

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



### DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

### NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA

U.O. GEOLOGIA

PROGETTO ESECUTIVO

### RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA–CATENANUOVA

Soppressione PL al km 3+639

INDAGINI GEOFISICHE

*Prospezioni sismiche a rifrazione tomografica*

SCALA:

-
---

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    PROGR.    REV.

RS0M    00    E    69    IG    GE0005    001    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Tipo di Emissione	P. Chiara	Maggio 2015	F. Romano	Maggio 2015	P. Carlesimo	Maggio 2015	

ITALFERR S.p.A.  
 Dott. Geologo Francesco MARCHESI  
 Resp. UO GEOLOGIA  
 Ordine Geologi Lazio n. 179/05

n. Elab.:

13

	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA–CATENANUOVA</b> <b>Indagini geofisiche</b> <b>Propsezioni sismiche a rifrazione tomografica</b>					
	<b>RELAZIONE GENERALE</b>	COMMESSA RS0M	LOTTO 00 E 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

## INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	3
1.1	PREMESSA E SCOPI DELL'INDAGINE GEOFISICA .....	3
2.	DATI GEOGNOSTICI DI RIFERIMENTO .....	3
3.	INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE.....	4
3.1	ATTREZZATURA UTILIZZATA. ....	4
3.2	PRINCIPI BASE DELLA SISMICA A RIFRAZIONE .....	4
3.3	CONFIGURAZIONE DELLE MISURE ED ELABORAZIONE DATI .....	5
4.	RISULTATI.....	7
4.1	PREMESSA .....	7
4.2	INTERPRETAZIONE DELLE TOMOGRAFIE SISMICHE .....	7
4.2.1	SEZIONI STY1 PER ONDE P E SH .....	8
4.2.2	SEZIONI STY2 PER ONDE P E SH .....	8
5.	BIBLIOGRAFIA .....	10
6.	ALLEGATI GRAFICI – RISULTATI DELLE INDAGINI TOMOGRAFICHE SISMICHE .....	11

	RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA					
	Indagini geofisiche					
RELAZIONE GENERALE	Propsezioni sismiche a rifrazione tomografica					
	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS0M	00 E 69	IG	GE0005 001	A	3 di 11

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1 Premessa e scopi dell'indagine geofisica

La presente relazione illustra i risultati della campagna di prospezioni geofisiche non invasive, condotte secondo le modalità previste nelle specifiche tecniche Italferr, eseguite per le attività future connesse alla soppressione del passaggio a livello al km 3+639, nell'ambito del raddoppio della Tratta Bicocca-Catenanuova, in relazione al nuovo collegamento Palermo-Catania riguardante la direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo.

Le prospezioni geofisiche sono state condotte utilizzando metodologie sismiche tomografiche bidimensionali a rifrazione per onde P ed SH.

L'indagine sismica a rifrazione con interpretazione tomografica è stata finalizzata, nei limiti delle metodologie impiegate, attraverso le variazioni complesse di velocità di propagazione delle onde P e delle onde SH, alla definizione e alla caratterizzazione dei depositi di pianura sulla tratta indagata.

I risultati delle indagini sono restituiti con sezioni sismiche 2D.

Le informazioni inerenti la stratigrafia e le litologie locali mediamente presenti nel sottosuolo delle varie area di indagine, necessari per i confronti di "taratura" delle indagini geofisiche, derivano dalle stratigrafie ricostruite attraverso le informazioni di sondaggi a carotaggio continuo.

## 2. DATI GEOGNOSTICI DI RIFERIMENTO

Il sito di indagine è situato in un'area terrazzata distante circa 3,5 km in direzione Sud-Est dalla periferia Sud dell'abitato di Catenanuova.

L'assetto geologico locale, come anticipato nella premessa, è noto sulla base delle stratigrafie derivate dai sondaggi a carotaggio continuo B6 e B7, realizzati in precedenza e messi a disposizione per il presente studio.

Le stratigrafie dei sondaggi B6 e B7 sono sintetizzate di seguito:

### SONDAGGIO B6

- da 0 m a 1,0 m dal p.c. terreno agrario;
- da 1,0 m a 5,2 m dal p.c. – argilla limosa con rari clasti di ghiaia (fino a 4,0 m dal p.c.); argilla limosa debolmente sabbiosa con lenti e livelletti millimetrici sabbiosi e ciottoli arenacei alla base dello strato;
- da 5,2m dal p.c. a fine sondaggio - argilla limosa e argilla limosa marnosa per lo più a struttura scagliosa, a stratificazione indistinta.

	RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA					
	Indagini geofisiche					
RELAZIONE GENERALE	Propsezioni sismiche a rifrazione tomografica					
	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS0M	00 E 69	IG	GE0005 001	A	4 di 11

## SONDAGGIO B7

- da 0 m a 0,9 m dal p.c. riporto;
- da 0,9 m a 5,6 m dal p.c. – argilla limosa e limo argilloso sabbioso con clasti poligenici; blocchi arenacei e livelli di ghiaia limosa sabbiosa nella parte basale;
- da 5,6 m dal p.c. a fine sondaggio - argilla limosa e argilla limosa marnosa per lo più a struttura scagliosa, a stratificazione indistinta.

## 3. INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

### 3.1 Attrezzatura utilizzata.

Per il presente lavoro è stato utilizzato un sismografo ECHO 48/2014, prodotto dalla Ambrogeo (Piacenza, Italia). Lo strumento impiegato è un sistema a 48 canali, espandibile a 96, che possiede le seguenti caratteristiche tecniche principali:

- Convertitore analogico digitale A/D a 24-bits
- intervalli di campionamento: 1/32, 1/16, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 1 ½, 2 ms

Sono quindi stati impiegate catene di geofoni fino a 48 elementi, con frequenza naturale a 14 Hz collegati fino a 2 cavi multi conduttori ciascuno a 24 prese.

### 3.2 Principi base della sismica a rifrazione

Per sismica a rifrazione si indicano una serie di tecniche basate sul principio fisico del fenomeno della rifrazione di un'onda sismica che incide su una discontinuità individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). Sulla superficie da investigare si posizionano i trasduttori del moto del suolo (geofoni) ad una certa distanza dalla sorgente sismica che può essere una massa battente (diversamente applicata e guidata) o una carica esplosiva a seconda della lunghezza dello stendimento e della profondità di indagine richiesta. Nel nostro caso è stata impiegata una massa battente.

Nell'indagine sismica a rifrazione i trasduttori situati più vicino alla sorgente rilevano prima l'onda diretta che arriva con velocità legata alle caratteristiche meccaniche dello strato di terreno più superficiale, mentre quelli più lontani rilevano le onde rifratte che viaggiano a velocità più elevata. Conoscendo i tempi di primo arrivo e la distanza geofono-sorgente, tramite l'analisi delle curve dei primi arrivi ad ogni trasduttore (dromocrone) con i metodi descritti al successivo paragrafo, si possono determinare i campi di velocità delle onde di compressione P e delle onde di taglio SH che caratterizzano i vari strati interessati dall'indagine; da qui produrre una stratigrafia sismica da correlare alle formazioni geologiche o discontinuità presenti nella serie investigata nel sottosuolo.

	RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA					
	Indagini geofisiche					
RELAZIONE GENERALE	Proprezioni sismiche a rifrazione tomografica					
	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS0M	00 E 69	IG	GE0005 001	A	5 di 11

### 3.3 Configurazione delle misure ed elaborazione dati

Per l'esecuzione dei profili sismici sono stati utilizzati cavi sismici multiconduttori a 24 geofoni ciascuno, impiegati con allineamenti a 48 stazioni (geofoni) simultaneamente utilizzati a formare singole linee di acquisizione.

Per ogni profilo sono state considerate 10 postazioni di scoppio (punti di energizzazione) ed in ognuna di esse sono state acquisite molteplici registrazioni ("stacking"), al fine di ottimizzare il segnale in risposta.

Per il processing dei dati è stato utilizzato il Software RAYFRACT (ver. 3.24) della Intelligent Resources Inc. (Canada), creato per l'elaborazione di dati tomografici sismici a rifrazione, realizzabili sia con acquisizioni per onde di compressione P che di taglio SH, per scopi geologici, geotecnico-ingegneristici, ambientali, nonché per l'esplorazione nel campo delle georisorse.

Il software citato consente la realizzazione di dettagliati modelli di velocità del sottosuolo con le più evolute tecniche tomografiche, al fine di caratterizzarne gli orizzonti presenti in termini sismo-stratigrafici.

