

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

GEOLOGIA

Report indagini geofisiche campagne precedenti

SCALA:

-

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

I V 0 I 0 0 D 6 9 I G G E 0 0 0 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	S. Ferro 	Nov. 2021	E. Poggi 	Nov. 2021	G. Fadda 	Nov. 2021	M. Comedini Nov. 2021

File: IV0100D69IGGE0000002A.doc

n. Elab.:

PROGETTO DEFINITIVO

**Report indagini geofisiche
campagne precedenti**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 IG	GE0000 002	A	2 di 69

INDICE

1	PREMESSA	3
---	----------------	---

APPENDICI

APPENDICE 1 - INDAGINI GEOFISICHE - CAMPAGNA 1993

APPENDICE 2 - INDAGINI GEOFISICHE - CAMPAGNA 2005-2006

APPENDICE 3 - INDAGINI GEOFISICHE - CAMPAGNA 2010

PROGETTO DEFINITIVO**Report indagini geofisiche
campagne precedenti**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 IG	GE0000 002	A	3 di 69

1 PREMESSA

Il presente report è stato redatto nell'ambito del Progetto Definitivo dell'adeguamento della tratta "Finale Ligure - Andora", per il raddoppio della linea Genova - Ventimiglia, e raccoglie i risultati delle indagini geofisiche pregresse, eseguite negli anni, nell'area di studio, a supporto delle diverse fasi progettuali.

In particolare, i dati bibliografici disponibili sono relativi a:

1. CAMPAGNA INDAGINI GEOFISICHE 1993, con esecuzione di n.2 prove geofisiche in foro di tipo Down-Hole in prossimità delle gallerie Bastia e Parei. Gli esiti delle indagini geofisiche sono forniti in appendice, con i seguenti elaborati:
 - Log del Down-Hole VD2, eseguito in prossimità della galleria Bastia;
 - Log del Down-Hole VD3, eseguito in prossimità della galleria Parei.
2. CAMPAGNA INDAGINI GEOFISICHE 2005-2006, con esecuzione di n.9 profili sismici a rifrazione con tecnica tomografica eseguiti in corrispondenza delle tratte all'aperto. Gli esiti delle indagini geofisiche sono forniti in appendice, con i seguenti elaborati:
 - L37100069IGGE0005001A PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE: BORGIO VEREZZI (TAV. 1/6);
 - L37100069IGGE0005002A PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE: BORGHETTO 1 (TAV. 2/6);
 - L37100069IGGE0005003A PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE: BORGHETTO 2 (TAV. 3/6);
 - L37100069IGGE0005004A PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE: ALBENGA 1 (TAV. 4/6);
 - L37100069IGGE0005005A PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE: ALBENGA 2 (TAV. 5/6);
 - L37100069IGGE0005006A PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE: ANDORA (TAV. 6/6);
 - L37100069IGGE0005007A PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE: RELAZIONE TECNICA.
3. CAMPAGNA INDAGINI GEOFISICHE 2010, con esecuzione di indagini sismiche tomografiche ad onde di compressione, nei settori di imbocco delle Gallerie Monte Grosso, Castellari, Croce e Alassio, e indagini sismiche a riflessione ad alta risoluzione per la ricerca di migliori informazioni su discontinuità tettoniche e fenomeni carsici nella metà occidentale (lato Andora) della Galleria Caprazoppa. Gli esiti della campagna geofisica sono forniti in appendice, mediante i seguenti elaborati:
 - L37100D69IGGE0005001 RELAZIONE TECNICA;
 - L37100D69IGGE0005002 PLANIMETRIA GENERALE INDAGINI GEOFISICHE;
 - L37100D69IGGE0005003 PLANIMETRIE SEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE L1 - L15;

PROGETTO DEFINITIVO

**Report indagini geofisiche
campagne precedenti**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 IG	GE0000 002	A	4 di 69

