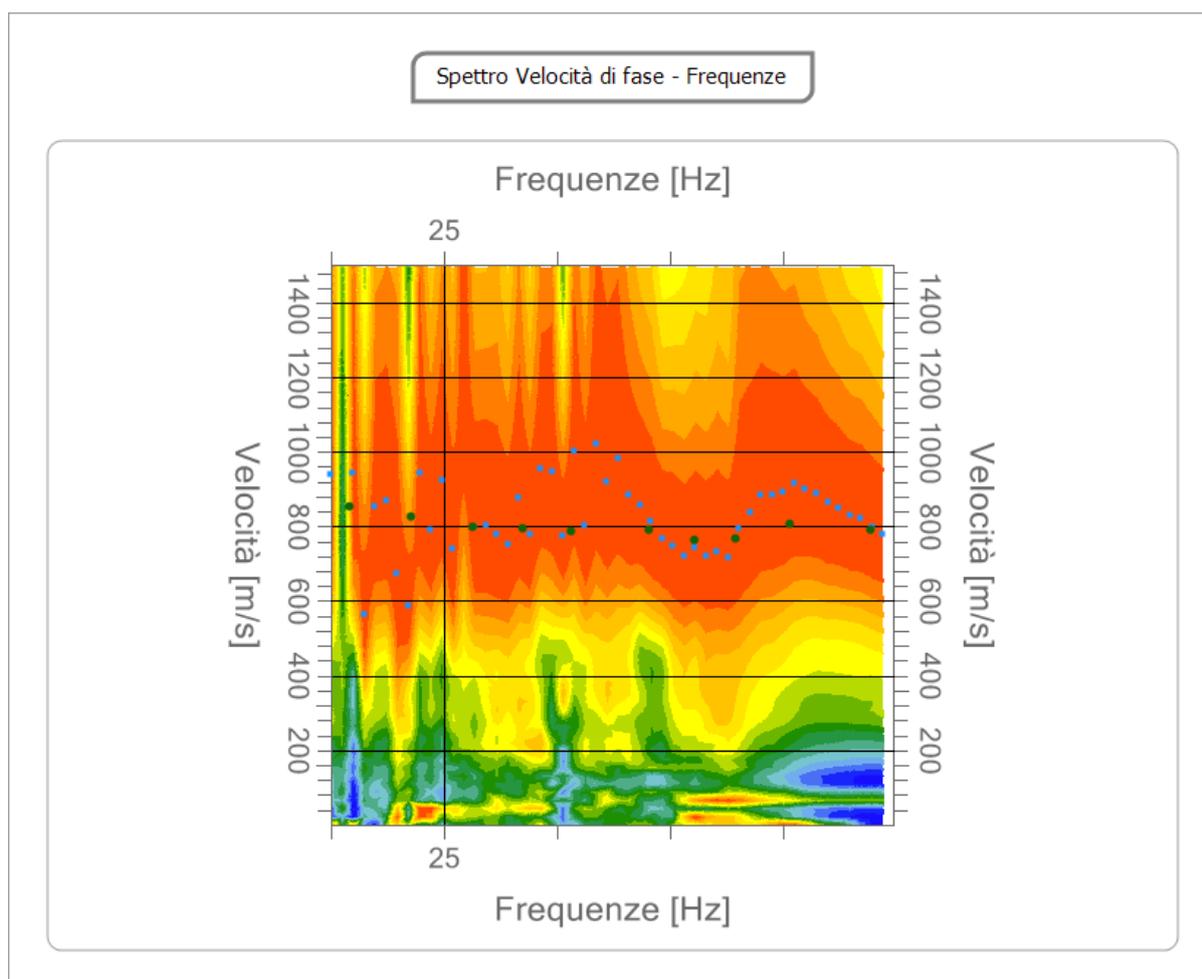


Figura 6 -Spettro velocità di fase - frequenze

Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficient e Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.00	3.00	1800.0	0.2	1283.5	786.0
2		7.51	4.51	1800.0	0.2	1430.8	876.2
3		14.37	6.86	1800.0	0.2	1429.3	875.3
4		20.46	6.09	1800.0	0.2	1430.1	875.8
5		28.82	8.37	1800.0	0.2	1976.0	1210.1
6		oo	oo	1800.0	0.2	2609.7	1598.1

Tabella 5 - Dati inversione

Percentuale di errore 0.010 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.010

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

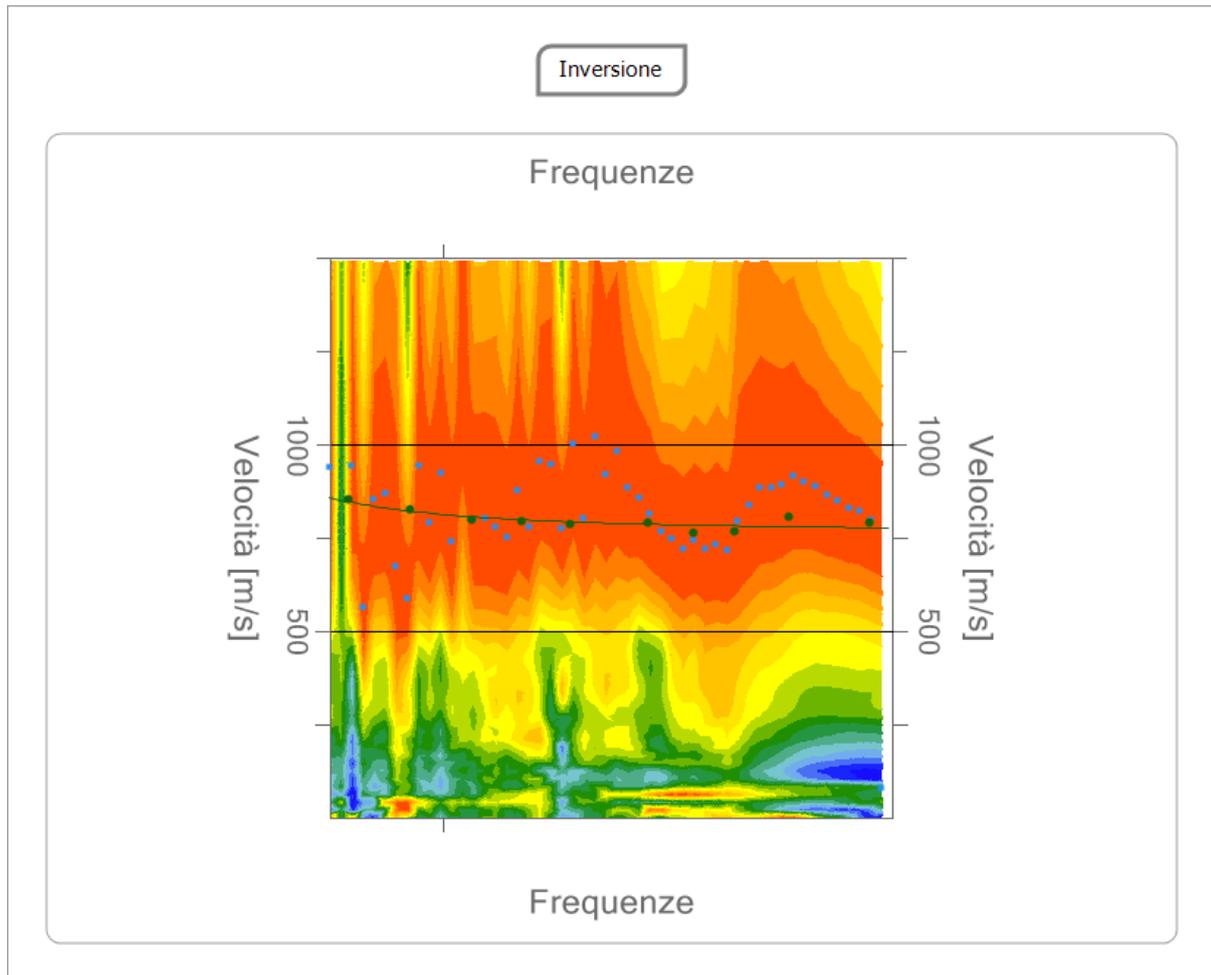


Figura 7 -Spettro velocità - frequenze post inversione

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolrl.it
Sito Web : www.greensolrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolrl.it

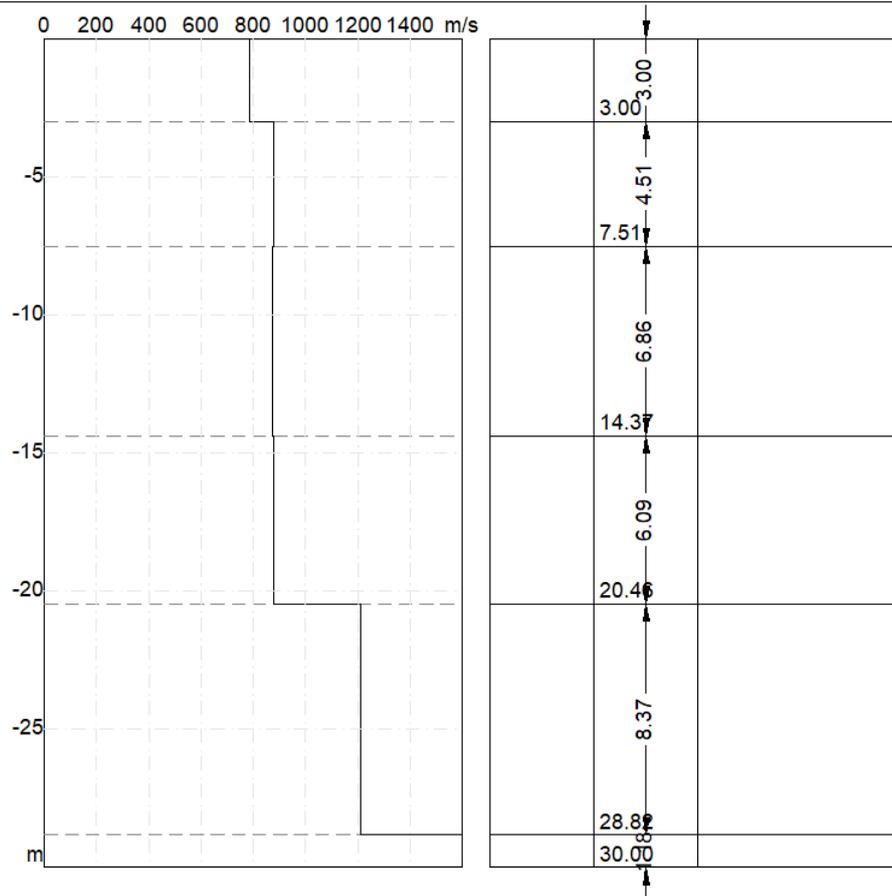


Figura 9 - Profilo di velocità e spessori registrati

Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
V_{s,eq} [m/sec] (H=3.00 m)	785.97
Categoria del suolo	B

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

Suolo di tipo B: 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.