Lo schema di interpretazione utilizzato nel presente lavoro è basato sulla creazione di un modello iniziale ottenuto mediante interpretazione con una tecnica sofisticata di processo dei tempi di primo arrivo basata sui metodi dei "Volumi di Fresnel" (Watanabe 1999) al fine di elaborare un primo modello di partenza con una tecnica del Gradiente "smooth" 1D, a partire dal modello sopraccitato; il codice di calcolo per la modellazione tomografica utilizza, nell'algoritmo d'inversione, un "raytracing" con raggi curvilinei e metodi di calcolo ai minimi quadrati attraverso il metodo Delta t-v (Gebrande and Miller 1985), al fine di migliorare il riconoscimento e la localizzazione di strutture di forma anomala, stabilizzando la soluzione dell'algoritmo d'iterazione.

In generale, il tempo di percorrenza di un'onda sismica lungo un percorso S attraverso un mezzo bidimensionale (2D) può essere scritto come

$$t = \int_S u[\mathbf{r}(x, y)] \quad (2)$$

dove  $u(\mathbf{r})$  è il campo delle lentezze (l'inverso delle velocità) e  $\mathbf{r}$  è il vettore posizione. Discretizzando il campo di lentezze  $u(\mathbf{r})$  con  $m$  celle equidimensionali ognuna caratterizzata da una lentezza costante  $u_k$  ( $k=1, 2, \dots, m$ ) la dromocrona  $i$ -esima delle  $n$  disponibili può essere scritta come

$$t_i = \sum_{k=1}^m l_{ik} \cdot u_k \quad (3)$$

	RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA					
	Indagini geofisiche					
RELAZIONE GENERALE	Proprezioni sismiche a rifrazione tomografica					
	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS0M	00 E 69	IG	GE0005 001	A	6 di 11

dove  $t_{ik}$  rappresenta la porzione dell' $i$ -esima dromocrona nella cella  $k$ -esima.

Considerando tutte le dromocrone disponibili si ottiene il seguente sistema

$$\mathbf{t} = \mathbf{M} \cdot \mathbf{u} \quad (4)$$

dove  $\mathbf{t}$  è il vettore dei dati sperimentali (tempi di primo arrivo letti sui sismogrammi),  $\mathbf{M}$  è la matrice rettangolare contenente le porzioni dei percorsi nelle varie celle,  $\mathbf{u}$  è il vettore delle lentezze (incognite del problema). Il problema inverso da risolvere è pertanto

$$\mathbf{u} = \tilde{\mathbf{M}}^{-1} \cdot \mathbf{t} \quad (5)$$

dove  $\tilde{\mathbf{M}}^{-1}$  è la matrice inversa generalizzata. Poiché i percorsi sismici dipendono dalle lentezze, la matrice  $\mathbf{M}$  dipende anche dalle lentezze e quindi il problema inverso (5) è un problema non-lineare che deve essere risolto iterativamente partendo da una soluzione iniziale (modello di partenza). L'equazione da considerare è pertanto la seguente

$$\mathbf{J} \cdot \Delta \mathbf{u} = \Delta \mathbf{t} \quad (5)$$

dove  $\Delta \mathbf{t} = \mathbf{t} - \mathbf{t}(\mathbf{u}_0)$  è la differenza tra i tempi sperimentali e i tempi calcolati per il modello di lentezze iniziale  $\mathbf{u}_0$ ;  $\Delta \mathbf{u}$  è la perturbazione del modello iniziale; e  $\mathbf{J}$  è la matrice jacobiana contenente le derivate parziali delle dromocrone rispetto alle lentezze nelle celle  $\frac{\partial t_i}{\partial u_k}$ .

Poiché il problema è parzialmente sovradeterminato (per alcune celle si hanno molti percorsi) e parzialmente sottodeterminato (per alcune celle non è disponibile nessun percorso) esso è stato risolto con la tecnica dei minimi quadrati smorzati, cioè è stata minimizzata con la seguente funzione errore

$$\varphi = \|\mathbf{J} \cdot \Delta \mathbf{u} - \Delta \mathbf{t}\|^2 + \lambda \|\mathbf{L}_2 \mathbf{u}\|^2 \quad (6)$$

	RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA					
	Indagini geofisiche					
RELAZIONE GENERALE	Propsezioni sismiche a rifrazione tomografica					
	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS0M	00 E 69	IG	GE0005 001	A	7 di 11

dove  $\lambda$  è il fattore di smorzamento e la matrice  $\mathbf{L}_2$  è una matrice derivata seconda (operatore laplaciano) che forza la soluzione verso la soluzione più regolare possibile (smoothest solution).