- L37100D69IGGE0005004 PLANIMETRIA DELLA SEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE;
- L37100D69IGGE0005005 SEZIONE IMBOCCO SUD GALLERIA CAPRAZOPPA – Sezione sismica a riflessione L20;
- L37100D69IGGE0005006 SEZIONI IMBOCCO NORD GALLERIA ALASSIO – Sezioni sismiche tomografiche L1-L2.
- L37100D69IGGE0005007 SEZIONI GALLERIA CROCE TRATTA KM 81+774 – 81+997– Sezioni sismiche tomografiche L3-L4;
- L37100D69IGGE0005008 SEZIONI IMBOCCO NORD GALLERIA CROCE – Sezioni sismiche tomografiche L5-L6;
- L37100D69IGGE0005009 SEZIONI IMBOCCO SUD GALLERIA MONTEGROSSO – Sezioni sismiche tomografiche L7-L8-L9;
- L37100D69IGGE0005010 SEZIONI IMBOCCO NORD GALLERIA MONTEGROSSO – Sezioni sismiche tomografiche L10-L11;
- L37100D69IGGE0005011 SEZIONI IMBOCCO NORD GALLERIA CASTELLARI – Sezioni sismiche tomografiche L12-L13;
- L37100D69IGGE0005012 SEZIONI IMBOCCO SUD GALLERIA ALASSIO – Sezioni sismiche tomografiche L14-L15.

