

**COMPLETAMENTO E OTTIMIZZAZIONE DELLA
TORINO-MILANO CON LA VIABILITA' LOCALE MEDIANTE
INTERCONNESSIONE TRA S.S.32 E S.P.299
TANGENZIALE DI NOVARA
LOTTO "0" E LOTTO "1"**

PROGETTO ESECUTIVO

COD. TO166

CUP: F34E06000030001

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

IMPRESA: A.T.I.

Mandataria:



Mandante:



Direttore Tecnico A.T.I.
Ing. A. Ridella

A.T.I. DI PROGETTAZIONE

Mandataria:

S.T.E. s.r.l.

Structure and Transport Engineering

Direttore Tecnico
Ing. E. Moroni

Mandante:

Dott. Arch. Elisa Lucia ZANETTA

Ordine Architetti P.P.C. Provincia di Novara e

Verbano-Curso-Ossola n.1400

Mandante:

Dott. Ing. Matteo POLETTI

Ordine degli Ingegneri Provincia di Novara n.2310/A

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Francesco M. La Camera

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Maria Bruno

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Francesco M. La Camera

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Marcello Buonamico

GEOLOGIA E GEOTECNICA

Documentazione indagini geofisiche pregresse

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO		000_T00_GE00_GE0_RE02_B			
DPTO02	E 1801	000T00GE00GEORE02		B	-
D					
C					
B	EMISSIONE PER ISTRUTTORIA	OTTOBRE 2018	BRUNO	LA CAMERA	RIDELLA
A	PRIMA EMISSIONE	APRILE 2018	BRUNO	LA CAMERA	RIDELLA
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

A.T.I

SIMETE – AI ENGINEERING – AI STUDIO

DOTT. GEOL. A. SCAGLIA

Completamento Tangenziale di Novara



**Indagini sismiche MASW finalizzata alla determinazione del
parametro Vs30 per la classificazione sismica dei suoli**

Relazione Tecnica

Relazione n.: 1483/2010
Redatto da: Dott. Luigi Benente
Controllato da: Dott. Geol. Mario Naldi
Data: Agosto 2010
Revisione: 0

1	INTRODUZIONE.....	1
2	UBICAZIONE INDAGINI E ACQUISIZIONE DATI.....	2
3	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	2
4	ELABORAZIONE DATI	2
5	DEFINIZIONE DEL CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO.....	3
6	RISULTATI DELLE PROVE MASW.....	4

In allegato:

Appendice A Cenni sulla metodologia MASW

Figure:

Figura 1 Ubicazione indagini geofisiche

Figure 2 ÷ 15 Risultati indagini MASW



1 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra e descrive l'indagine geofisica di tipo sismico (MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves), realizzata lungo alcuni punti del tracciato del completamento della tangenziale di Novara.

Scopo dell'indagine riguarda la valutazione del parametro V_{s30} per la classificazione sismica dei suoli (in accordo al DM 14.01.2008) in corrispondenza delle strutture aeree (ponti e viadotti) previste lungo il nuovo tracciato.

Il piano di indagini ha previsto la realizzazione di sette prove MASW, la cui ubicazione è riportata in Figura 1. I risultati delle prove sono illustrati e commentati nelle pagine seguenti.



2 UBICAZIONE INDAGINI E ACQUISIZIONE DATI

L'indagine MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) ha previsto la realizzazione di sette stendi menti lineari di 46 m di lunghezza, con disposizione di 24 geofoni (a frequenza di 4.5 Hz) equispaziati di 2 m. L'ubicazione del punto centrale dei profili (a cui si riferisce il valore di VS30) è riportato nell'immagine di Figura 1 (stralcio da Foto Area da Google Earth. Posizionamento con coordinate UTM ottenute da rilievo GPS).

Per l'acquisizione dei dati lungo ogni stendi mento sono state effettuate sette basi di energizzazione ai due estremi, disposte a 14, 12, 10, 8, 6, 4 e 2 m. Per ogni punto di energizzazione sono stati generati almeno 3 impulsi sismici.

Ulteriori indicazioni sulla alla metodologia di indagine sono riportati in Appendice A.

3 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata con un sismografo a 24 canali dotato di un convertitore analogico/digitale a 24 bit (unità Daq Link III, Seismic Source Ltd.). Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard 10/100 (base RJ45) per la comunicazione con un computer portatile su cui è installato un apposito programma (VibraScope® v.2.4.40) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.

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

L'energizzazione si è ottenuta con massa battente da 8 Kg su piastra metallica. Per l'innesco (trigger) si è utilizzato uno "shock sensor" collegato alla mazza battente e connesso via cavo al sismografo.

4 ELABORAZIONE DATI

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software Surfseis Versione 3 (Kansas University, USA), che analizza la curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh. L'inversione numerica della curva, secondo un processo iterativo ai minimi quadrati, consente di ottenere un profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo (si veda anche l'Appendice A).



5 DEFINIZIONE DEL CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Secondo la normativa sismica vigente (OPCM 3274/2003, OPCM 3519/2006 e DGR Piemonte – 19.01.2010 n. 11-13058) il Comune di Novara ricade in zona sismica 4.

La medesima normativa (integrata dal D.M. 14/01/2008) individua come parametro di riferimento per la classificazione sismica dei suoli la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità dal piano campagna ($V_{s,30}$) e viene calcolato con la seguente formula:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità (in m/s) delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Nella Tabella 1 si presenta la classificazione sismica prevista dal suddetto Decreto Ministeriale.

Suolo	Descrizione geotecnica	$V_{s,30}$ (m/s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	>800
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).	360÷800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).	180÷360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).	<180
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).	-
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < cu_{,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	<100
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.	-

Tabella 1: Classificazione del tipo di suolo secondo la nuova normativa sismica italiana DM 14.01.2008



6 RISULTATI DELLE PROVE MASW

I risultati delle prove MASW sono illustrate nelle Figure 2÷15. Per ogni prova si riporta:

- la curva di dispersione delle onde di taglio secondo il grafico frequenza vs velocità di fase e il profilo di velocità delle onde di taglio derivante dall'inversione numerica della curva di dispersione
- il profilo di velocità delle onde di taglio con la suddivisione in strati a velocità omogenea per la determinazione del parametro V_{S30}

Come illustrato nelle Figure 2÷15, si osserva quanto segue:

1. in tutte le prove si sono ottenute curve di dispersione ben definite ed univoche; fanno eccezione le prove MASW3 e MASW 4 che presentano dei "modi" superiori che – per il fatto di essere appena accennati - non sono stati tuttavia considerati per la definizione della curva di dispersione
2. i profili MASW 1, 2, 3 e 4 presentano valori di velocità delle onde di taglio (V_s) generalmente bassi, e compresi tra 200 e 400 m/s; si tratta di un comportamento tipico di terreni a grana fine poco addensati. I profili 4, 5 e 6 presentano, invece, una distribuzione differente della velocità, con valori superiori a 500 m/s (e fino a 700 m/s) a partire dai 10 m di profondità; è verosimile ritenere che vi sia una differente condizione litostratigrafica nel tratto compreso tra i MASW 5÷7, caratterizzata da depositi più grossolani o più addensati.
- 3.

Il calcolo del V_{S30} - secondo quanto specificato nel capitolo precedente – ha fornito i valori riportati in Tabella 2. Come accennato in precedenza (punto 2), i MASW 1÷4 presentano velocità basse e rientrano in Classe C, mentre i MASW 5÷6 raggiungono velocità più elevate (da 10 m di profondità) e rientrano in Classe B o al limite tra classe B e C (MASW 7).

	V_{S30} CALCOLATO [m/s]	CLASSE
MASW 1	326	C
MASW 2	256	C
MASW 3	336	C
MASW 4	294	C
MASW 5	441	B
MASW 6	410	B
MASW 7	352	C

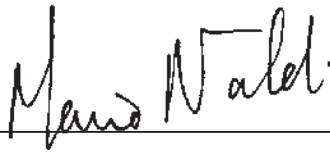
Tabella 2: Elenco dei Valori V_{S30} e classificazione del tipo di suolo secondo la nuova normativa sismica italiana DM 14.01.2008



Relazione redatta da:
Dott. Luigi Benente



Controllata da:
Dott. Geol. Mario Naldi





APPENDICE A

Cenni sulla metodologia MASW



CENNI TEORICI SULLA METODOLOGIA MASW

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo, è un fenomeno multi-modale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione, e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente.

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche col metodo SWM (surface waves multichannel) è una curva apparente, derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, e che per i limiti indotti dal campionamento non necessariamente coincide con singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.

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

- 1) Acquisizione (Figura 1) e passiva;
- 2) Processing (Figura 2);
- 3) Inversione (Figura 3).

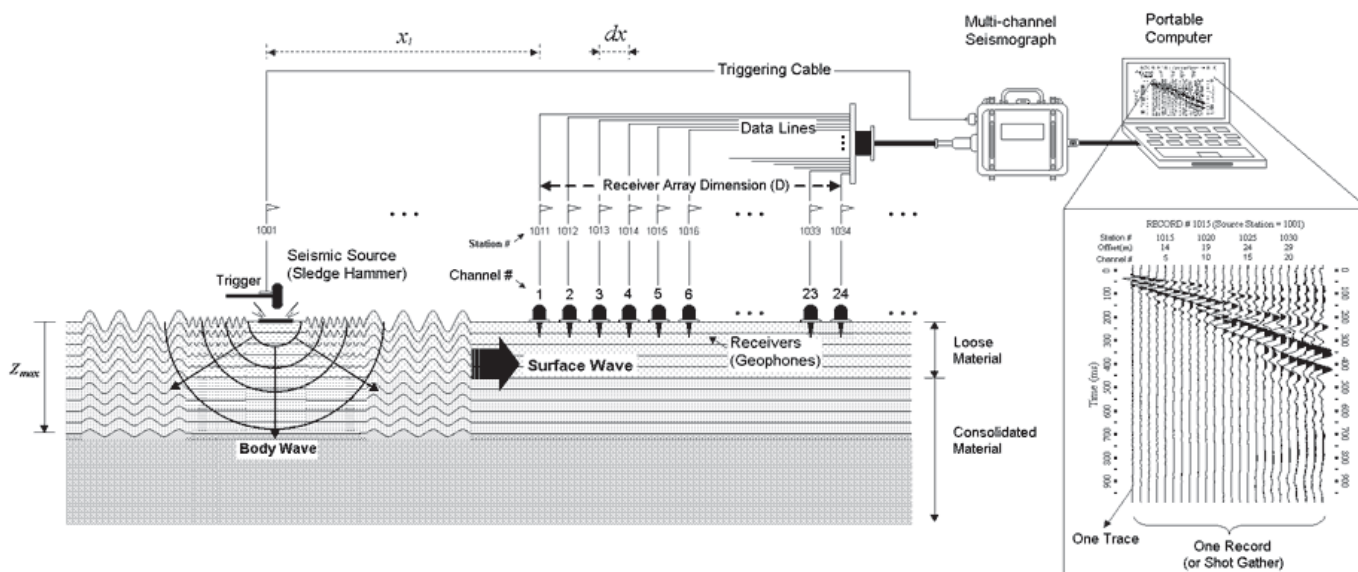


Figura 1- Schema di acquisizione dati MASW

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto ovvero, la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (il codice di calcolo utilizzato è SurfSeis[®] versione 2.0, Kansas University USA).