L'affinamento della soluzione è stato ottenuto attraverso un processo tomografico di inversione basato sul metodo WET (Wavepath Eikonal Traveltime inversion: Theory, 1993, Geophysics, Volume 58, Issue 9, pp. 1314-1323), spinto fino a 100 iterazioni per ottimizzarne il risultato finale e risolvere al meglio le zone con inversioni di velocità.

I risultati grafici che rappresentano la distribuzione delle velocità delle onde di compressione ( $V_p$ ) e di taglio ( $V_s$ ) nei terreni indagati, sono visualizzati nell'Allegato con campiture a colori caratterizzate da una scala cromatica rappresentativa della dinamica dei valori di velocità incontrati (espressi in m/s, metri al secondo). Tale rappresentazione consente di identificare aree omogenee (medesimo comportamento cromatico) in termini sismo-stratigrafici. Queste zone di isovalori, di  $V_p$  per le onde di compressione, e di  $V_s$ , per quelle di taglio, sono correlabili ad ammassi di materiale con caratteristiche affini.

## 4. RISULTATI

### 4.1 Premessa

I risultati riportati nell'Allegato grafico, sono organizzati in n. 3 Tavole secondo lo schema seguente:

- La Tavola 1, contiene l'inquadramento planimetrico del sito di indagine su CTR e su immagine satellitare con specificata la posizione delle linee.
- Nella Tavola 2 sono riportate le sezioni tomografiche per onde P ed SH della linea Sty1 eseguita nella direzione ortogonale ai terrazzamenti.
- La Tavola 3 mostra le sezioni tomografiche per onde P ed SH della linea Sty2 eseguita parallelamente ai terrazzamenti.

Nei prossimi paragrafi e sulla base degli obiettivi di studio menzionati nel capitolo introduttivo, saranno discussi e presentati i risultati raggiunti.

### 4.2 Interpretazione delle tomografie sismiche

Le indagini sismiche a rifrazione sono state condotte con lo scopo principale di descrivere con il massimo dettaglio possibile l'assetto sismostratigrafico del sito indagato.

Nello specifico, come anticipato nel capitolo iniziale, l'analisi dei risultati è finalizzata alla caratterizzazione, attraverso le variazioni complesse di velocità di propagazione delle onde P e delle onde SH, dei depositi di pianura sulla tratta indagata.

Nelle sezioni sismiche sono individuati n. 3 sismostrati.

	RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA					
	Indagini geofisiche					
RELAZIONE GENERALE	Proprezioni sismiche a rifrazione tomografica					
	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS0M	00 E 69	IG	GE0005 001	A	8 di 11

Le risultanze delle indagini sono di seguito discusse per ogni profilo. La separazione tra i sismostrati è evidenziata nelle sezioni sismiche con una linea tratteggiata di colore viola sia nel caso delle onde P che delle onde SH.

#### 4.2.1 Sezioni Sty1 per onde P e SH

Le sezioni Sty1 per onde compressionali (P) e per onde di taglio (SH), hanno investigato i terreni entrambe a profondità di 36-38 m dal piano campagna.

Dall'analisi dei risultati conseguiti attraverso la propagazione delle onde compressionali (P), lungo il profilo Sty1, si individua un primo sismostrato superficiale, di spessore variabile lungo la sezione indagata; tra le progressive 0-50 m la potenza del primo sismostrato è compresa entro 8-9 m. Esso si assottiglia a partire dalla progressiva 50 m e conserva uno spessore costante di circa 5-6 m fino a fine sezione. I valori di velocità di propagazione delle onde di compressione sono compresi tra 400m/s e 1.000m/s.

Seguono in profondità i sismostrati 2 e 3.

Il sismostrato 2 assume uno spessore di circa 6-8 m tra le progressive 0m e 34 m; nell'intervallo di progressive 34-70m aumenta di potenza per assottigliarsi nuovamente verso fine sezione.

A partire dalla progressiva 70m lo spessore del secondo sismostrato è compresa tra 8-10 m. Le onde compressionali all'interno del sismostrato si propagano con velocità comprese tra 1.000m/s e 2000m/s.

Nella parte più profonda della sezione, il sismostrato 3 presenta velocità delle onde P comprese tra 2.000m/s e 2.800m/s. Tra le progressive 8-40m e tra le quote 88 e 96 m s.l.m. è presente una evidente inversione di velocità.