PROGETTO DEFINITIVO

**Report indagini geofisiche
campagne precedenti**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 IG	GE0000 002	A	

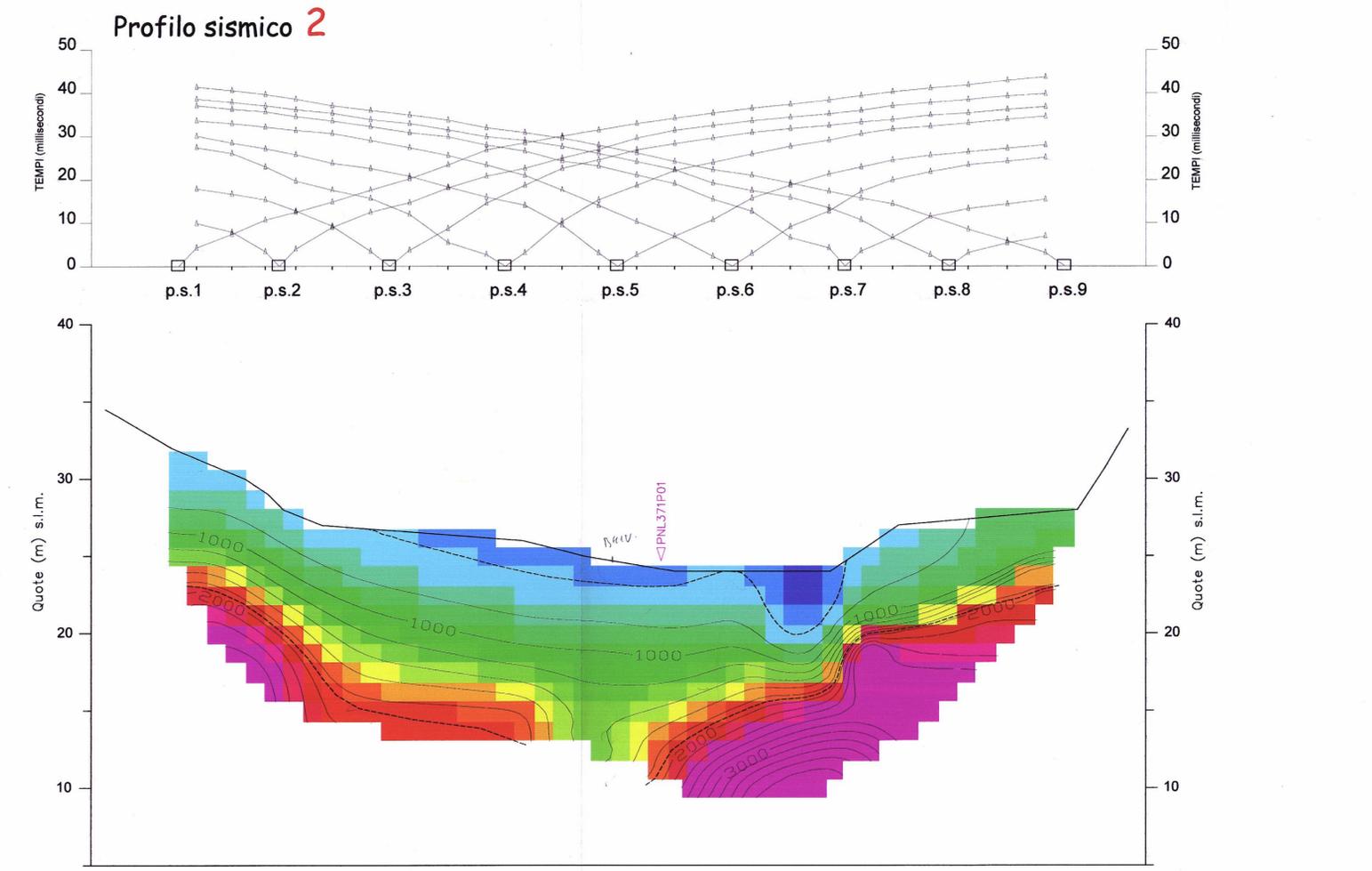
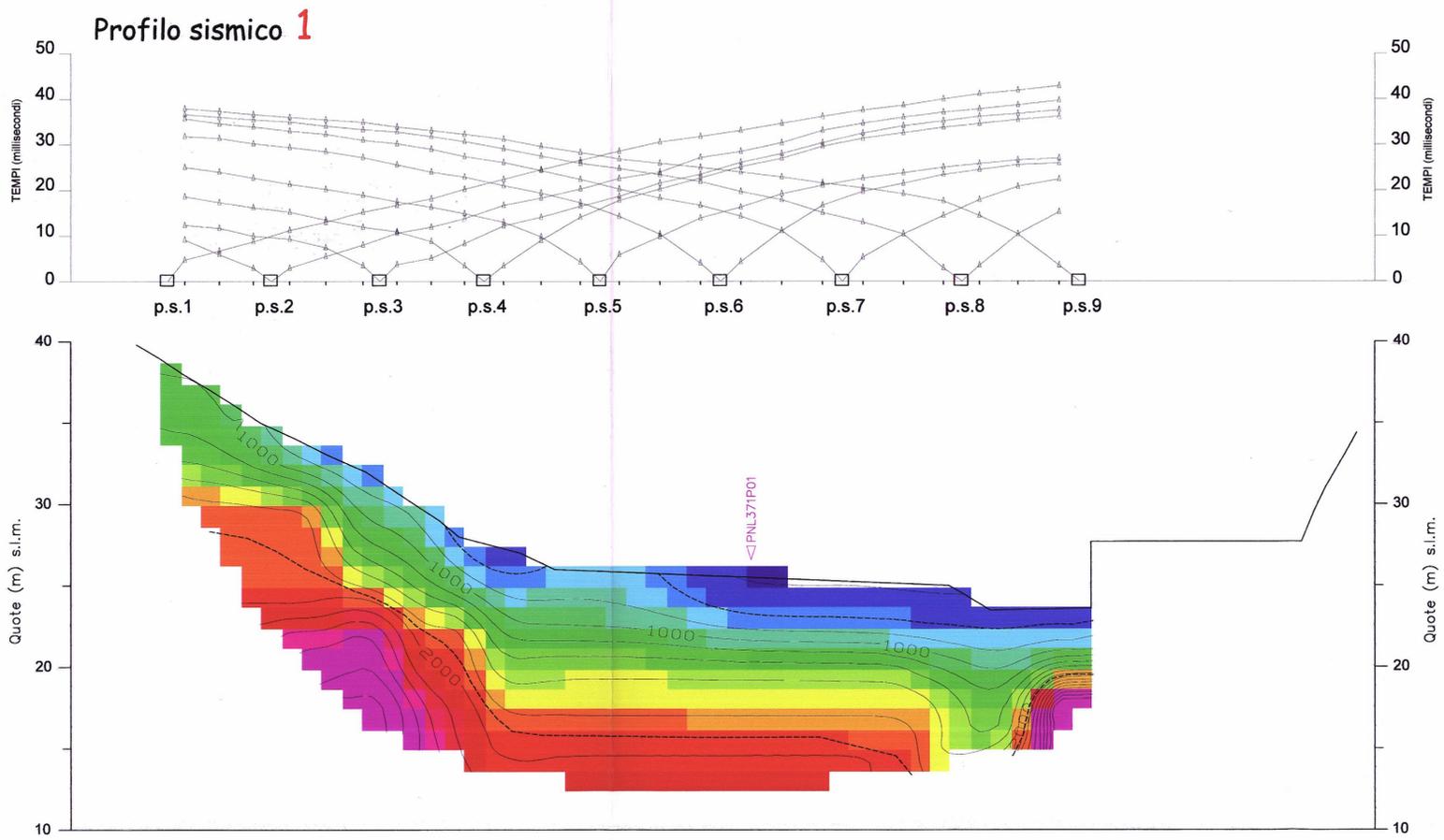
**APPENDICE 1
INDAGINI GEOFISICHE
- CAMPAGNA 1993 -**