Altri parametri geotecnici

L'analisi delle velocità ha permesso di ricavare diversi parametri geotecnici utilizzando relazioni consolidate nella letteratura internazionale. Si tenga presente che le valutazioni sono effettuate in condizioni dinamiche e che sono riferibili all'intero ammasso roccioso indagato:

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	3.00	3.00	785.97	1283.48	1800.00	0.20	1111.95	2965.19	1482.60	2668.68
2	7.51	4.51	876.15	1430.75	1800.00	0.20	1381.76	3684.70	1842.35	3316.23
3	14.37	6.86	875.29	1429.34	1800.00	0.20	1379.03	3677.40	1838.70	3309.66
4	20.46	6.09	875.76	1430.12	1800.00	0.20	1380.54	3681.43	1840.71	3313.28
5	28.82	8.37	1210.08	1976.05	1800.00	0.20	2635.72	7028.58	3514.29	6325.72
6	oo	oo	1598.14	2609.75	1800.00	0.20	4597.28	12259.41	6129.70	11033.47

Tabella 6 - Parametri geotecnici dell'ammasso roccioso

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

DESCRIZIONE DELLO STENDIMENTO MASW 2

Lo stendimento è stato posizionato sul terreno con un' orientazione NNO-SSE come è possibile verificare in Figura 1. Il passo di acquisizione è stato di due metri e gli shot di acquisizione sono stati eseguiti a 2 metri.



Lo stendimento è stato disposto parallelamente al lato lungo del lotto indagato.

Qui di seguito sono riportati i parametri di acquisizione dello stendimento:

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

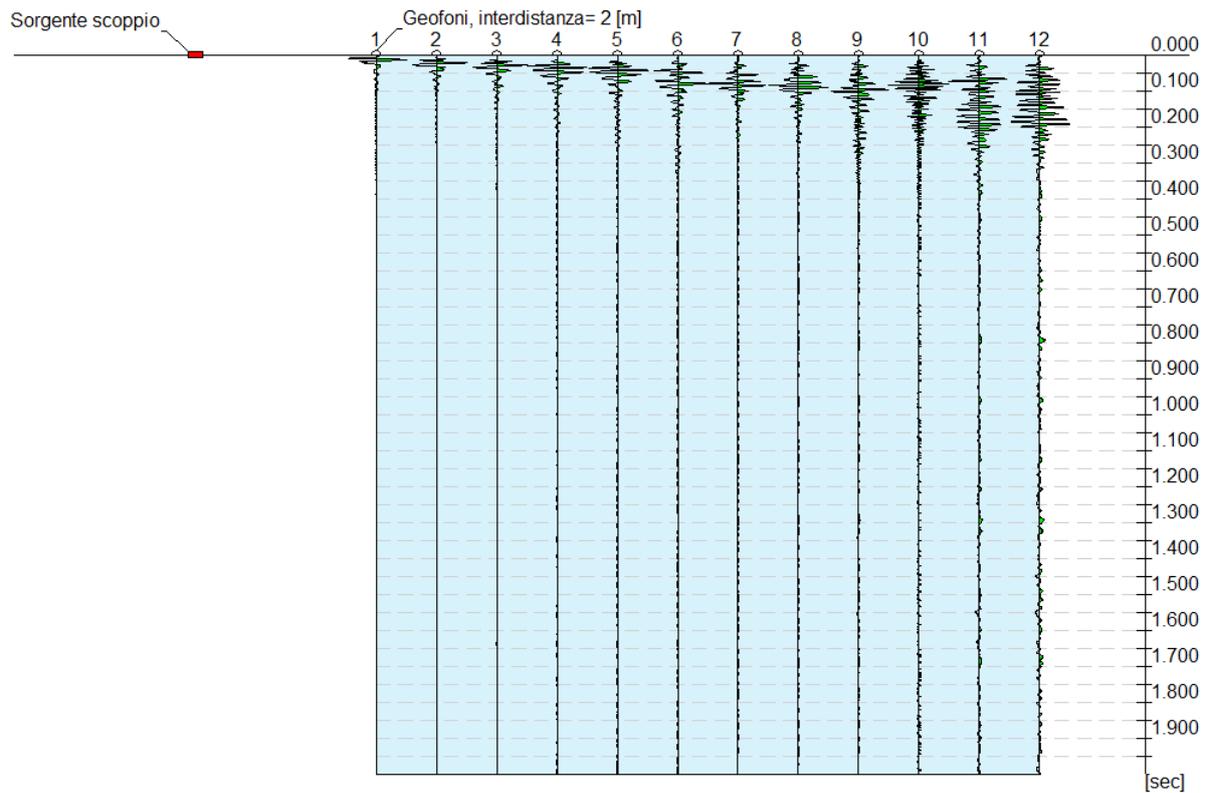


Figura 10 -Sismogramma acquisito MASW 2

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolrsl.it
Sito Web : www.greensolrsl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolrsl.it

ELABORAZIONE DEI DATI

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (easymasw) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale. La fase iniziale consiste nel filtraggio del segnale sismico per eliminare il "rumore" ed eventuali frequenze indesiderate. Il software permette di visualizzare il record sismico nel dominio spazio-tempo e visualizzando i grafici frequenza-ampiezza anche per le singole tracce. Sono disponibili varie modalità di gestione del segnale, le cui principali sono i filtri "passa basso", "passa alto", "passa banda", "taglia banda", il "muting" e l'ACG. Inoltre tramite le curve di attenuazione delle onde superficiali è possibile valutare con maggior precisione la qualità dei dati acquisiti. La fase successiva consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza. Utilizzando la curva di dispersione si procede ad individuare la curva della velocità di fase apparente del modo fondamentale e, ove possibile, dei modi superiori. La fase di inversione prevede una modellizzazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità. L'elaborazione avviene tramite l'applicazione di procedimenti di calcolo e algoritmi genetici di inversione (global-search methods), che gestiscono all'intero di un "spazio di ricerca", modelli caratterizzati da parametri di velocità di taglio (V_s) e spessori degli strati. Altri parametri previsti dal modello sono il coefficiente di Poisson e la velocità delle onde di volume (V_p) che, assieme a spessore degli strati e relative V_s , possono venire modificati anche manualmente. Tramite iterazioni successive si ottiene un modello di inversione in grado di far coincidere con la migliore approssimazione possibile la curva di dispersione elaborata nella fase precedente e quella modellizzata. Viene inoltre restituita una stima dell'attendibilità (deviazione standard) del modello proposto ottenuta con tecniche statistiche. Non avendo a disposizione informazioni aggiuntive, quali ad esempio stratigrafie di sondaggio, analisi granulometriche, di densità, prove CPT ecc, è stato impostato un modello geologico/geofisico dai dati di rilevamento e di letteratura con il quale definire parametri quali lo spessore degli strati, la velocità delle onde P stimata e coefficiente di Poisson. La definizione di tale modello consente l'inversione dei dati di campagna e di conseguenza la definizione della sismostratigrafia del sito. In conclusione viene restituito un diagramma (1D) delle velocità delle onde di taglio (V_s) in funzione della profondità, con relativa tabella, calcolo delle V_s equivalenti e correlazione al tipo di terreno, come da normativa. Per una stima della massima profondità di indagine attendibile è possibile fare riferimento al rapporto

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

che sussiste tra lunghezza d'onda (λ), frequenza (f) e velocità di propagazione delle onde (v) secondo la seguente equazione: $\lambda = v/f$. La velocità di propagazione delle onde sismiche è legata alle caratteristiche del mezzo attraversato fino ad una profondità compresa tra $\lambda/2$ e $\lambda/3$. Nel presente studio la frequenza minima ricavabile dalla curva di dispersione sperimentale è di circa 21 Hz, associata a una velocità di fase di 1100.1 m/s. Pertanto, considerando un rapporto di $\lambda/2$, la massima profondità di penetrazione risulta di circa 26 m. Va ricordato che il diagramma 1D mostra una suddivisione sismostratigrafica ricostruita sul differente comportamento sismico dei materiali investigati. È quindi possibile che variazioni di velocità non corrispondano necessariamente a passaggi litologici netti.

I dati acquisiti sono stati elaborati ed è stata ricavata la curva di dispersione per l'estrazione del modo fondamentale.

Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	19
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	45
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1200
Intervallo velocità [m/sec]	1

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

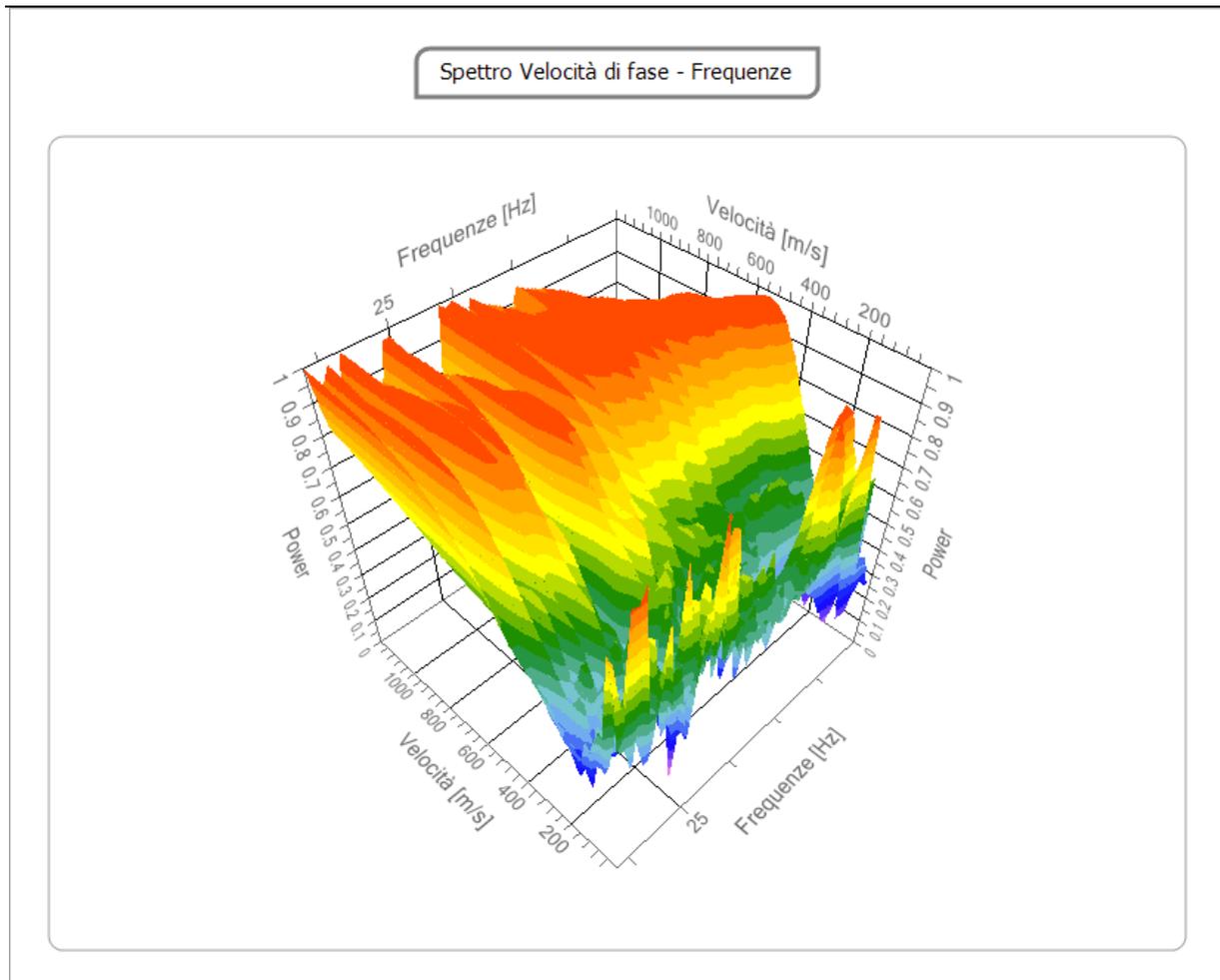


Figura 11 - Spettro velocità di fase - Frequenze

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	21.1	1100.9	0
2	24.4	962.2	0
3	26.3	902.7	0
4	28.7	873.0	0
5	30.7	833.4	0
6	32.5	799.9	0
7	35.1	774.9	0
8	37.6	733.1	0
9	40.2	679.6	0
10	42.7	632.4	0

Tabella 7 - Parametri curva di dispersione

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensol.it
Sito Web : www.greensol.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensol.it

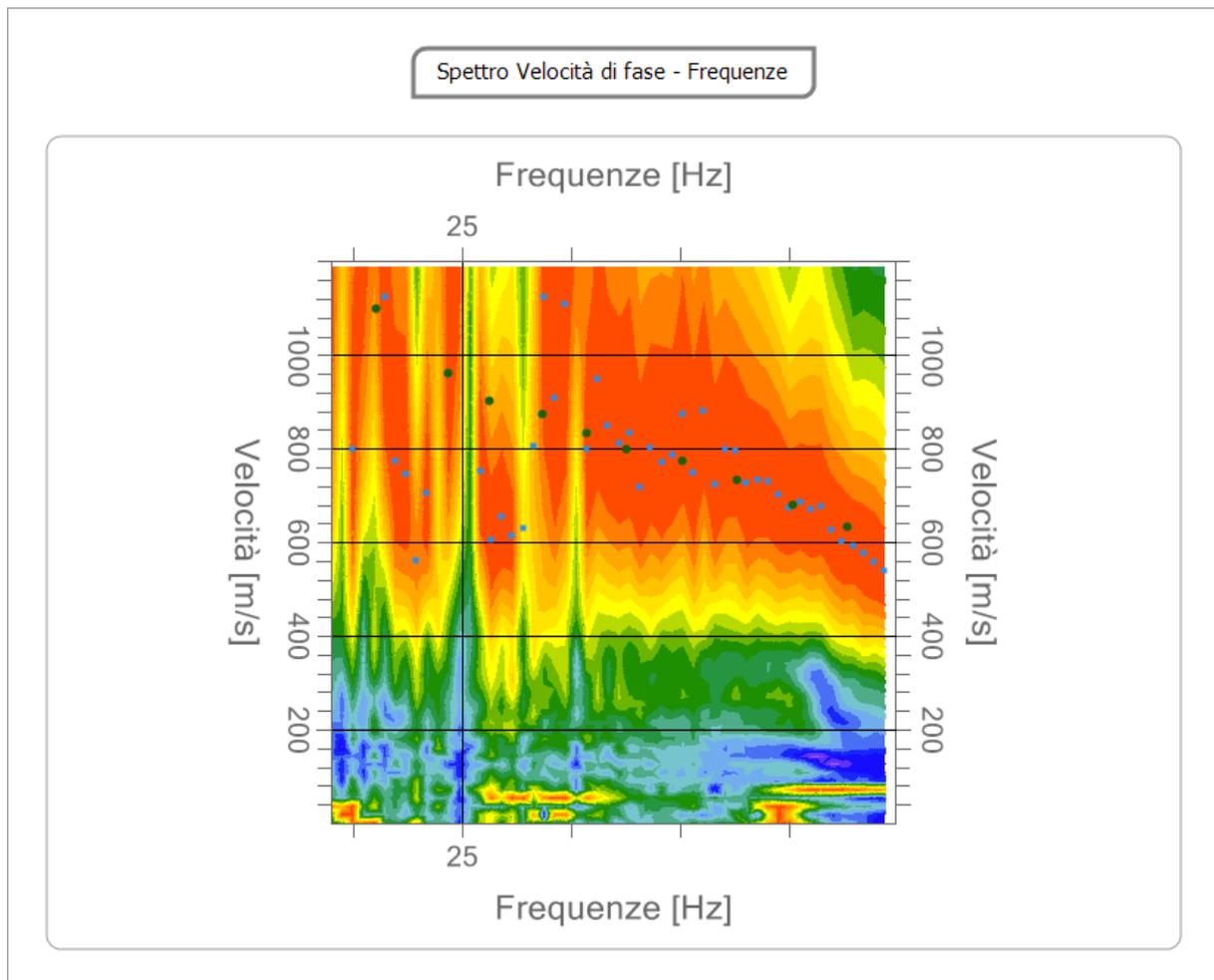


Figura 12 -Spettro velocità di fase - frequenze

Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficient e Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.00	3.00	1800.0	0.2	1038.6	636.0
2		7.00	4.00	1800.0	0.2	1041.2	637.6
3		12.00	5.00	1800.0	0.2	1957.8	1198.9
4		18.00	6.00	1800.0	0.2	2118.6	1297.4
5		25.02	7.02	1800.0	0.2	2363.7	1447.5
6		oo	oo	1800.0	0.2	2655.1	1625.9

Tabella 8 - Dati inversione

Percentuale di errore

0.105 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.030

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensol.it
Sito Web : www.greensol.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensol.it