La sezione Sty1 ottenuta dall'elaborazione dei dati relativi alle onde di taglio (SH) conferma, con il sismostrato 1, l'andamento terrazzato dei terreni superficiali; i valori di velocità sono compresi tra 200 m/s e 350 m/s.

Le variazioni di velocità di propagazione delle onde di taglio nei sismostrati 2 e 3, si dimostrano più regolari rispetto alla sezione per onde P, con valori rispettivamente compresi negli intervalli 350-700m/s e 700-1.500m/s. Non si evidenziano inversioni di velocità delle onde SH ma solo lievi variazioni laterali di gradiente.

#### 4.2.2 Sezioni Sty2 per onde P e SH

Le sezioni Sty2 per onde P ed SH hanno investigato entrambe profondità dell'ordine dei 36-38 metri dal piano campagna.

Lungo il profilo Sty2 si individua un primo sismostrato, superficiale, di spessore pari a circa 4,0 metri, costante lungo l'intera sezione, con valori di velocità delle onde di compressione compresi tra 400m/s e 1.000m/s.

Il sismostrato 2 assume uno spessore massimo di circa 16 m tra le progressive 5-15m, mantenendosi costante su valori di 8-10m per tutto il resto della sezione. Le onde

	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA</b> <b>Indagini geofisiche</b> <b>Propsezioni sismiche a rifrazione tomografica</b>					
	<b>RELAZIONE GENERALE</b>	COMMESSA RS0M	LOTTO 00 E 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

compressionali si propagano all'interno del sismostrato con velocità comprese tra 1.000m/s e 2000m/s.

Nella parte più profonda della sezione, il terzo sismostrato presenta velocità delle onde P superiori a 2.000m/s; tra le progressive 0m e 64m, si segnalano inversioni di velocità delle onde di compressione.

La sezione Sty2 ottenuta dall'elaborazione dei dati relativi alla onde SH, mostra una certa regolarità dei tre orizzonti sismici evidenziati dalla sezione ed un andamento pressoché orizzontale dei sismostrati, con intervalli di velocità dei tre domini rispettivamente variabili tra 200-450m/s, 450-700m/s e 700-1.450m/s. Lungo l'intera sezione non sono presenti inversioni di velocità delle onde di taglio.

Sulla base dei dati stratigrafici disponibili i tre sismostrati sono associabili ai geomateriali secondo lo schema seguente:

- Sismostrato 1 - terreni compresi entro i primi 5/5,5 m dal piano campagna costituiti da argilla limosa e limi argillosi con livelli grossolani nella parte basale;
- Sismostrati 2 e 3 – argilla limosa marnosa.

La maggiore complessità del sismostrato 3, evidenziata in particolare nelle sezioni per onde P Sty1 e Sty2, nella parte profonda dell'argilla limosa marnosa, è molto probabilmente legata al maggior grado di fratturazione del substrato ed alla presenza di circolazione di acque.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA</b>  <b>Indagini geofisiche</b>  <b>Propsezioni sismiche a rifrazione tomografica</b>					
	<b>RELAZIONE GENERALE</b>	COMMESSA RS0M	LOTTO 00 E 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