Esistono diverse tecniche di processing per estrarre dai sismogrammi le caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda). I dati sismici registrati vengono sottoposti a una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio x-t (spazio tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggiore contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh, e se le caratteristiche del sito sono tali da consentire la propagazione delle

onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse. Si dimostra infatti che la velocità delle onde di Rayleigh è associata ai massimi dello spettro f-k; si può ottenere facilmente una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza il picco spettrale, al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh V_R , determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$V_R(f) = 2\pi f/k$$

Riportando le coppie di valori (V_R, f) in un grafico, si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione (Figura 3). La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo visco-elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati.

Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza fra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura (Figura 2).

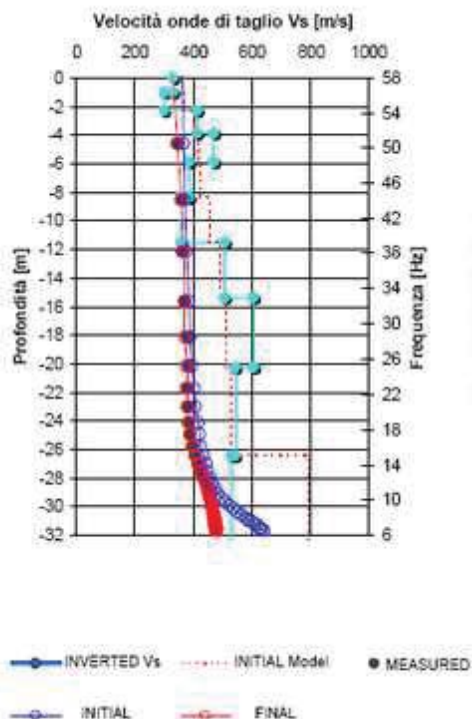


Figura 2 Modello di propagazione delle velocità delle onde Vs

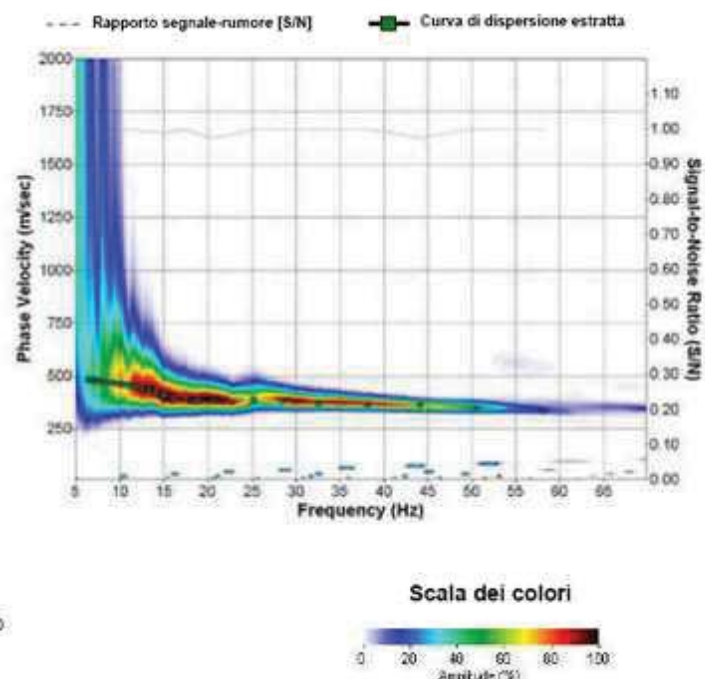


Figura 3 Curva di dispersione della velocità Vs in funzione della frequenza e della velocità di fase

FIGURE



Novara – Tangenziale Nord

Ubicazione indagini MASW (base cartografica Google Earth)



1250 m



Techgea Servizi

Geofisica Geologia Ambientale

Committente: SI.ME.TE. s.r.l.

Progetto: Indagine sismica

Sito: Novara, Tangenziale Nord

Data: Agosto 2010

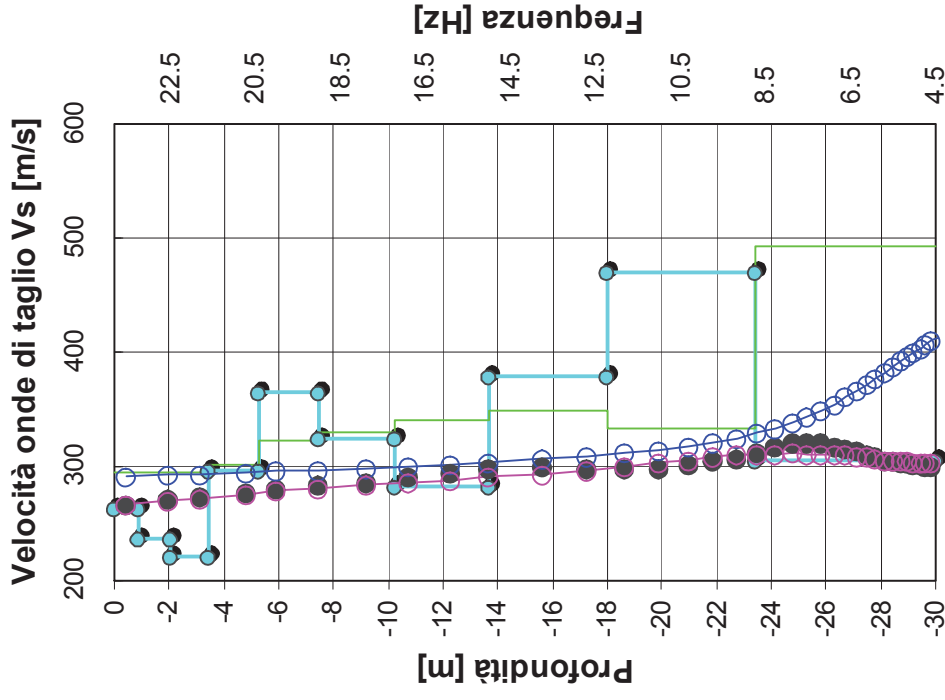
Relazione: 1483/10

Figura: 1

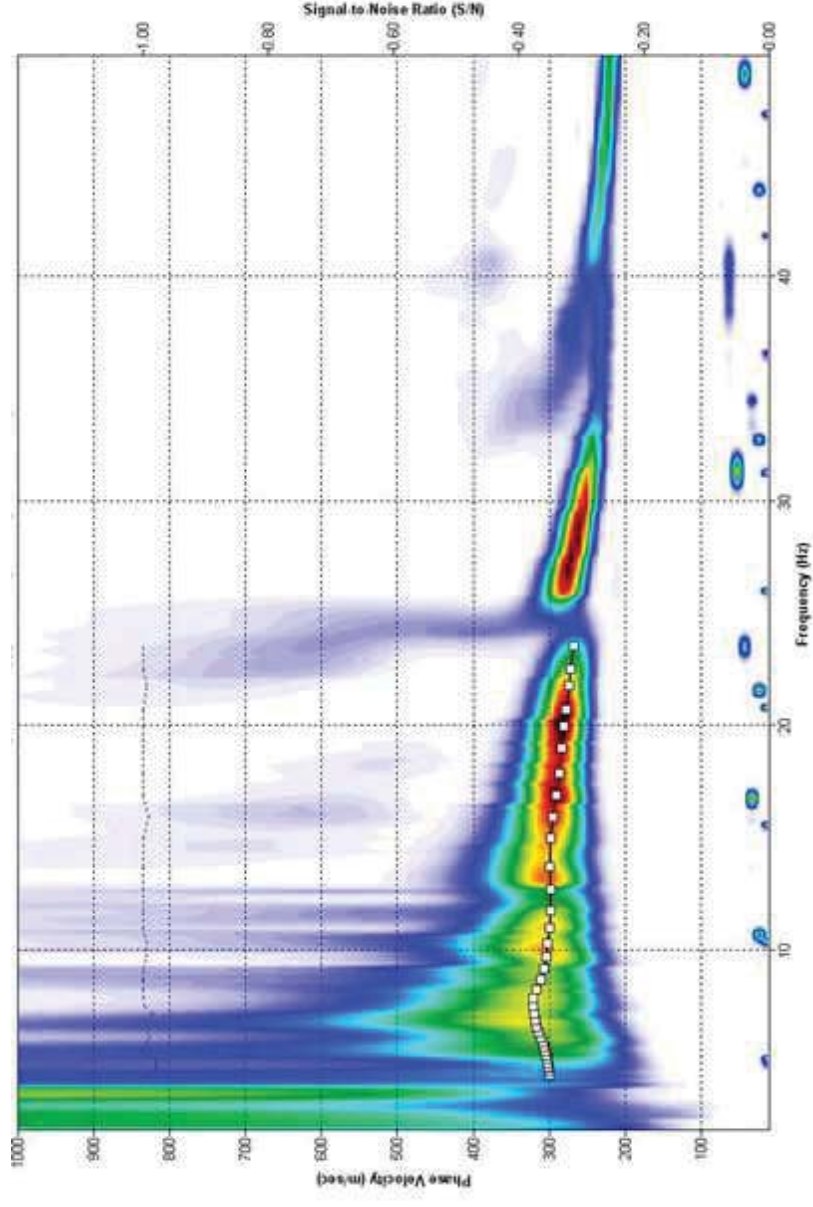
Novara – Tangenziale Nord

Curva di dispersione e modello di velocità Onde Vs – MASW 1

Modello delle velocità

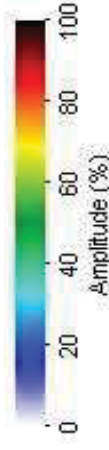



Curva di dispersione



□ Dispersion Curve Extracted --- Signal-to-Noise Ratio (S/N)