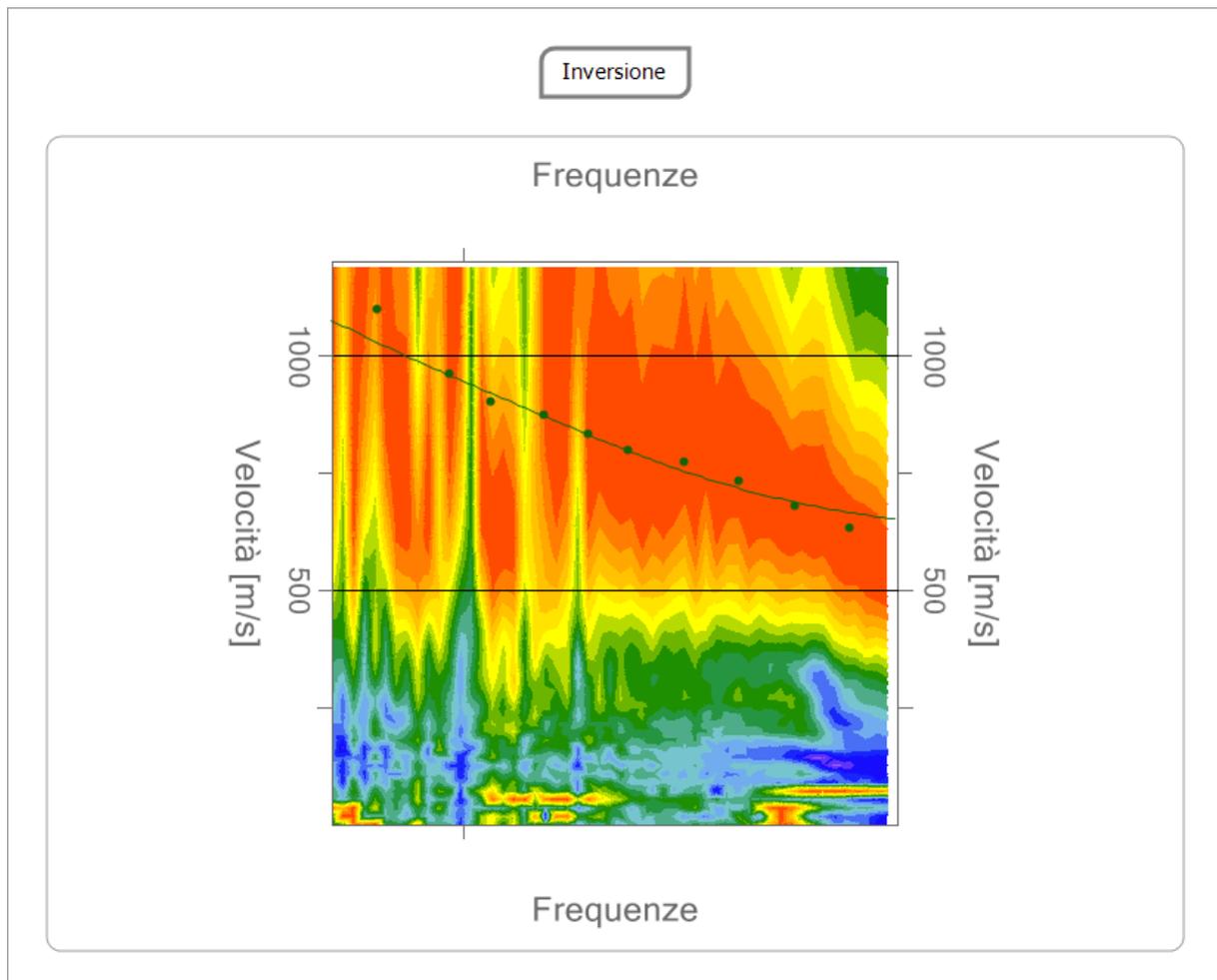


Figura 13 -Spettro velocità - frequenze post inversione

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolrl.it
Sito Web : www.greensolrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolrl.it

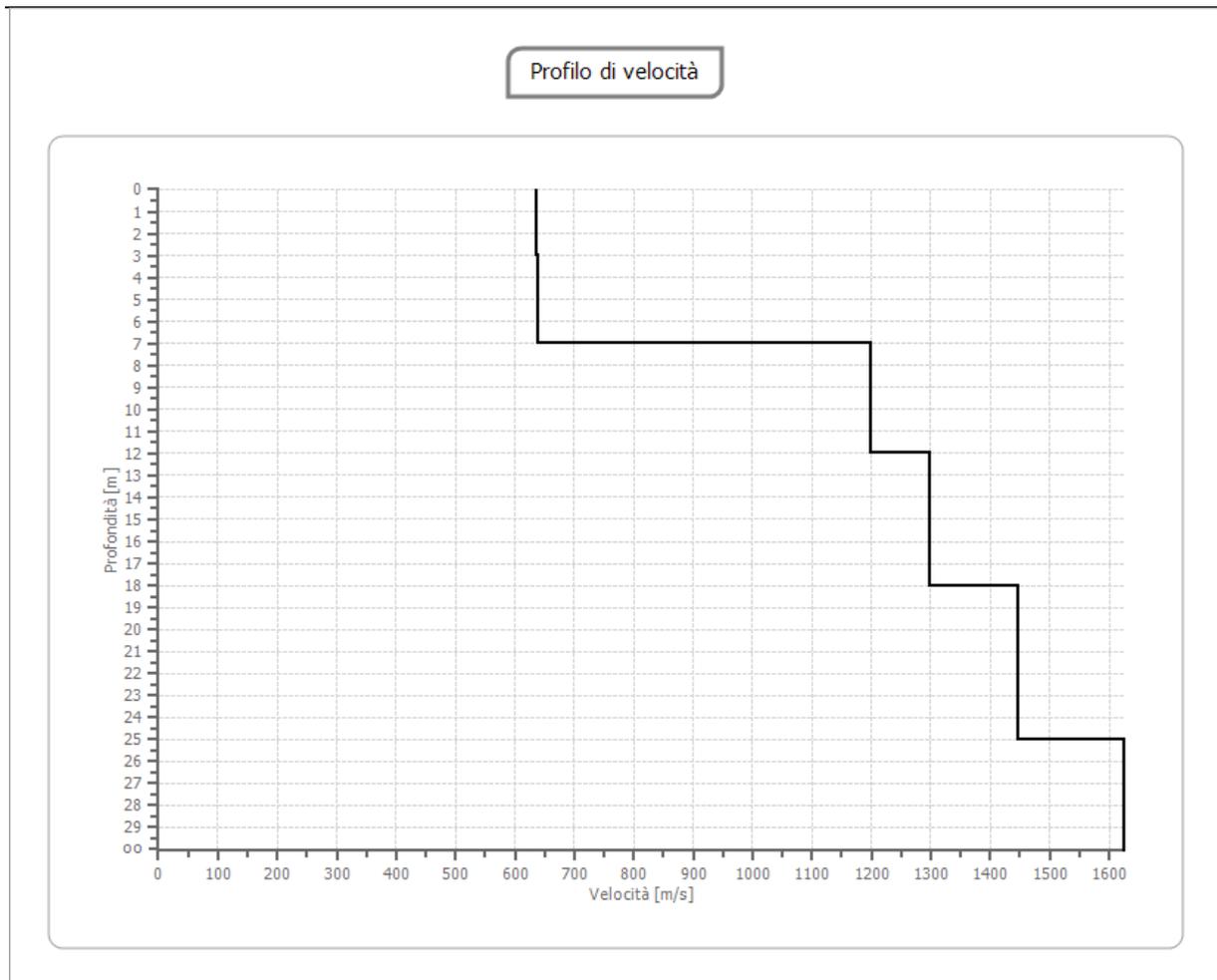


Figura 14 - Profilo di velocità

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolrl.it
Sito Web : www.greensolrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolrl.it

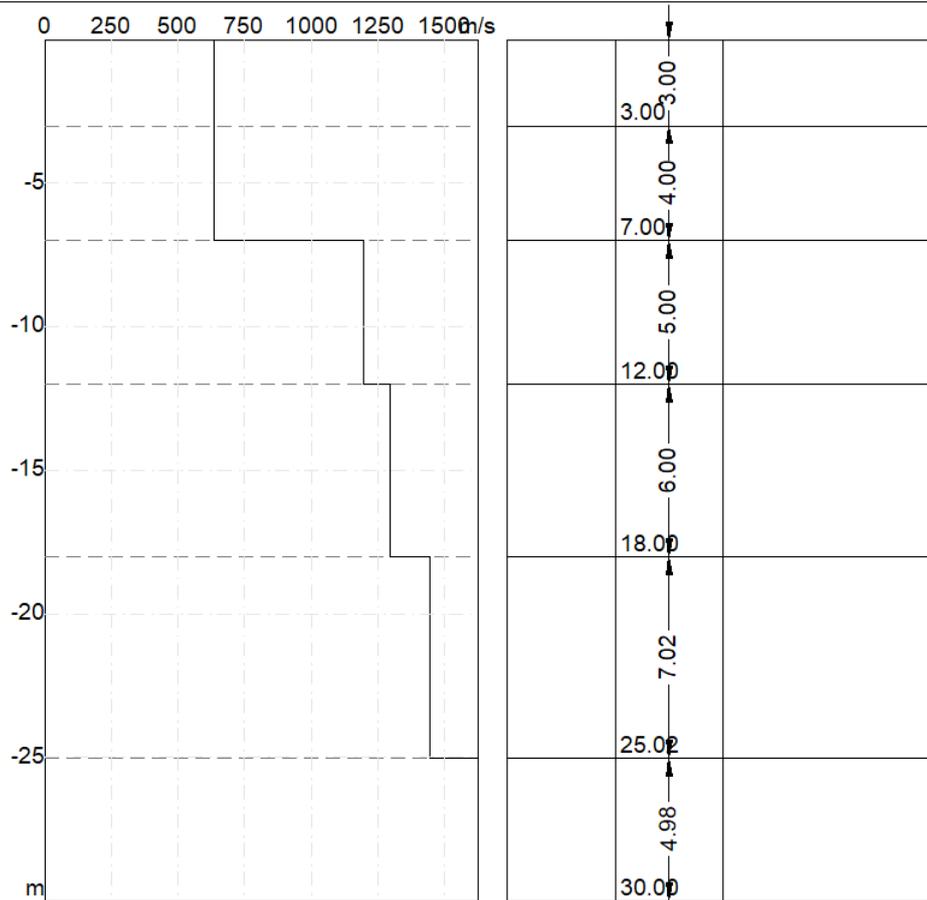


Figura 15 - Profilo di velocità e spessori registrati

Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=7.00 m)	636.93
Categoria del suolo	B

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

Suolo di tipo B: 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.