## 5. BIBLIOGRAFIA

1. **Dziewonski, A., Bloch, S. and Landisman, M.**, 1969 "A technique for the analysis of transient seismic signals". B.S.S.A, 59: 427-444.
2. **Herrmann R.B. and Ammon C. J.**, 2002. "Computer Programs in Seismology" ver. 3.20
3. **Lobkis, O. I. and L. Weaver, R. L.**, 2001 "On the emergence of the Green's function in the correlations of a diffuse field". The Journal of the Acoustical Society of America, 110: 3011-3017.
4. **Hagedoorn J.G.** 1959. The Plus-Minus Method of Interpreting Seismic Refraction Sections. Geophysical Prospecting, volume 7, p. 158-182.
5. **Alekseev A.S., Belonosova A.V., Burmakov I.A., Krasnopevtseva G.V., Matveeva N.N., Nersessov G.L., Pavlenkova N.I., Romanov V.G. and Ryaboy V.Z.** 1973. Seismic studies of low-velocity layers and horizontal inhomogeneities within the crust and upper mantle on the territory of the U.S.S.R. Tectonophysics, Volume 20, December 1973, Pages 47-56.
6. **Diebold J.B. and Stoffa P.L.** 1981. The travelttime equation, tau-p mapping, and inversion of common midpoint data. Geophysics, volume 46, p. 238-254.
7. **Gebrande H and Miller H.**, 1985. Refraktionsseismik (in German). In: F. Bender (Editor), Angewandte Geowissenschaften II. Ferdinand Enke, Stuttgart; pp. 226-260. ISBN 3-432-91021-5.
8. **Jansen S.** 2010. Parameter investigation for subsurface tomography with refraction seismic data, Master thesis, Niels Bohr Institute, University of Copenhagen.
9. **Jones G.M. and Jovanovich D.B.** 1985. A ray inversion method for refraction analysis. Geophysics, volume 50, p. 1701-1720.
10. **Lecomte, I.; Gjoystdal, H.; Dahle, A.; Pedersen, O.C.**, 2000, Improving modeling and inversion in refraction seismics with a first-order Eikonal solver, Geophysical Prospecting, Vol. 48, 437-454.
11. **MacPhail M.R.** 1967. The midpoint method of interpreting a refraction survey. In: Musgrave A.W. (Editor), Seismic.
12. **Palmer, D.**, 2010, Non-uniqueness with refraction inversion – a syncline model study, Geophysical Prospecting, Vol. 58, 203-218.
13. **Schuster G T, Aksel Q B.** 1993. Wave-path Eikonal travel-time inversion: Theory. Geophysics, 58(9): 1314–1323.
14. **Watanabe, T.; Matsuoka, T.; ASHida, Y.**, 1999, Seismic travelttime tomography using Fresnel volume approach, SEG Houston 1999, Expanded Abstracts. <http://dx.doi.org/10.1190/1.1820777>.



RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA

Indagini geofisiche

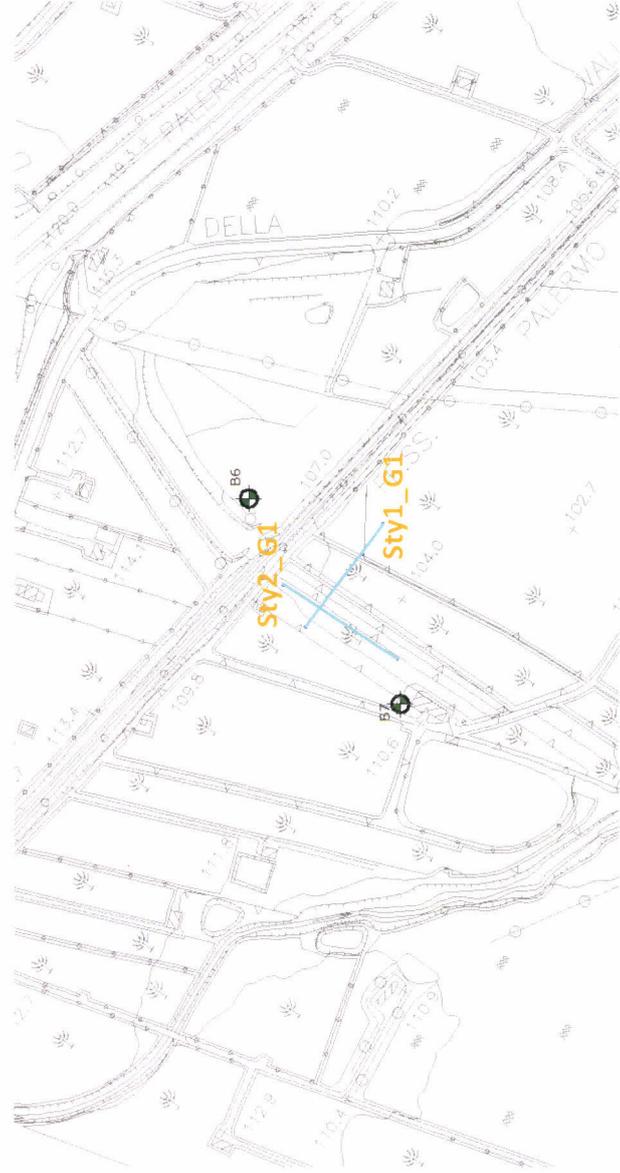
Proprezioni sismiche a rifrazione tomografica

RELAZIONE GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0M	00 E 69	IG	GE0005 001	A	11 di 11

## 6. ALLEGATI GRAFICI – RISULTATI DELLE INDAGINI TOMOGRAFICHE SISMICHE

**UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE  
RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA CATENANUOVA  
Suppressione PL al Km 3+639**