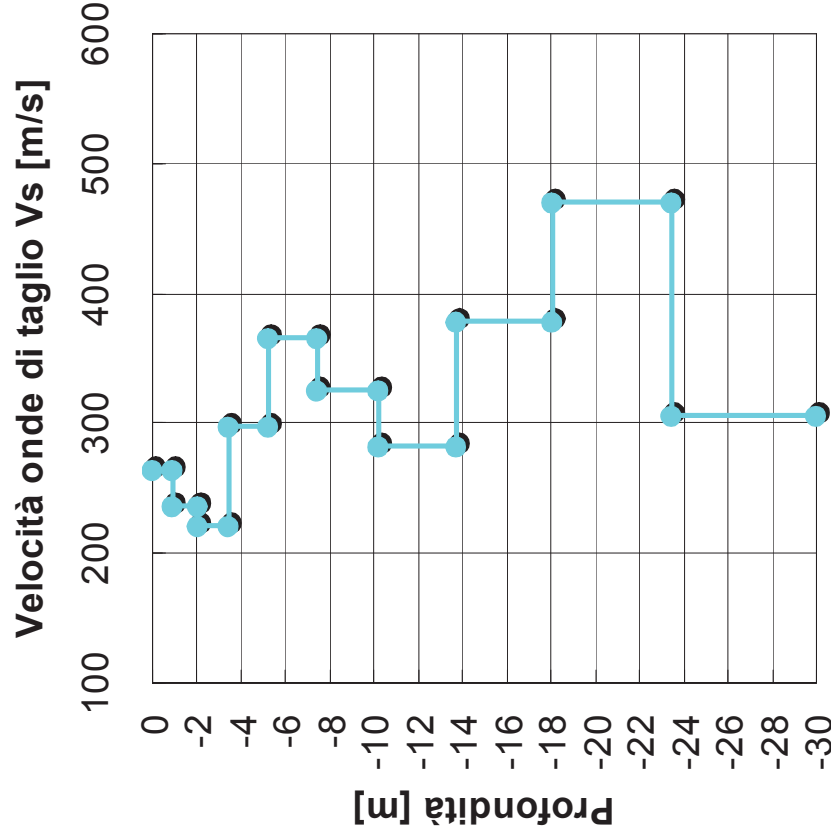
Scala dei colori



 Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambientale	Committente: SI.ME.TE. s.r.l.
	Progetto: Indagine sismica
Sito: Novara, Tangenziale Nord	Data: Agosto 2010
Relazione: 1483/10	Figura: 2

Novara – Tangenziale Nord

Profilo di velocità Onde Vs – MASW 1



Profondità dal p.c. al centro dello stendimento [m]	Velocità delle onde S [m/s]
-0.909	263.709
-2.045	236.125
-3.465	220.72
-5.24	297.228
-7.459	365.504
-10.232	325.143
-13.699	281.99
-18.032	379.005
-23.449	469.896
-30	305.645

Suolo	Descrizione geotecnica	Vs ₃₀ CALCOLATO
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).	<p style="text-align: center;">326 m/sec</p> <p style="text-align: center;">(media pesata sugli spessori fino a 30 m)</p>



Techgea Servizi
Geofisica Geologia Ambiente

Committente: SI.ME.TE. s.r.l.

Progetto: Indagine sismica

Sito: Novara, Tangenziale Nord

Data: Agosto 2010

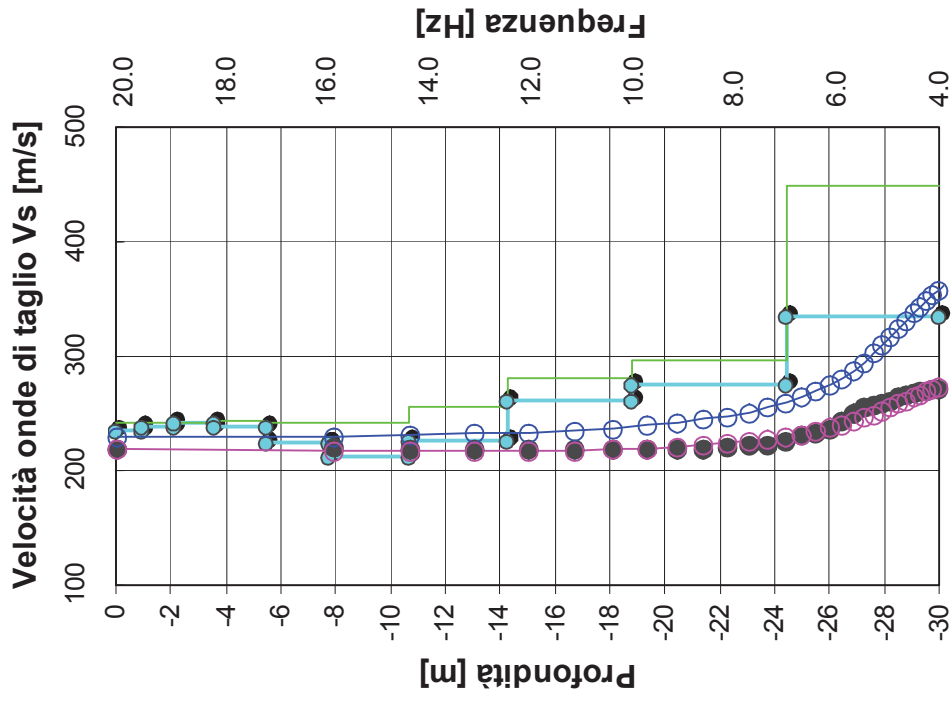
Relazione: 1483/10

3

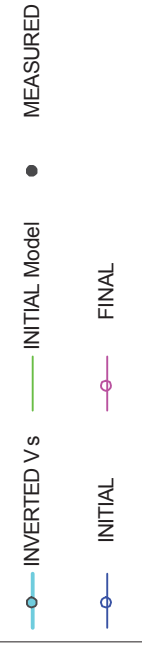
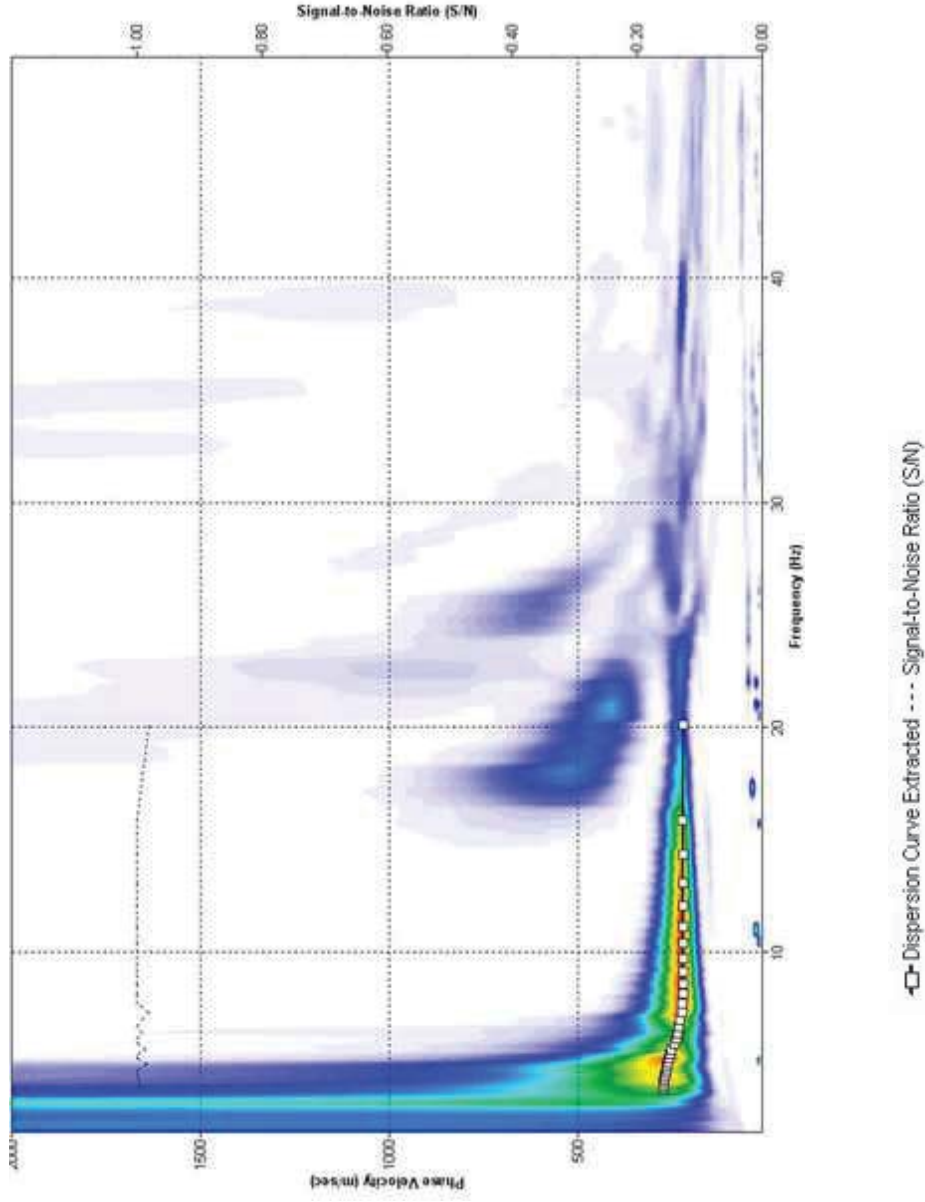
Novara – Tangenziale Nord