PROGETTO DEFINITIVO

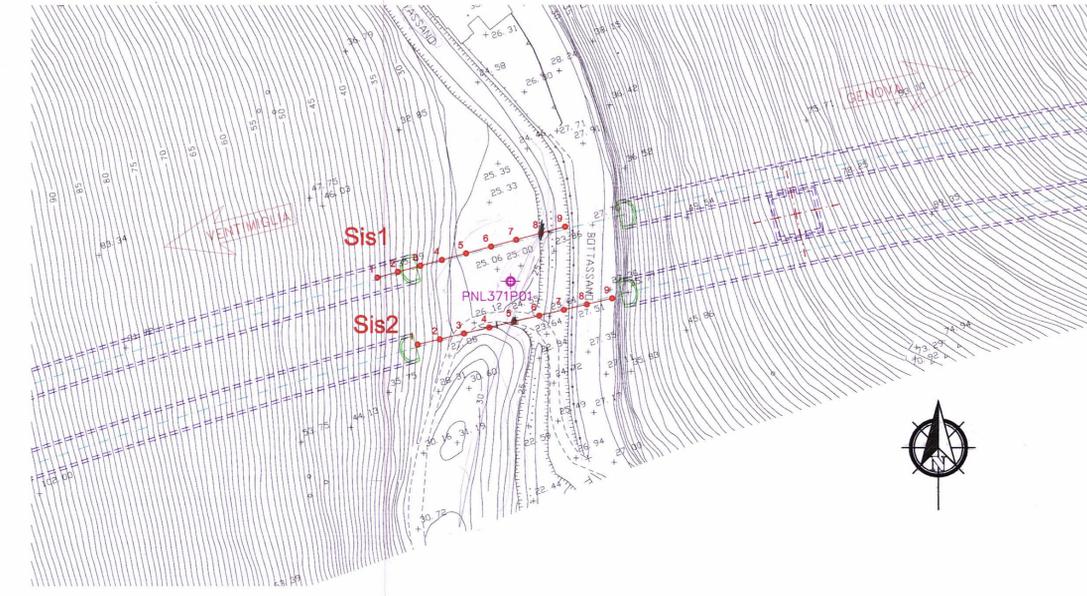
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 IG	GE0000 002	A	

**Report indagini geofisiche
campagne precedenti**

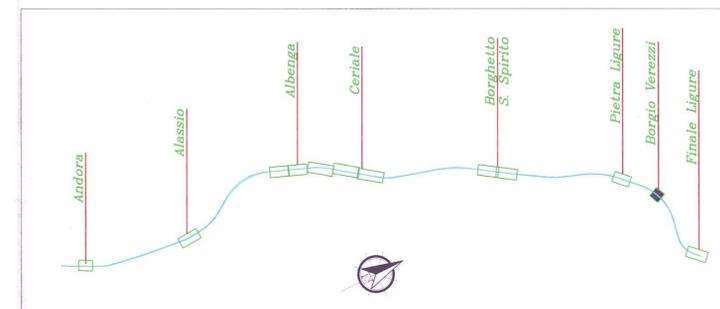
**APPENDICE 2
INDAGINI GEOFISICHE
- CAMPAGNA 2005-2006 -**



scala 1:1.000



LEGENDA:
 Sis1 1 2 3 Profilo sismico, relativi punti di scoppio e numero identificativo
 PNL371P01 Sondaggio geognostico (campagna 2005)



LEGENDA:
 Dromocrone
 Punto di scoppio
 Superficie topografica
 1000 Curve di isovelocità e relativo valore (equidistanza 200 msec)
 PNL371P01 Sondaggio geognostico (campagna 2005)
 Maglia cella tomografica 1.25 x 1.25 m
 SCALA COLORIMETRICA (velocità sismica m/sec)
 500 1000 1500 2000 2500
 Soprassegno interpretativo riconducibile ad una prima discontinuità sismostratigrafica.
 Curve di isovelocità sismica (m/sec) e relativo valore.
 Soprassegno interpretativo riconducibile ad una seconda discontinuità sismostratigrafica.