**DETTAGLIO ST\_Y**



<b>PROGETTO</b>	Progetto esecutivo direttore ferroviaria Messina - Catania Palermo nuovo collegamento Palermo Catania
<b>ELAB</b>	Indagini Geofisiche MG. Iddi
<b>VERIFICA</b>	A. Morelli
<b>APPROVAZIONE</b>	P. Chiara
<b>SITO</b>	Raddoppio della tratta BicoCCA-Catenanuova Suppressione PL al Km 3+639
<b>RIFERIMENTI INTERNI SOING</b>	Comm_023_14_04
<b>OGGETTO</b>	Ubicazione delle indagini geofisiche STy
<b>TAVOLA</b>	<b>I</b>
<b>DATA</b>	13/03/2015

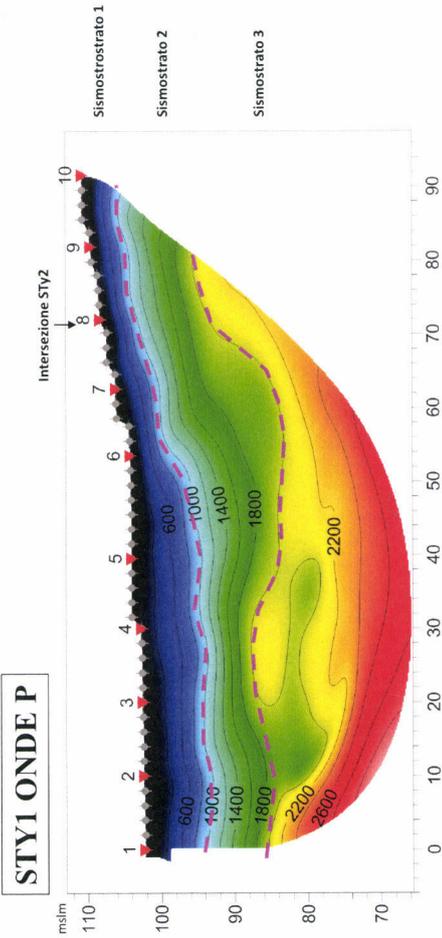
Progetto galleria

Sondaggi

ST

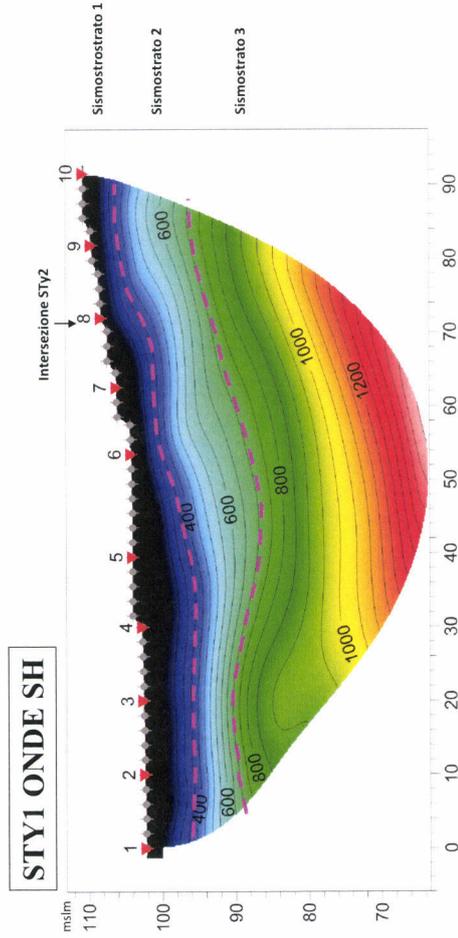
Ubicazione delle Linee geofisiche tomografiche sismiche a rifrazione

**INDAGINI TOMOGRAFICHE SISMICHE STY\_1  
RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA CATENANUOVA  
Suppressione PL al Km 3+639**