Curva di dispersione e modello di velocità Onde Vs – MASW 2

Modello delle velocità



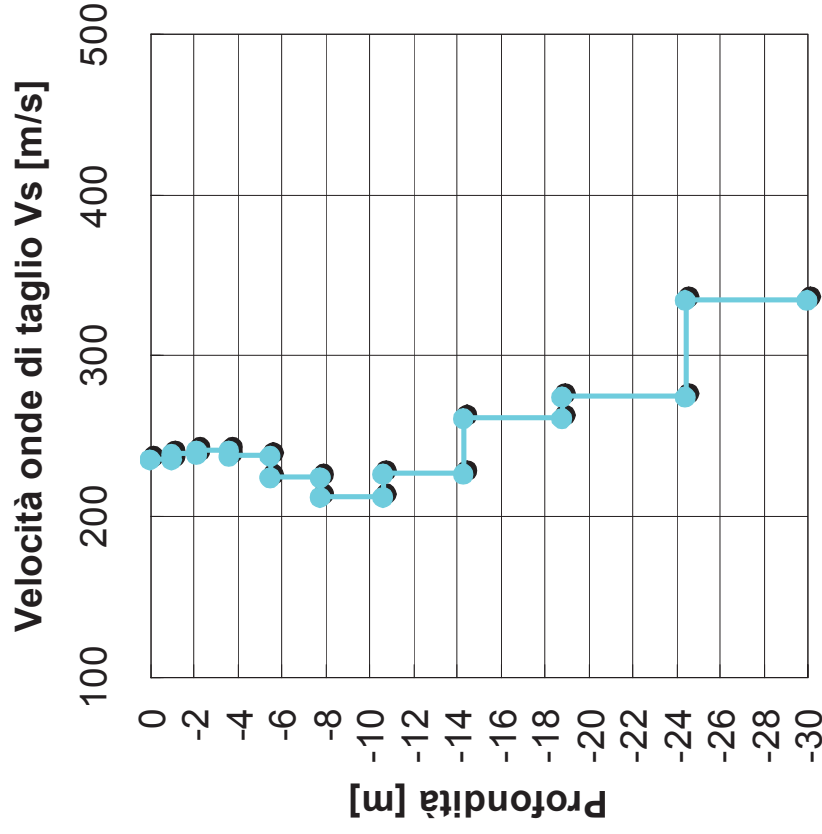
Curva di dispersione



 Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambientale	Committente: SI.ME.TE. s.r.l.
	Progetto: Indagine sismica
Sito: Novara, Tangenziale Nord	Data: Agosto 2010
Relazione: 1483/10	Figura: 4

Novara – Tangenziale Nord

Profilo di velocità Onde Vs – MASW 2



Profondità dal p.c. al centro dello stendimento [m]	Velocità delle onde S [m/s]
-0.947	235.395
-2.13	238.865
-3.609	241.259
-5.458	238.051
-7.77	224.969
-10.659	212.334
-14.271	227.106
-18.786	261.092
-24.429	274.804
-30	335.215

Suolo	Descrizione geotecnica	Vs ₃₀ CALCOLATO
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).	256 m/sec (media pesata sugli spessori fino a 30 m)



Techgea Servizi
Geofisica Geologia Ambiente

Committente: SI.ME.TE. s.r.l.

Progetto: Indagine sismica

Sito: Novara, Tangenziale Nord

Data: Agosto 2010

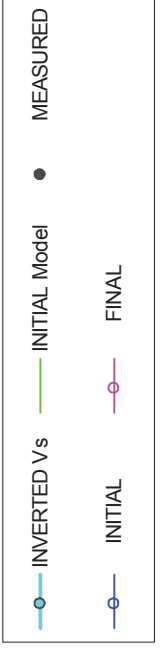
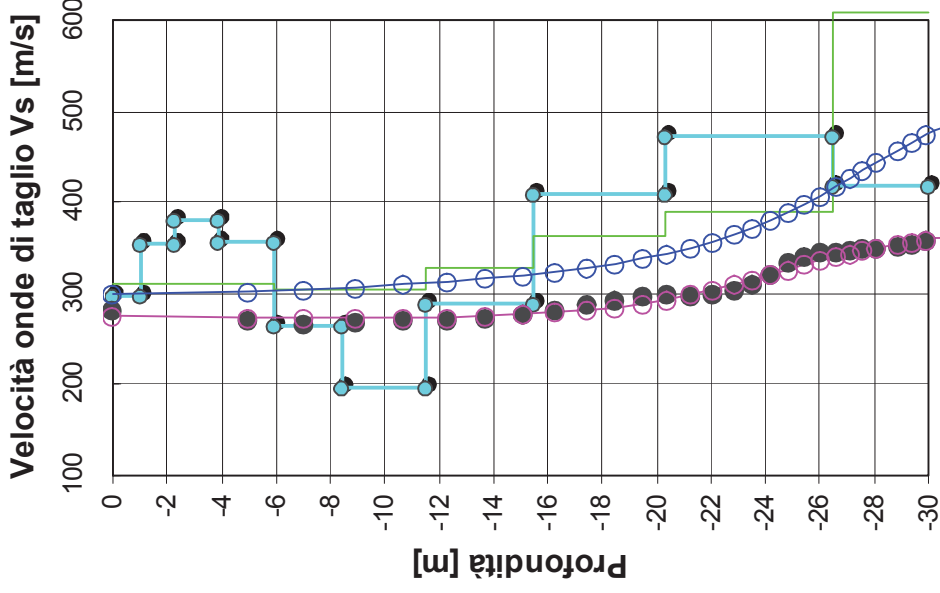
Relazione: 1483/10

5

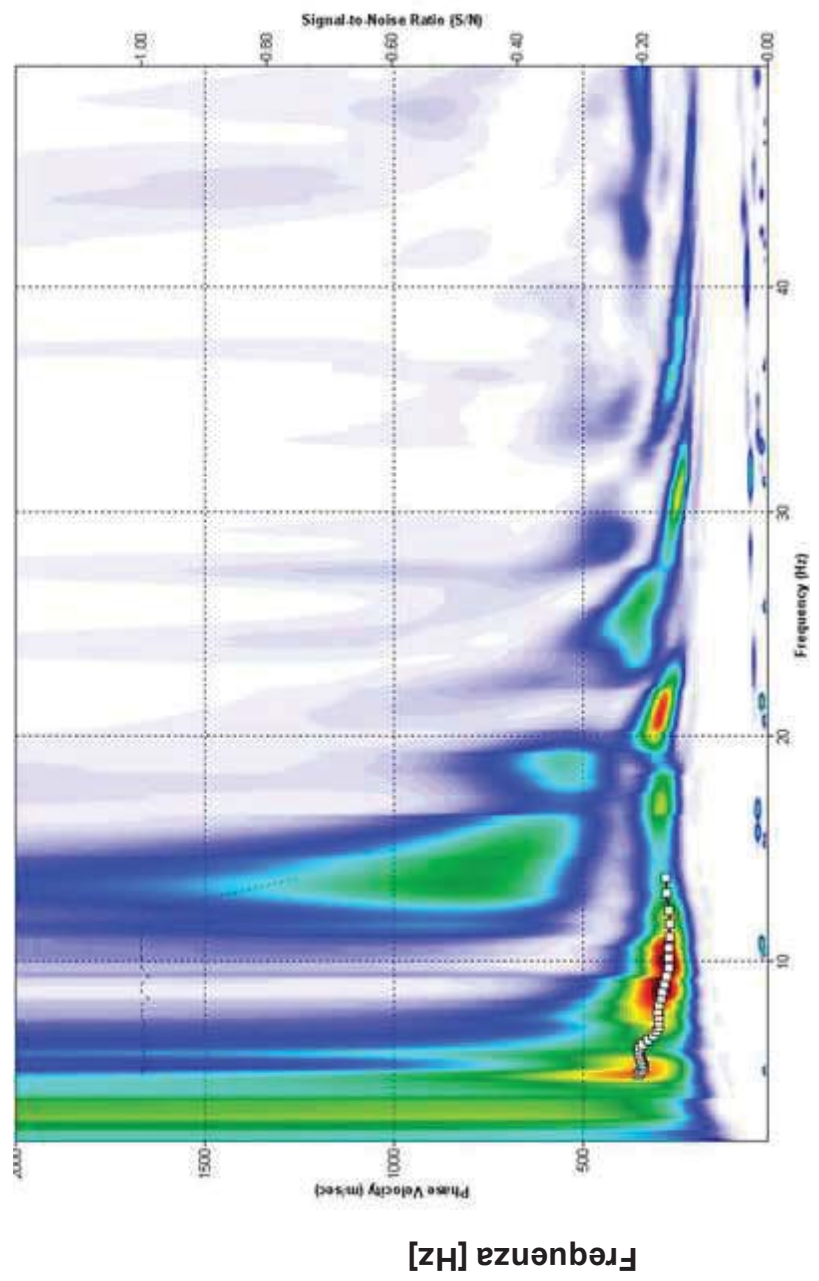
Novara – Tangenziale Nord

Curva di dispersione e modello di velocità Onde Vs – MASW 3

Modello delle velocità



Curva di dispersione



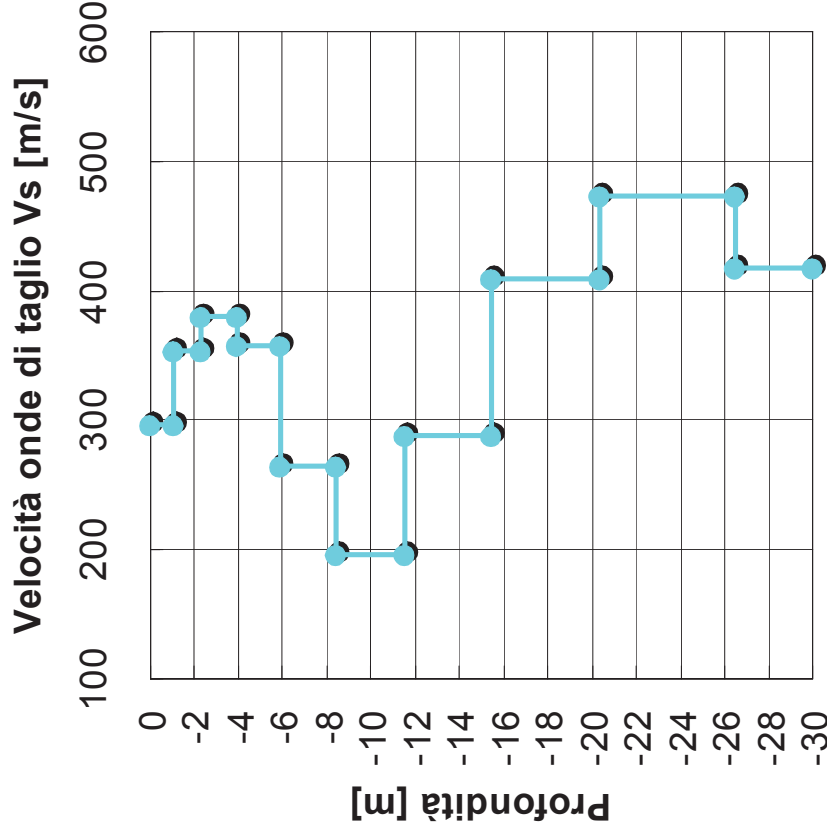
--- Dispersion Curve Extracted --- Signal-to-Noise Ratio (S/N)



Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambientale	Committente: SI.ME.TE. s.r.l.
	Progetto: Indagine sismica
Sito: Novara, Tangenziale Nord	Data: Agosto 2010
Relazione: 1483/10	Figura: 6

Novara – Tangenziale Nord

Profilo di velocità Onde Vs – MASW 3



Profondità dal p.c. al centro dello stendimento [m]	Velocità delle onde S [m/s]
-1.025	296.86
-2.307	353.647
-3.909	380.37
-5.912	357.041
-8.415	264.138
-11.544	195.899
-15.455	288.039
-20.344	409.052
-26.455	472.593
-30	416.918

Suolo	Descrizione geotecnica	Vs ₃₀ CALCOLATO
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).	336 m/sec (media pesata sugli spessori fino a 30 m)



Techgea Servizi
Geofisica Geologia Ambientale

Committente: SI.ME.TE. s.r.l.

Progetto: Indagine sismica

Sito: Novara, Tangenziale Nord

Data: Agosto 2010

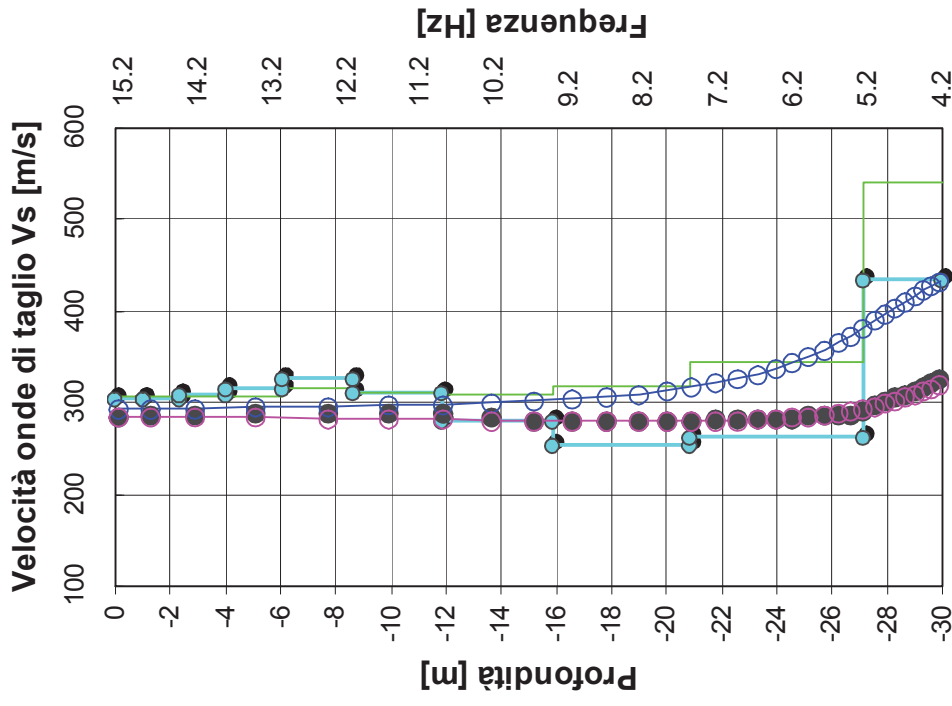
Relazione: 1483/10

7

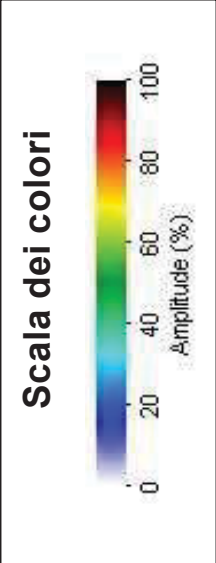
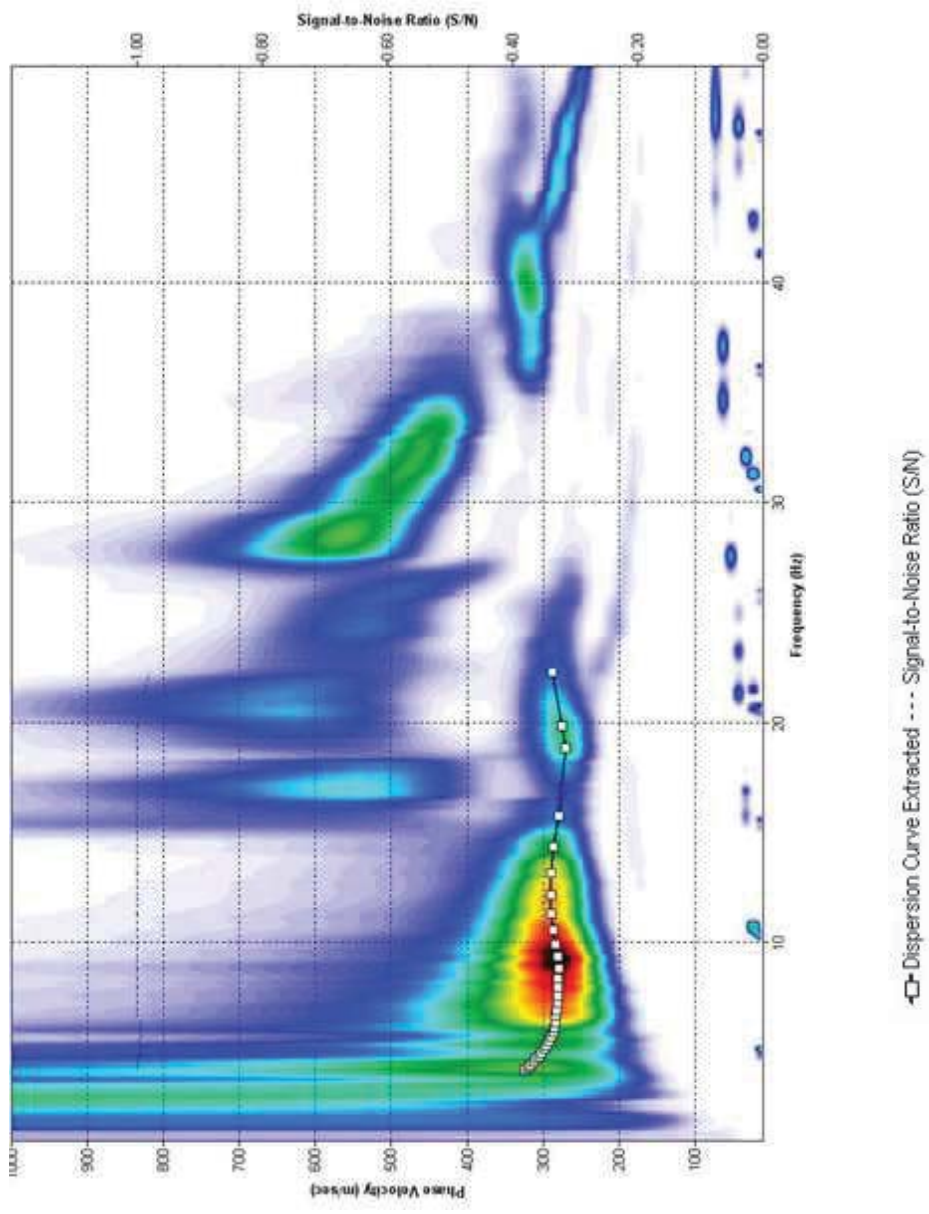
Novara – Tangenziale Nord

Curva di dispersione e modello di velocità Onde Vs – MASW 4

Modello delle velocità



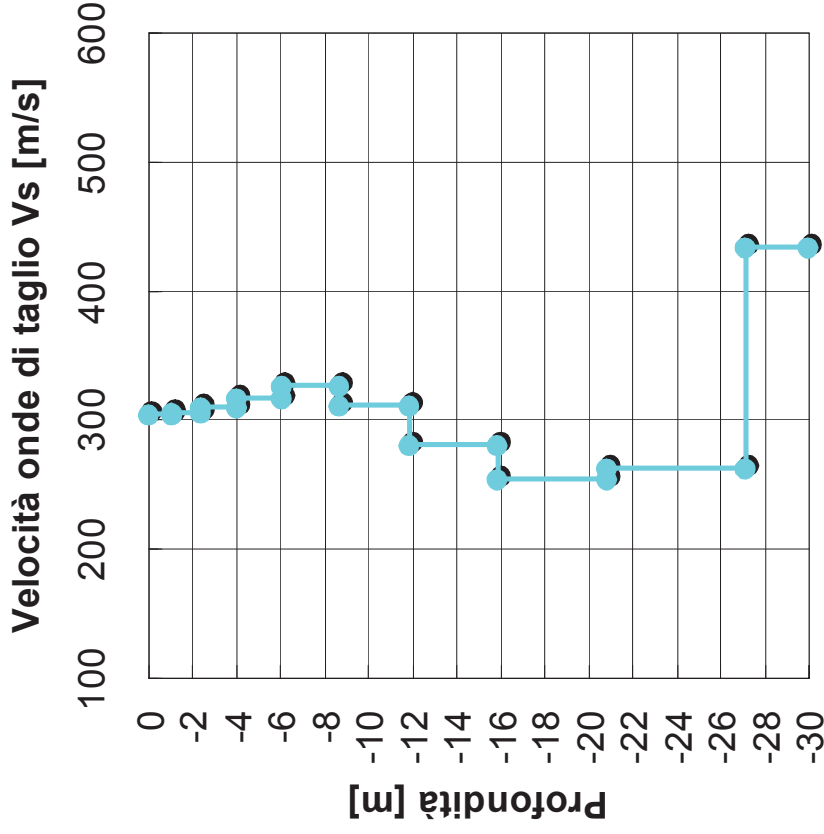
Curva di dispersione



	Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambiente	
	Committente: SI.ME.TE. s.r.l.	Progetto: Indagine sismica
Sito: Novara, Tangenziale Nord	Data: Agosto 2010	Figura:
Relazione: 1483/10	8	