Altri parametri geotecnici

L'analisi delle velocità ha permesso di ricavare diversi parametri geotecnici utilizzando relazioni consolidate nella letteratura internazionale. Si tenga presente che le valutazioni sono effettuate in condizioni dinamiche e che sono riferibili all'intero ammasso roccioso indagato:

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	3.00	3.00	636.03	1038.63	1800.00	0.20	728.16	1941.75	970.88	1747.58
2	7.00	4.00	637.62	1041.22	1800.00	0.20	731.80	1951.46	975.73	1756.31
3	12.00	5.00	1198.89	1957.78	1800.00	0.20	2587.22	6899.26	3449.63	6209.33
4	18.00	6.00	1297.36	2118.58	1800.00	0.20	3029.67	8079.11	4039.56	7271.20
5	25.02	7.02	1447.47	2363.71	1800.00	0.20	3771.31	10056.83	5028.42	9051.15
6	oo	oo	1625.89	2655.06	1800.00	0.20	4758.31	12688.84	6344.42	11419.95

Tabella 9 - Parametri geotecnici dell'ammasso roccioso

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

DESCRIZIONE DELLO STENDIMENTO MASW 3

Lo stendimento è stato posizionato sul terreno con un' orientazione ENE-OSO come è possibile verificare in Figura 1. Il passo di acquisizione è stato di due metri e gli shot di acquisizione sono stati eseguiti a 2 metri.



Lo stendimento è stato disposto perpendicolarmente al lato lungo del lotto indagato.

Qui di seguito sono riportati i parametri di acquisizione dello stendimento:

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	2000.3
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	0.667

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

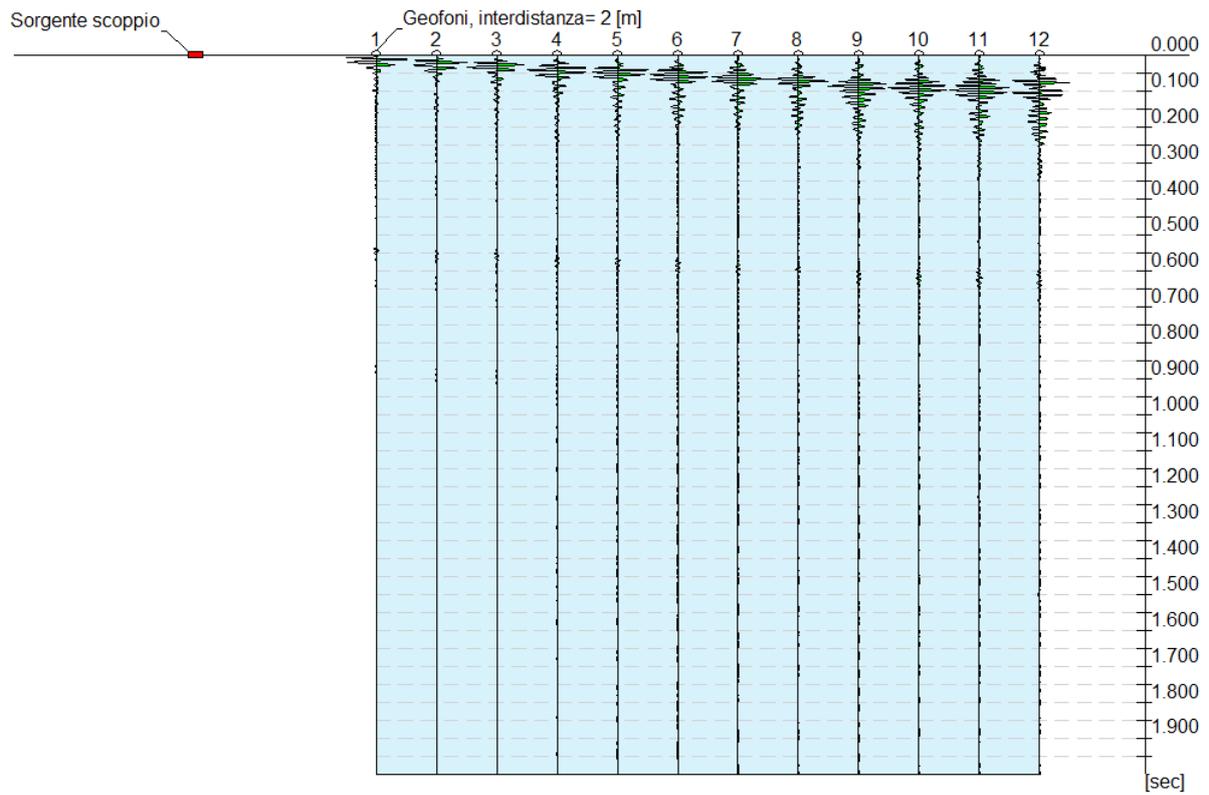


Figura 16 -Sismogramma acquisito MASW 3

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensol.it
Sito Web : www.greensol.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensol.it

ELABORAZIONE DEI DATI

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (easymasw) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale. La fase iniziale consiste nel filtraggio del segnale sismico per eliminare il "rumore" ed eventuali frequenze indesiderate. Il software permette di visualizzare il record sismico nel dominio spazio-tempo e visualizzando i grafici frequenza-ampiezza anche per le singole tracce. Sono disponibili varie modalità di gestione del segnale, le cui principali sono i filtri "passa basso", "passa alto", "passa banda", "taglia banda", il "muting" e l'ACG. Inoltre tramite le curve di attenuazione delle onde superficiali è possibile valutare con maggior precisione la qualità dei dati acquisiti. La fase successiva consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza. Utilizzando la curva di dispersione si procede ad individuare la curva della velocità di fase apparente del modo fondamentale e, ove possibile, dei modi superiori. La fase di inversione prevede una modellizzazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità. L'elaborazione avviene tramite l'applicazione di procedimenti di calcolo e algoritmi genetici di inversione (global-search methods), che gestiscono all'intero di un "spazio di ricerca", modelli caratterizzati da parametri di velocità di taglio (V_s) e spessori degli strati. Altri parametri previsti dal modello sono il coefficiente di Poisson e la velocità delle onde di volume (V_p) che, assieme a spessore degli strati e relative V_s , possono venire modificati anche manualmente. Tramite iterazioni successive si ottiene un modello di inversione in grado di far coincidere con la migliore approssimazione possibile la curva di dispersione elaborata nella fase precedente e quella modellizzata. Viene inoltre restituita una stima dell'attendibilità (deviazione standard) del modello proposto ottenuta con tecniche statistiche. Non avendo a disposizione informazioni aggiuntive, quali ad esempio stratigrafie di sondaggio, analisi granulometriche, di densità, prove CPT ecc, è stato impostato un modello geologico/geofisico dai dati di rilevamento e di letteratura con il quale definire parametri quali lo spessore degli strati, la velocità delle onde P stimata e coefficiente di Poisson. La definizione di tale modello consente l'inversione dei dati di campagna e di conseguenza la definizione della sismostratigrafia del sito. In conclusione viene restituito un diagramma (1D) delle velocità delle onde di taglio (V_s) in funzione della profondità, con relativa tabella, calcolo delle V_s equivalenti e correlazione al tipo di terreno, come da normativa. Per una stima della massima profondità di indagine attendibile è possibile fare riferimento al rapporto

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

che sussiste tra lunghezza d'onda (λ), frequenza (f) e velocità di propagazione delle onde (v) secondo la seguente equazione: $\lambda = v/f$. La velocità di propagazione delle onde sismiche è legata alle caratteristiche del mezzo attraversato fino ad una profondità compresa tra $\lambda/2$ e $\lambda/3$. Nel presente studio la frequenza minima ricavabile dalla curva di dispersione sperimentale è di circa 24 Hz, associata a una velocità di fase di 783. m/s. Pertanto, considerando un rapporto di $\lambda/2$, la massima profondità di penetrazione risulta di circa 16 m. Va ricordato che il diagramma 1D mostra una suddivisione sismostratigrafica ricostruita sul differente comportamento sismico dei materiali investigati. È quindi possibile che variazioni di velocità non corrispondano necessariamente a passaggi litologici netti.

I dati acquisiti sono stati elaborati ed è stata ricavata la curva di dispersione per l'estrazione del modo fondamentale.

Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	23
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	47
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1200
Intervallo velocità [m/sec]	1