Sismostrostrato 2

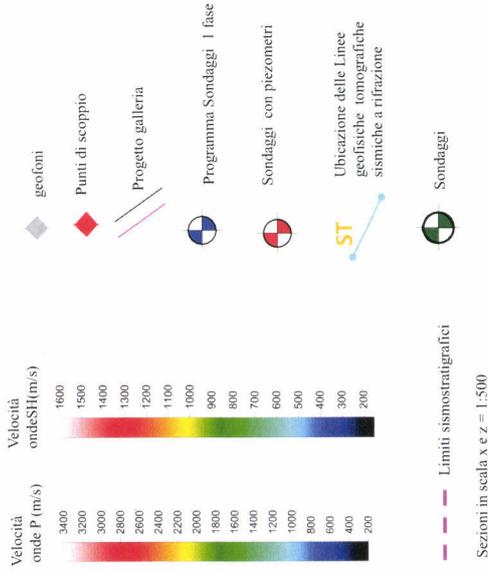
Sismostrostrato 3



Sismostrostrato 1

Sismostrostrato 2

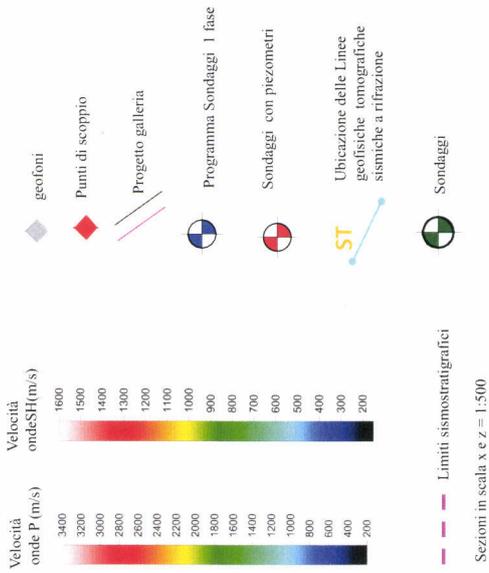
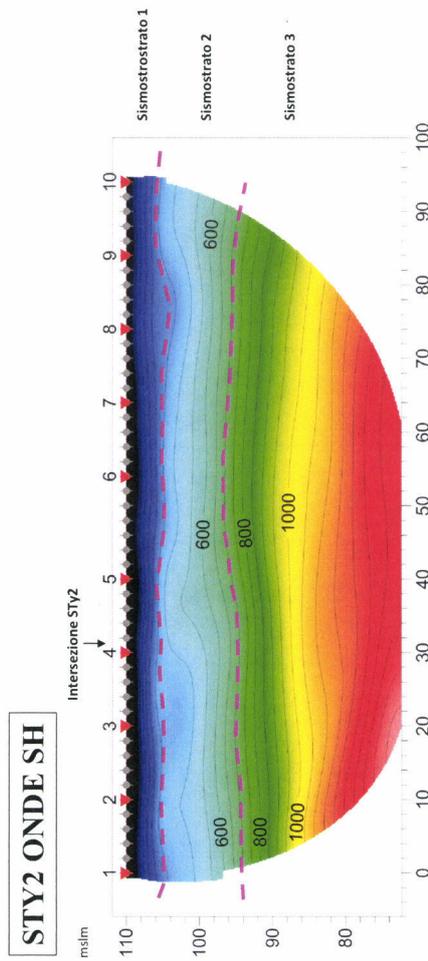
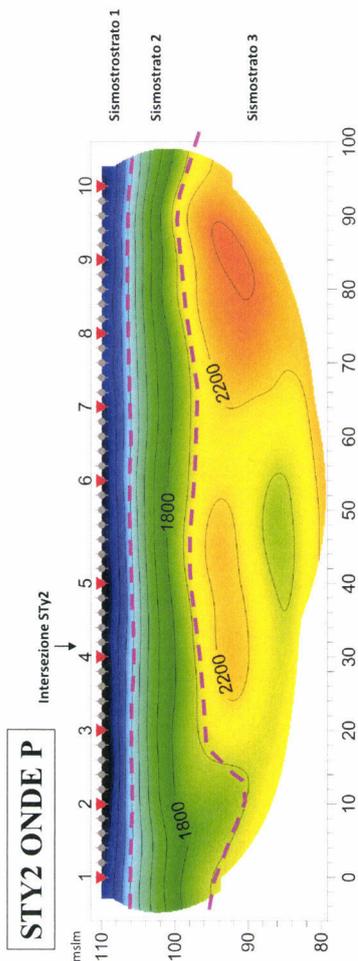
Sismostrostrato 3



**DETTAGLIO ST\_Y**



**INDAGINI TOMOGRAFICHE SISMICHE STY\_2  
RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA CATENANUOVA  
Soppressione PL al Km 3+639**



**DETTAGLIO ST\_Y**