Novara – Tangenziale Nord

Profilo di velocità Onde Vs – MASW 4



Profondità dal p.c. al centro dello stendimento [m]	Velocità delle onde S [m/s]
-1.051	305.286
-2.365	305.81
-4.007	310.124
-6.06	316.635
-8.626	326.37
-11.834	312.208
-15.843	281.465
-20.855	253.974
-27.12	262.7
-30	434.409

Suolo	Descrizione geotecnica	Vs ₃₀ CALCOLATO
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).	294 m/sec (media pesata sugli spessori fino a 30 m)



Techgea Servizi
Geofisica Geologia Ambientale
Committente: SI.ME.TE. s.r.l.

Progetto: Indagine sismica

Sito: Novara, Tangenziale Nord

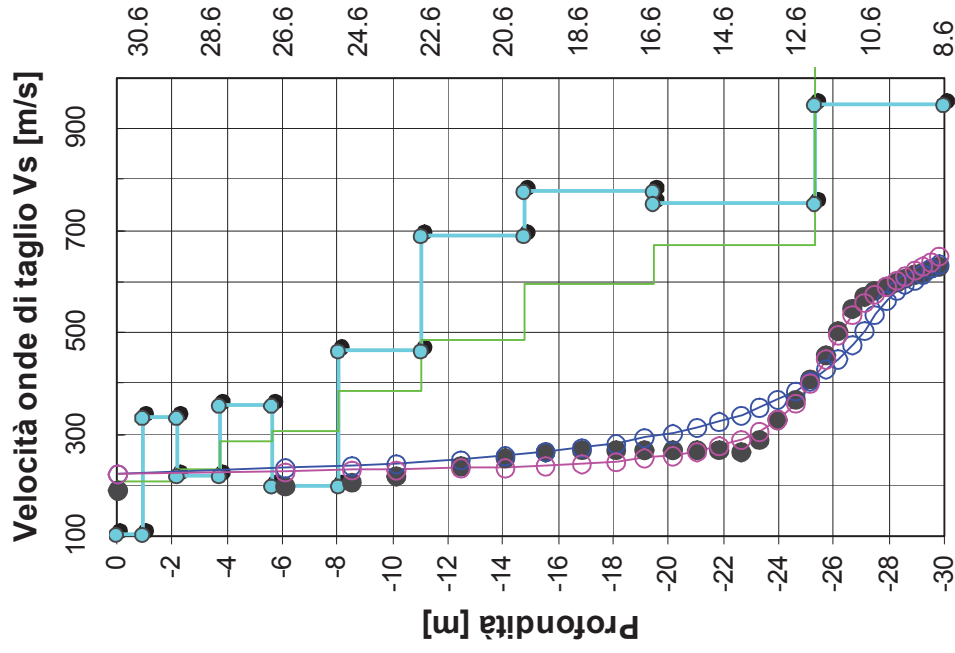
Data: Agosto 2010

Relazione: 1483/10

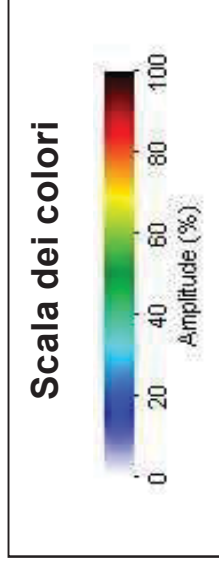
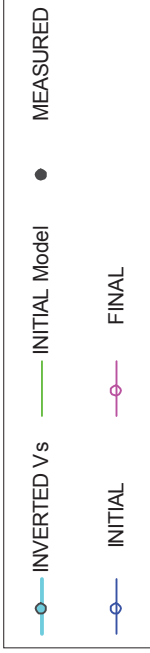
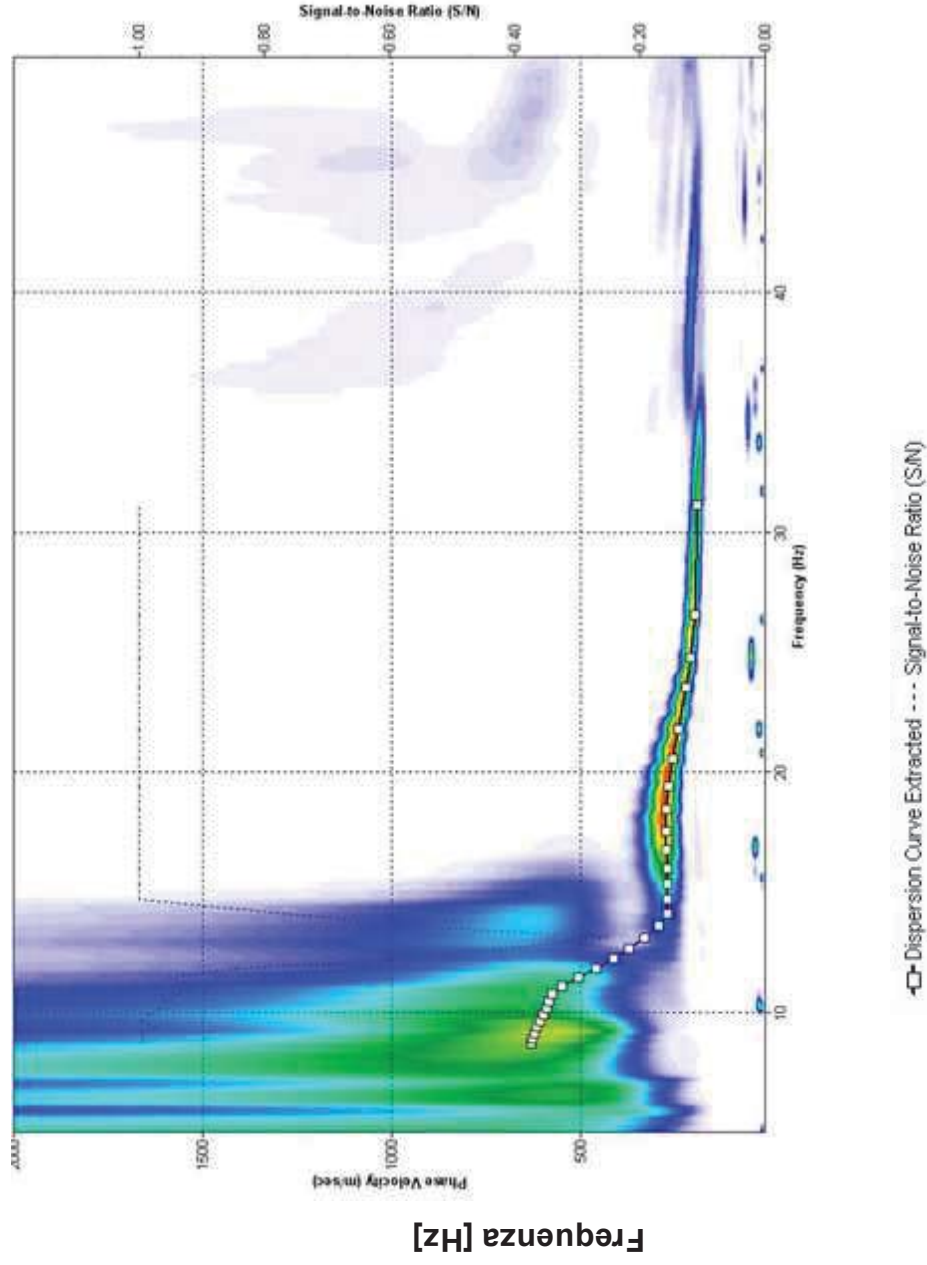
Novara – Tangenziale Nord

Curva di dispersione e modello di velocità Onde Vs – MASW 5

Modello delle velocità



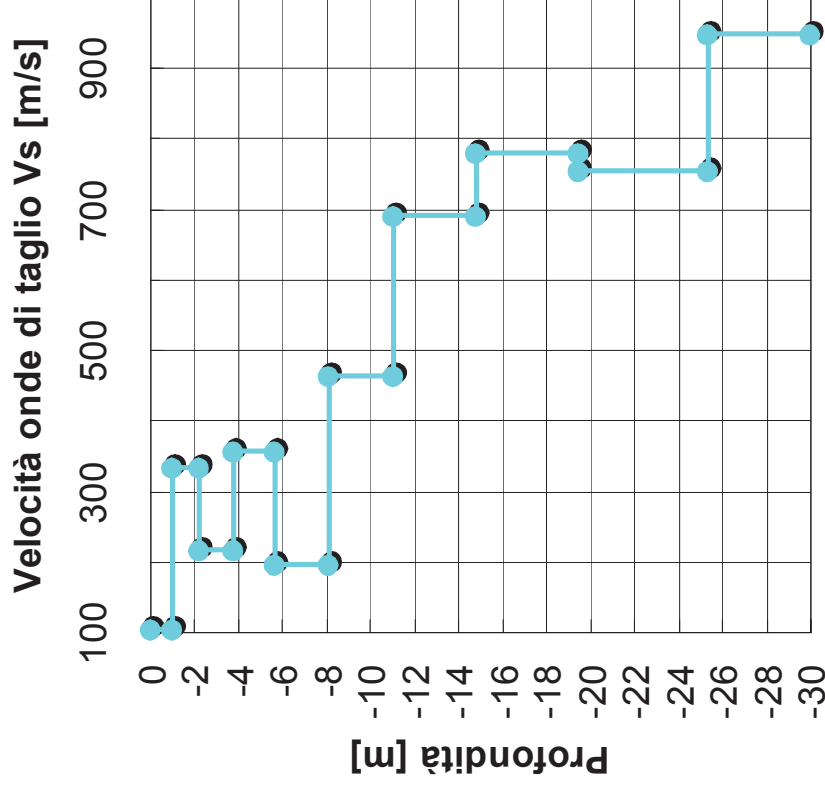
Curva di dispersione



	Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambientale	
	Committente: SI.ME.TE. s.r.l.	Progetto: Indagine sismica
Sito: Novara, Tangenziale Nord	Data: Agosto 2010	Figura: 10
Relazione: 1483/10		

Novara – Tangenziale Nord

Profilo di velocità Onde Vs – MASW 5



Profondità dal p.c. al centro dello stendimento [m]	Velocità delle onde S [m/s]
-0.982	105.01
-2.209	334.705
-3.743	217.078
-5.661	357.082
-8.058	198.116
-11.055	464.86
-14.801	690.577
-19.483	779.653
-25.336	756.154
-30	947.898

Suolo	Descrizione geotecnica	Vs ₃₀ CALCOLATO
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).	441 m/sec (media pesata sugli spessori fino a 30 m)



Techgea Servizi
Geofisica Geologia Ambiente

Committente: SI.ME.TE. s.r.l.