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

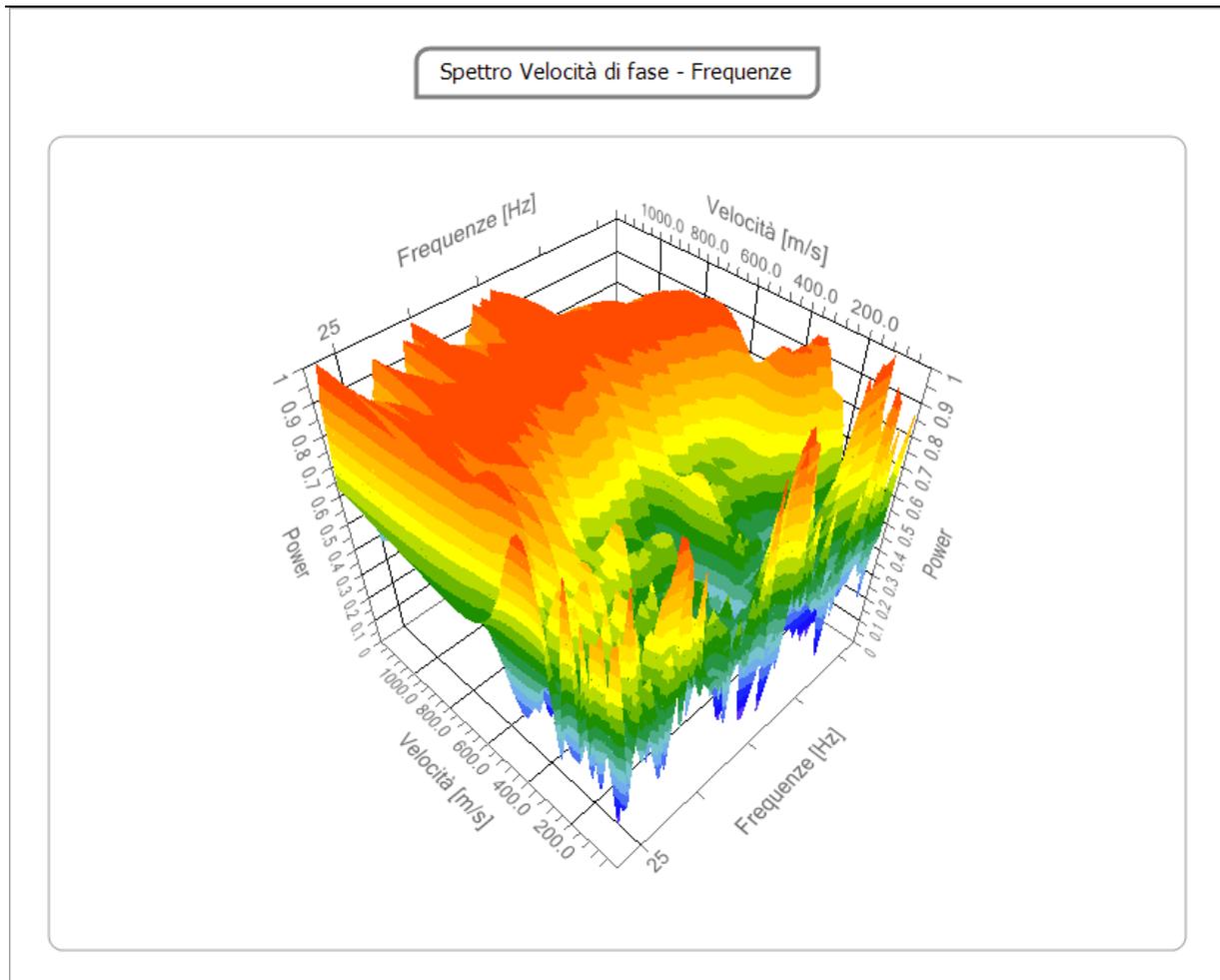


Figura 17 - Spettro velocità di fase - Frequenze

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	24.4	783.8	0
2	26.5	767.3	0
3	28.7	754.1	0
4	31.1	760.7	0
5	33.2	735.2	0
6	35.5	740.9	0
7	37.8	732.3	0
8	40.2	705.7	0
9	42.5	653.7	0
10	24.4	783.8	0

Tabella 10 - Parametri curva di dispersione

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

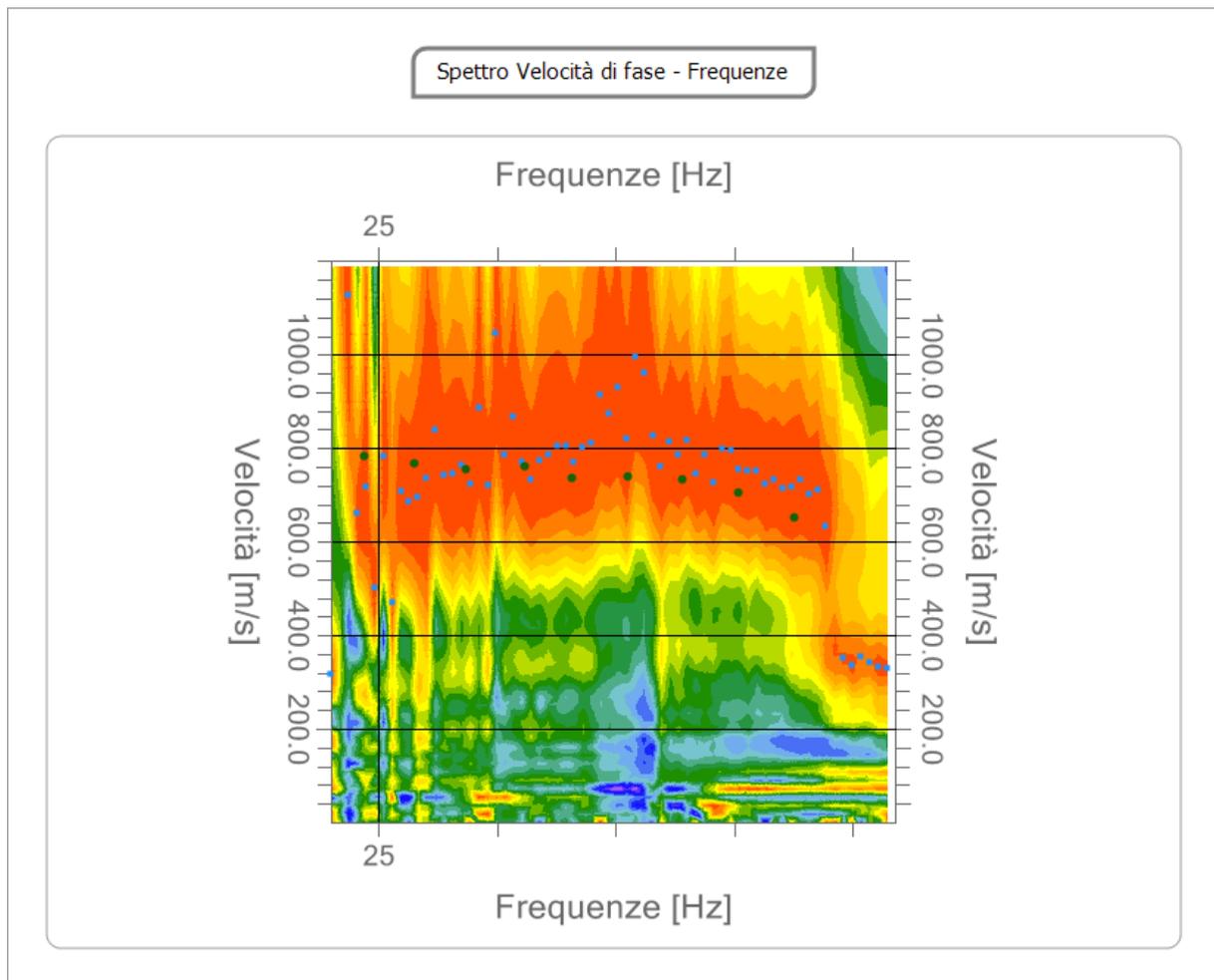


Figura 18 -Spettro velocità di fase - frequenze

Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficient e Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		4.98	4.98	1800.0	0.2	1067.1	653.5
2		10.72	5.74	1800.0	0.2	1396.7	855.3
3		17.68	6.96	1800.0	0.2	1632.2	999.5
4		25.42	7.74	1800.0	0.2	1629.3	997.7
5		32.93	7.51	1800.0	0.2	2325.8	1424.3
6		∞	∞	1800.0	0.2	2618.3	1603.4

Tabella 11 - Dati inversione

Percentuale di errore

0.053 %

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

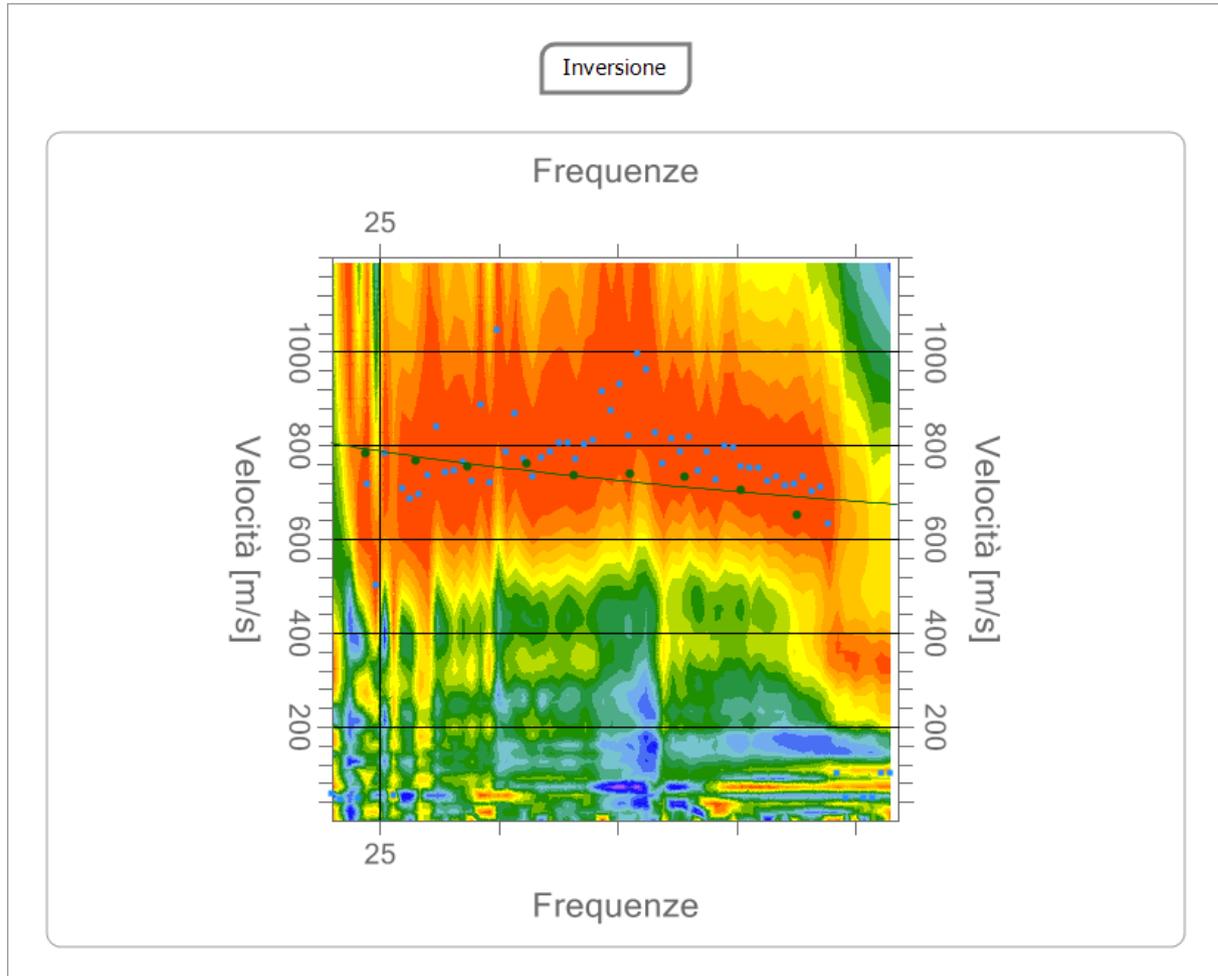


Figura 19 -Spettro velocità - frequenze post inversione

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensol.it
Sito Web : www.greensol.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensol.it