Progetto: Indagine sismica

Sito: Novara, Tangenziale Nord

Data: Agosto 2010

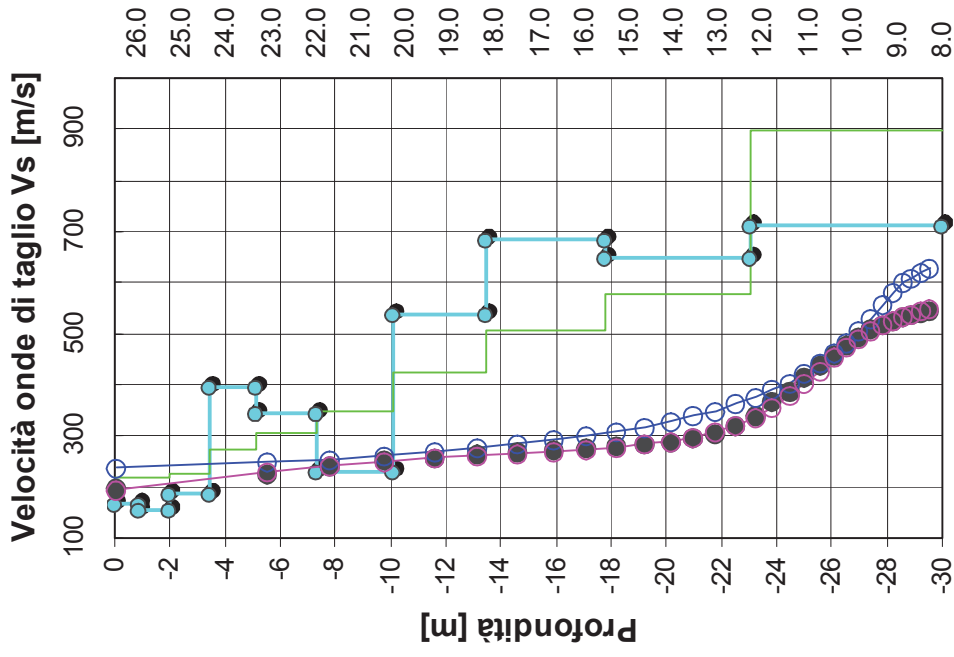
Relazione: 1483/10

11

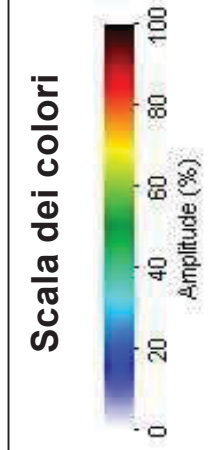
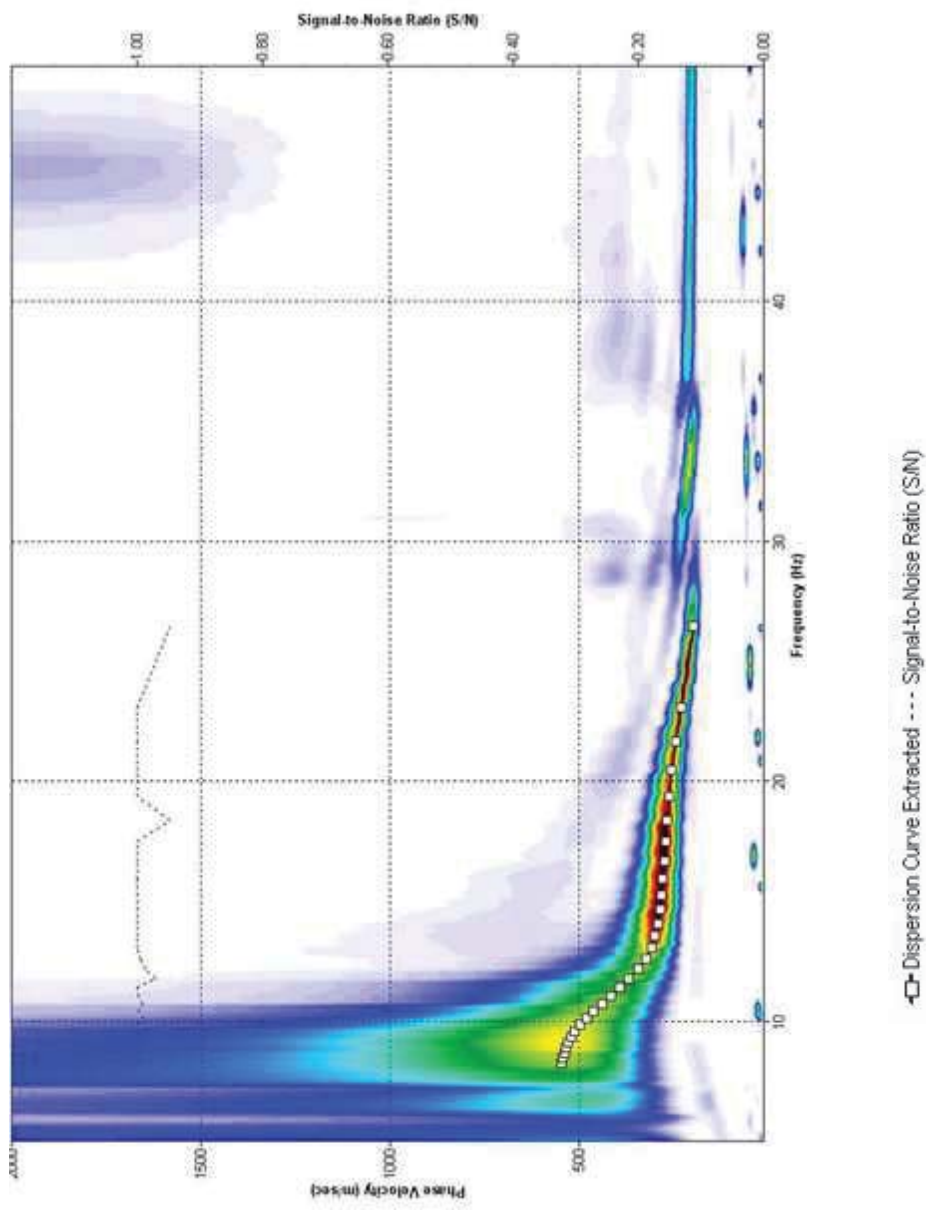
Novara – Tangenziale Nord

Curva di dispersione e modello di velocità Onde Vs – MASW 6

Modello delle velocità



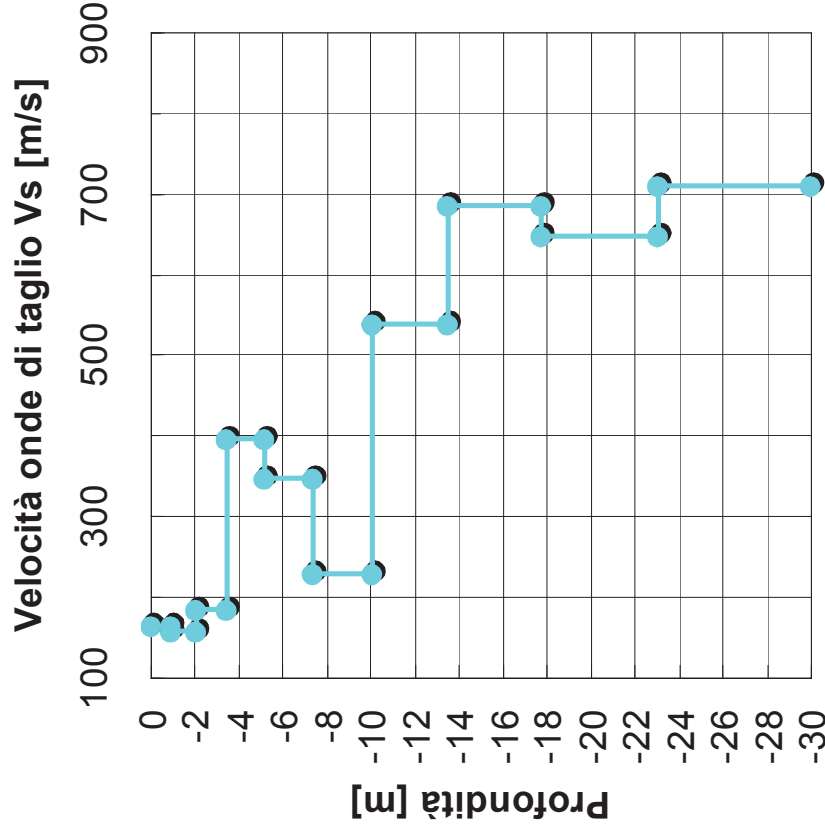
Curva di dispersione



Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambientale	Committente:	SI.ME.TE. s.r.l.
	Progetto:	Indagine sismica
Sito:	Novara, Tangenziale Nord	
Data:	Agosto 2010	Figura:
Relazione:	1483/10	12

Novara – Tangenziale Nord

Profilo di velocità Onde Vs – MASW 6



Profondità dal p.c. al centro dello stendimento [m]	Velocità delle onde S [m/s]
-0.894	165.153
-2.012	156.865
-3.409	185.714
-5.156	396.49
-7.34	346.283
-10.069	228.306
-13.481	539.156
-17.746	686.099
-23.077	648.765
-30	710.75

Suolo	Descrizione geotecnica	Vs ₃₀ CALCOLATO
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).	410 m/sec (media pesata sugli spessori fino a 30 m)



Techgea Servizi
Geofisica Geologia Ambiente
Committente: SI.ME.TE. s.r.l.

Progetto: Indagine sismica

Sito: Novara, Tangenziale Nord

Data: Agosto 2010

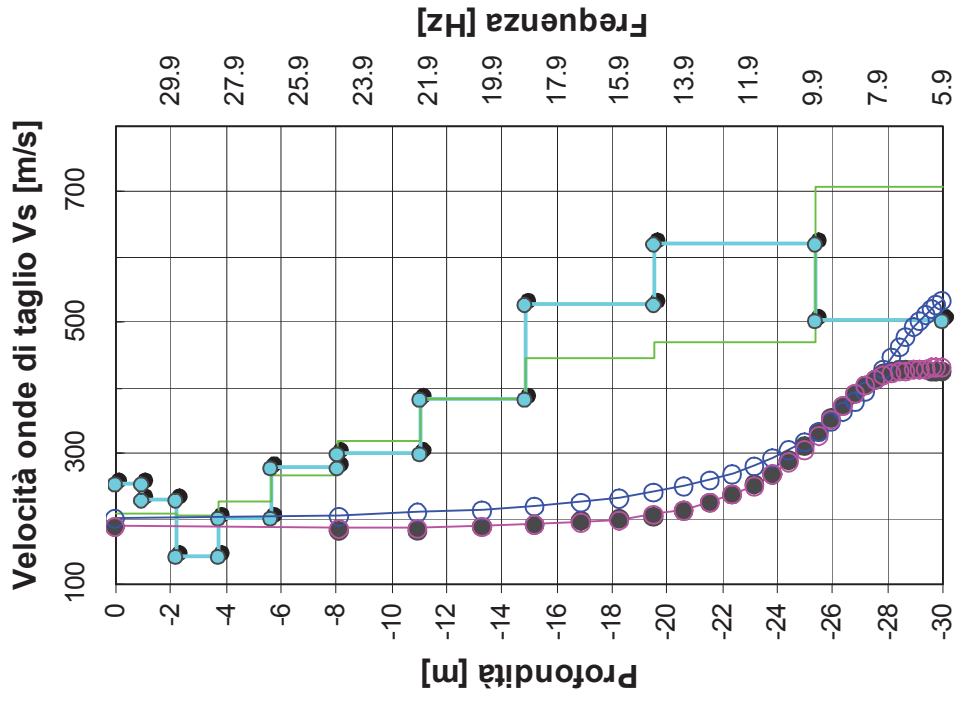
Relazione: 1483/10

13

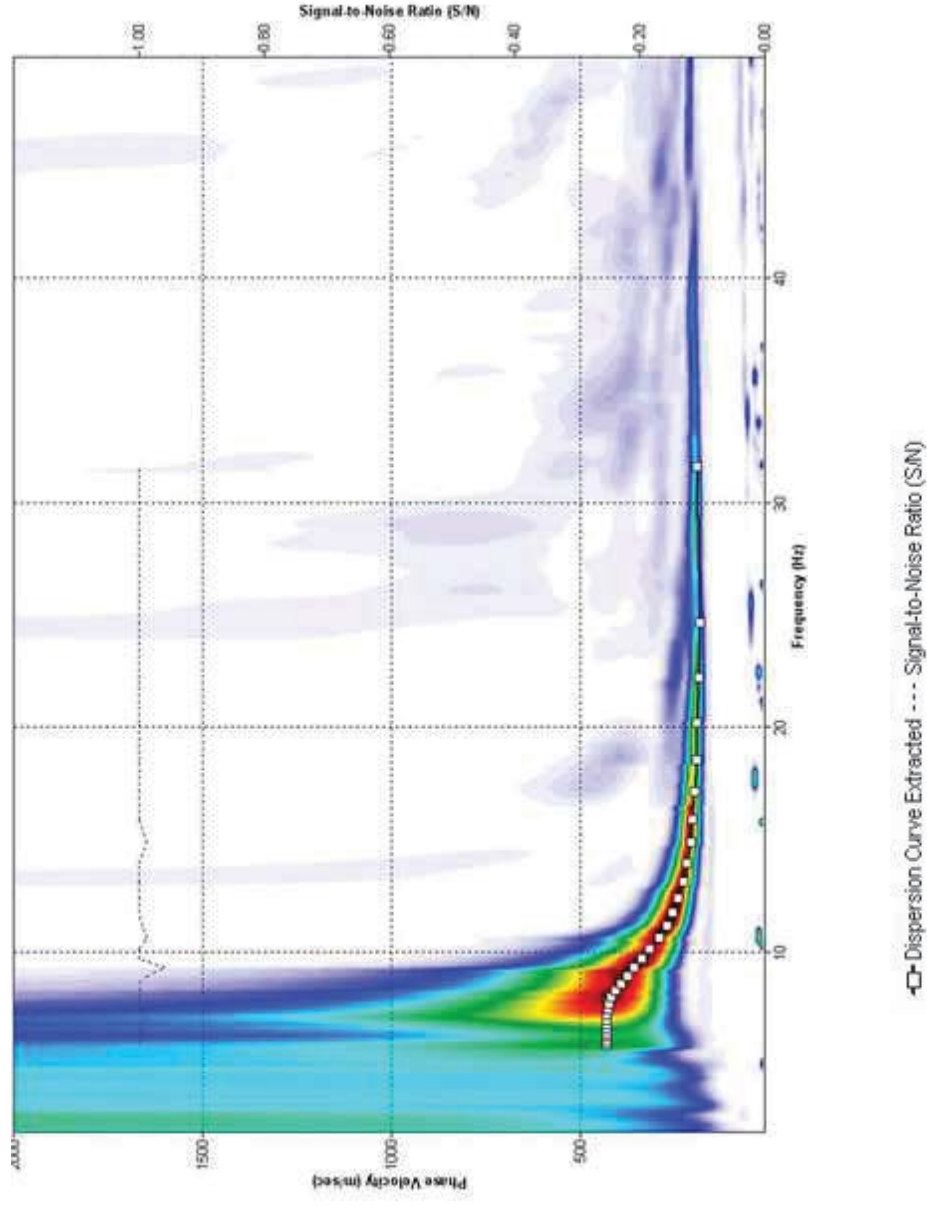
Novara – Tangenziale Nord

Curva di dispersione e modello di velocità Onde Vs – MASW 7

Modello delle velocità



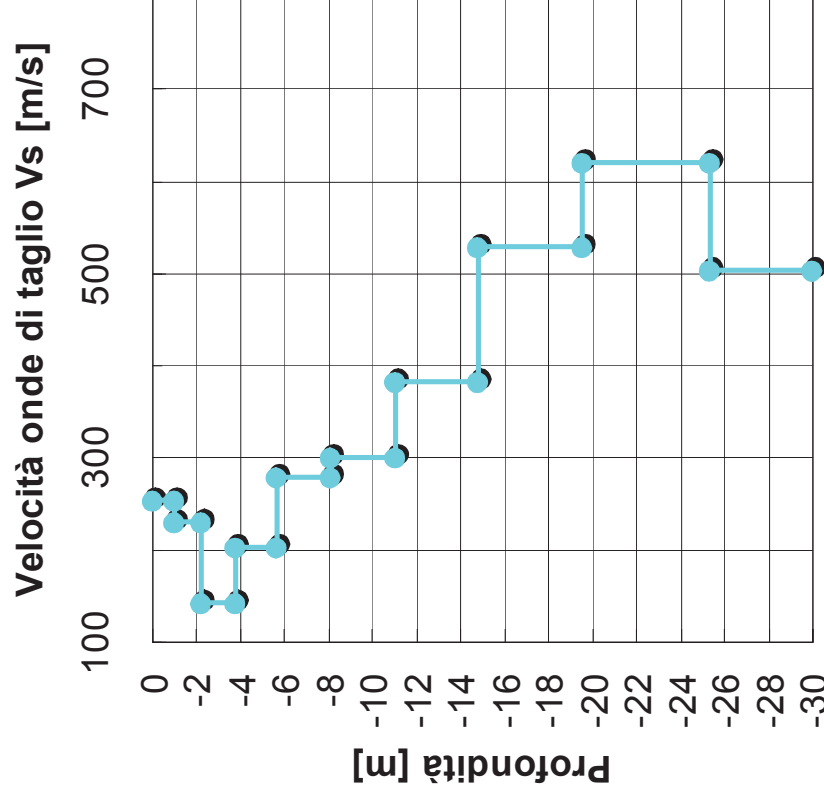
Curva di dispersione



	Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambientale	
	Committente: SI.ME.TE. s.r.l.	Progetto: Indagine sismica
Sito: Novara, Tangenziale Nord	Data: Agosto 2010	Figura:
Relazione: 1483/10	14	

Novara – Tangenziale Nord

Profilo di velocità Onde Vs – MASW 7



Profondità dal p.c. al centro dello stendimento [m]	Velocità delle onde S [m/s]
-0.983	254.602
-2.212	229.852
-3.749	142.359
-5.67	202.997
-8.071	278.427
-11.072	300.489
-14.823	383.644
-19.512	529.524
-25.373	621.282
-30	503.682

Suolo	Descrizione geotecnica	Vs ₃₀ CALCOLATO
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).	352 m/sec (media pesata sugli spessori fino a 30 m)



Techgea Servizi
Geofisica Geologia Ambientale
Committente: SI.ME.TE. s.r.l.

Progetto: Indagine sismica
Sito: Novara, Tangenziale Nord
Data: Agosto 2010
Relazione: 1483/10