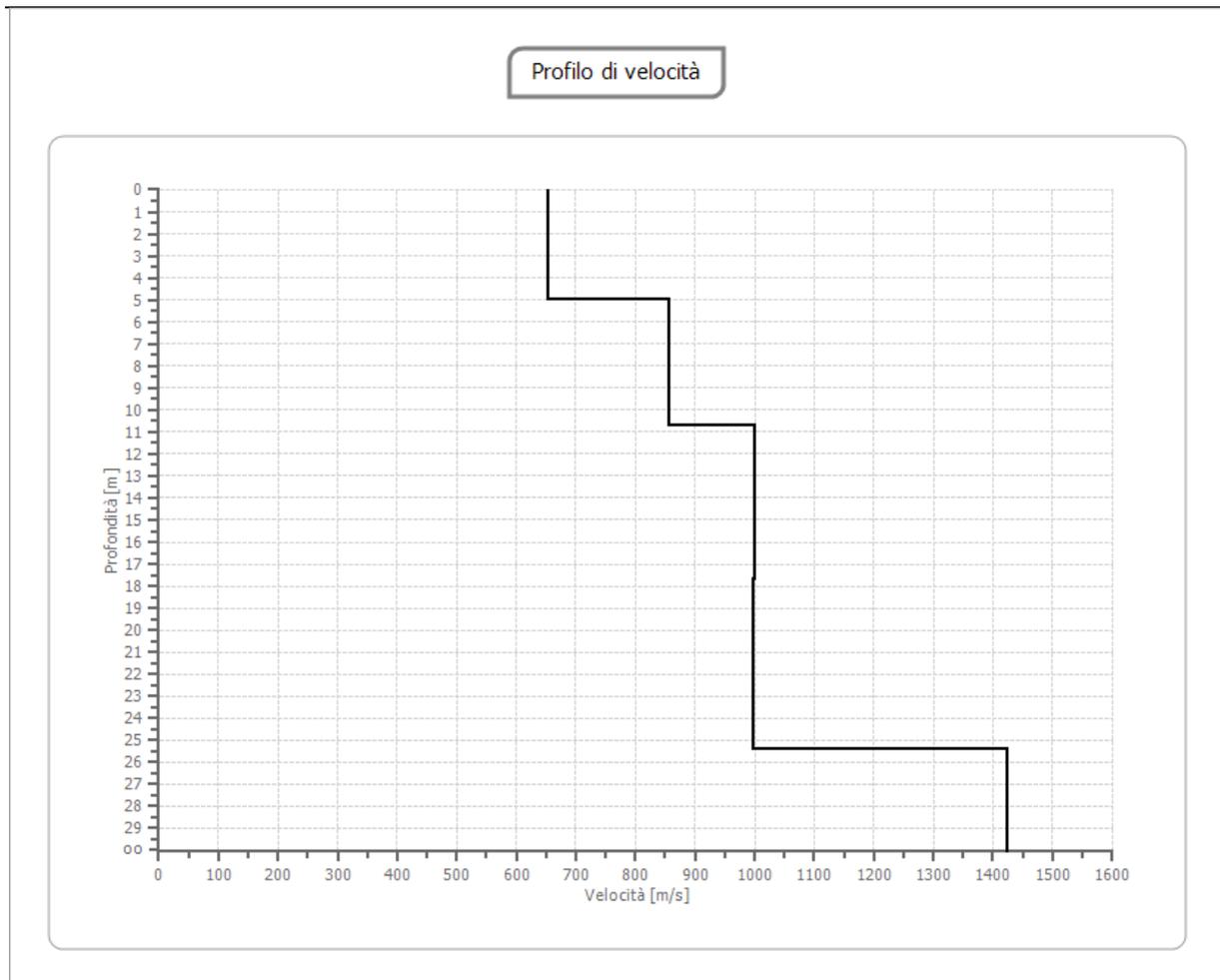


Figura 20 - Profilo di velocità

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolrl.it
Sito Web : www.greensolrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolrl.it

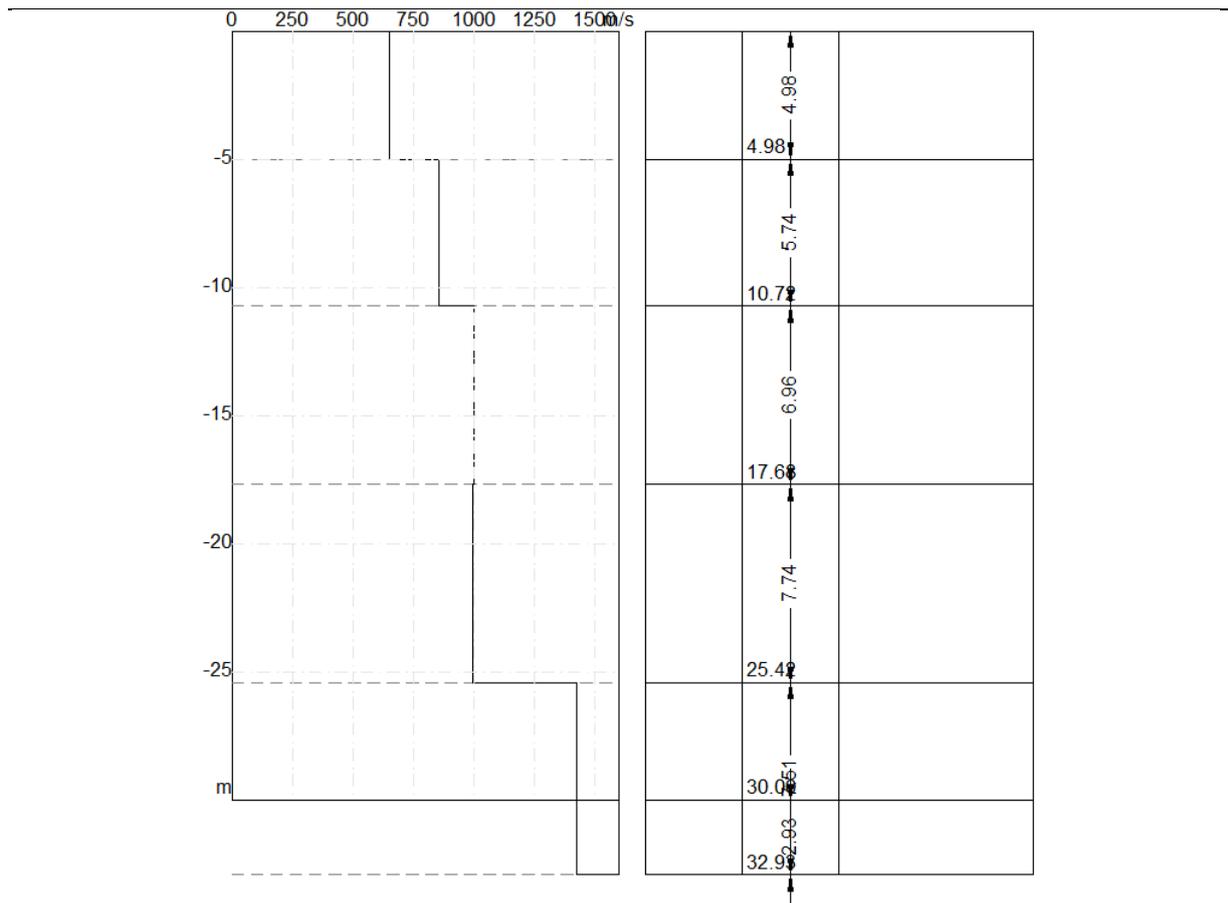


Figura 21 - Profilo di velocità e spessori registrati

Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=3.00 m)	653.48
Categoria del suolo	B

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

Suolo di tipo B: 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.

Altri parametri geotecnici

L'analisi delle velocità ha permesso di ricavare diversi parametri geotecnici utilizzando relazioni consolidate nella letteratura internazionale. Si tenga presente che le valutazioni sono effettuate in condizioni dinamiche e che sono riferibili all'intero ammasso roccioso indagato:

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	4.98	4.98	653.48	1067.12	1800.00	0.20	768.66	2049.76	1024.88	1844.78
2	10.72	5.74	855.29	1396.68	1800.00	0.20	1316.74	3511.31	1755.65	3160.18
3	17.68	6.96	999.54	1632.24	1800.00	0.20	1798.33	4795.56	2397.78	4316.00
4	25.42	7.74	997.71	1629.25	1800.00	0.20	1791.76	4778.03	2389.01	4300.22
5	32.93	7.51	1424.27	2325.83	1800.00	0.20	3651.39	9737.03	4868.52	8763.33
6	oo	oo	1603.36	2618.27	1800.00	0.20	4627.35	12339.61	6169.81	11105.65

Tabella 12 - Parametri geotecnici dell'ammasso roccioso

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

ELABORAZIONE BIDIMENSIONALE

Considerando l'ubicazione sul terreno dei tre stendimenti sismici si è proceduto in fase di elaborazione dei risultati alla implementazione delle 3 colonne sismostratigrafiche ottenute in una singola sezione bidimensionale.



Figura 22 - In blu la sezione ricavata dall'elaborazione bidimensionale dei centri degli stendimenti eseguiti (pallini in blu)

Questo procedimento consente di ottenere una visione di insieme delle caratteristiche sismiche dell'ammasso indagato. La sezione è stata ricavata con i dati corrispondenti al punto centrale delle tre masw eseguite restituendo una sezione di lunghezza 15 metri disposta ENE-OSO (come lo stendimento MASW 3).

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

Distribuzione velocità onde S

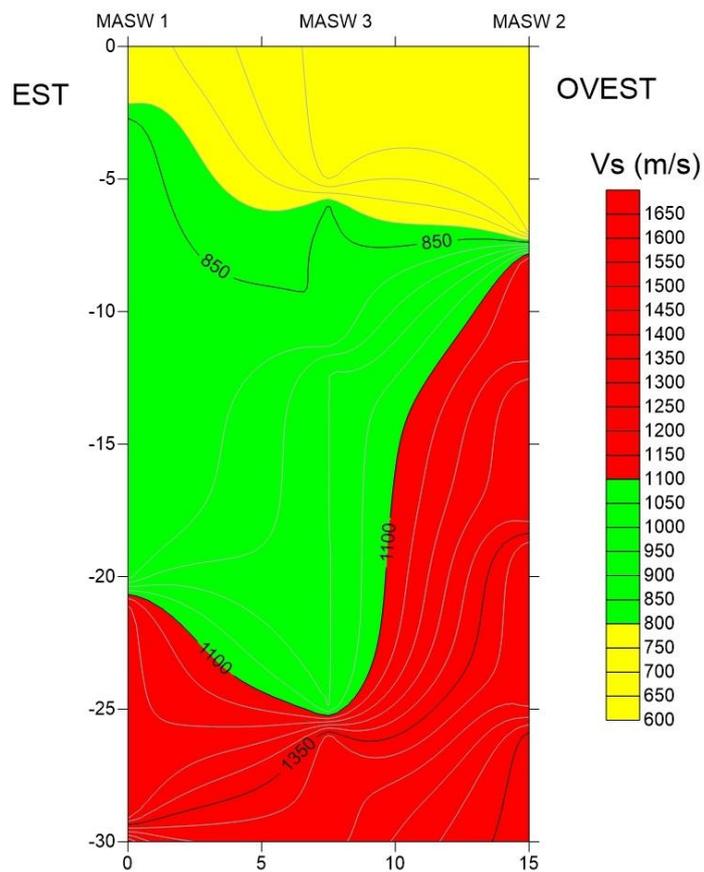


Figura 23 - Elaborazione 2d

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

CONCLUSIONI

Le tre indagini sismiche MASW eseguite hanno evidenziato dei risultati sostanzialmente coerenti che sono sintetizzate nella sezione bidimensionale ottenuta implementando i singoli dati.

In funzione dei risultati possiamo affermare che dal punto di vista delle velocità delle onde S e, conseguentemente, delle caratteristiche meccaniche, la sezione può essere divisa in tre parti.

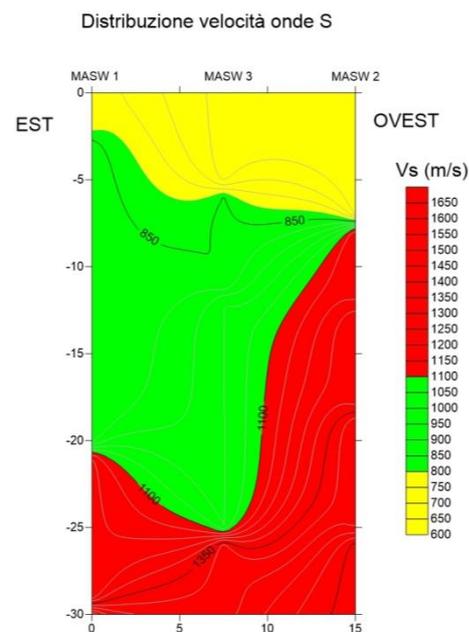
La sezione evidenzia un primo strato più lento (giallo in figura) in cui le onde sismiche seconde si distribuiscono in un range compreso tra i 600 e gli 800 m/s. Dal punto di vista stratigrafico si nota che questo primo strato è più sottile (2 m) in corrispondenza della MASW 1, e diventa man mano più spesso nella MASW 3 (6m) e nella MASW 2 (7m). Questo primo strato, deve essere considerato un primo spessore di alterazione dell'ammasso roccioso, quello esposto per un periodo di tempo considerevole a tutti gli agenti endogeni ed esogeni che hanno contribuito a indebolirne le caratteristiche meccaniche.

Il secondo strato, in verde nella sezione, presenta delle velocità delle onde S comprese tra 800 e 1100 m/s. Nell'estremo ad Ovest questo strato quasi si annulla lasciando spazio al terzo strato molto veloce, mentre nel resto della sezione arriva a profondità comprese tra 20 e 25 metri. Questo spessore rappresenta un volume di roccia dalle buone caratteristiche meccaniche.

Il terzo strato (rosso) è sicuramente il migliore per caratteristiche meccaniche con velocità delle onde S che partono da 1100 m/s e arrivano in profondità anche a 1800-2000 m/s. Dai dati acquisiti non si registrano inversioni di velocità nelle sezioni e si rileva un costante aumento delle velocità man mano che si raggiungono profondità più elevate.

Dai risultati delle indagini si evince che il contesto geolitologico sia molto probabilmente di tipo coerente (roccia) per tutta la profondità indagata, con un miglioramento progressivo e costante delle caratteristiche meccaniche del litotipo indagato.

Ovviamente, si fa notare, che tutte le informazioni fornite dalle indagini sismiche sono riferibili all'ammasso roccioso e non sono puntuali e che i parametri ricavati sono di tipo dinamico e non statico. Solo a carattere indicativo, è stato calcolato l'angolo di attrito interno dell'ammasso



GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it

roccioso tramite alcune relazioni presenti in letteratura scientifica (Physics of Rocks, Rzheshvki-Novik, 1971), per l'ammasso indagato tale calcolo ha restituito il valore di 29°. Rimane inteso che tale valore è puramente teorico e basato su dati indiretti e non può sostituire il dato ottenuto tramite indagini di laboratorio o in situ.

Qui di seguito vengono riportate le tabelle dei valori ottenuti nelle tre indagini:

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	3.00	3.00	785.97	1283.48	1800.00	0.20	1111.95	2965.19	1482.60	2668.68
2	7.51	4.51	876.15	1430.75	1800.00	0.20	1381.76	3684.70	1842.35	3316.23
3	14.37	6.86	875.29	1429.34	1800.00	0.20	1379.03	3677.40	1838.70	3309.66
4	20.46	6.09	875.76	1430.12	1800.00	0.20	1380.54	3681.43	1840.71	3313.28
5	28.82	8.37	1210.08	1976.05	1800.00	0.20	2635.72	7028.58	3514.29	6325.72
6	oo	oo	1598.14	2609.75	1800.00	0.20	4597.28	12259.41	6129.70	11033.47

Figura 24 - Caratteristiche terreni MASW 1

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	3.00	3.00	636.03	1038.63	1800.00	0.20	728.16	1941.75	970.88	1747.58
2	7.00	4.00	637.62	1041.22	1800.00	0.20	731.80	1951.46	975.73	1756.31
3	12.00	5.00	1198.89	1957.78	1800.00	0.20	2587.22	6899.26	3449.63	6209.33
4	18.00	6.00	1297.36	2118.58	1800.00	0.20	3029.67	8079.11	4039.56	7271.20
5	25.02	7.02	1447.47	2363.71	1800.00	0.20	3771.31	10056.83	5028.42	9051.15
6	oo	oo	1625.89	2655.06	1800.00	0.20	4758.31	12688.84	6344.42	11419.95

Figura 25 - Caratteristiche terreni MASW 2

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	4.98	4.98	653.48	1067.12	1800.00	0.20	768.66	2049.76	1024.88	1844.78
2	10.72	5.74	855.29	1396.68	1800.00	0.20	1316.74	3511.31	1755.65	3160.18
3	17.68	6.96	999.54	1632.24	1800.00	0.20	1798.33	4795.56	2397.78	4316.00
4	25.42	7.74	997.71	1629.25	1800.00	0.20	1791.76	4778.03	2389.01	4300.22
5	32.93	7.51	1424.27	2325.83	1800.00	0.20	3651.39	9737.03	4868.52	8763.33
6	oo	oo	1603.36	2618.27	1800.00	0.20	4627.35	12339.61	6169.81	11105.65

Figura 26 - Caratteristiche terreni MASW 3

G0: Modulo di deformazione al taglio;
Ed: Modulo edometrico;
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;
Ey: Modulo di Young;

Il Geologo

Dott. Angelo Gilotti

N°2282 O.R.G.S.

GREENSOL S.R.L. INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS	
Sede Legale : Via Garibaldi 74, 96011 Augusta(SR)	Sede Operativa : Viale Scala Greca n°406/A, 96000 Siracusa
P.IVA / C.F. : 01670830890	Telefono : 0931/1933892
R.E.A. di Siracusa : 139418	Fax : 0931/1933896
Capitale Sociale : 10.000 euro	E-mail : info@greensolsrl.it
Sito Web : www.greensolsrl.it	Posta elettronica certificata : amministrazione@pec.greensolsrl.it