COMMITENTE:

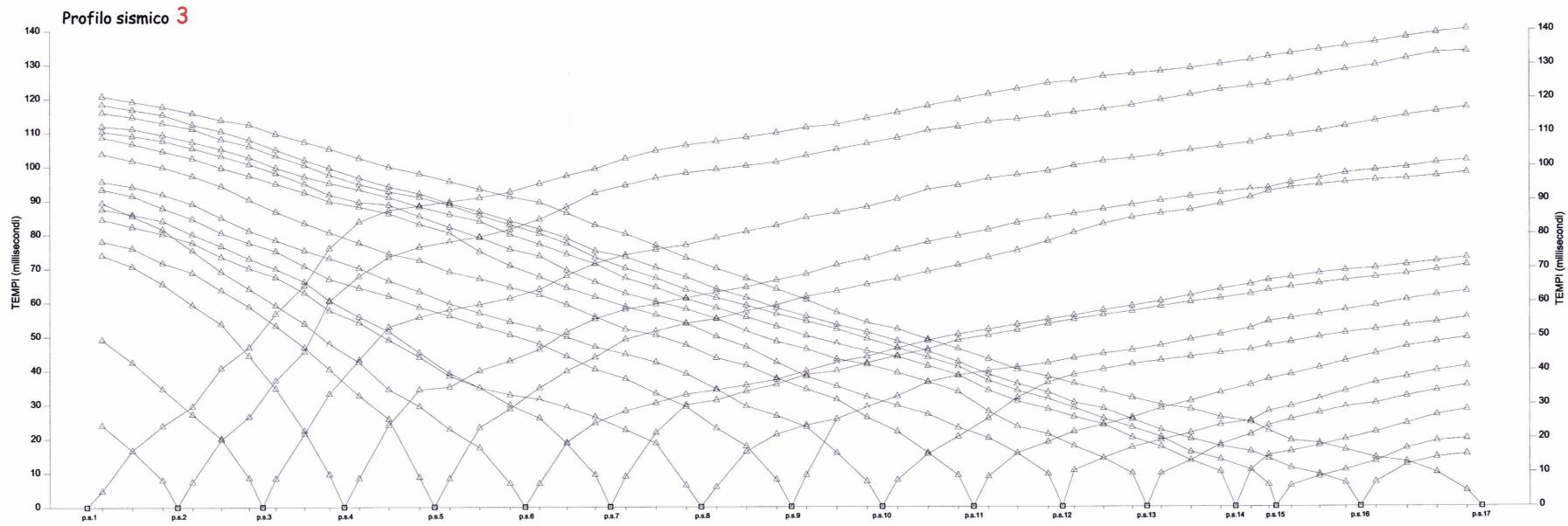
PROGETTAZIONE:

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01
 PROGETTO DEFINITIVO
 RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA
 TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA
 OPERE ALL'APERTO
 INDAGINI GEOFISICHE
 PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE: BORGIO VEREZZI (TAV. 1/6)

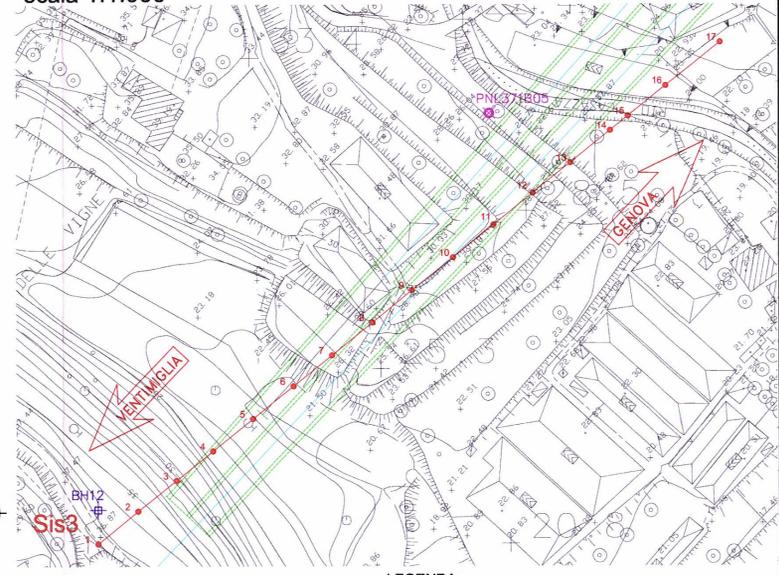
SCALA :
 1:200
 1:1000

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.
 L371 00 D 69 IG GE0005 001 A

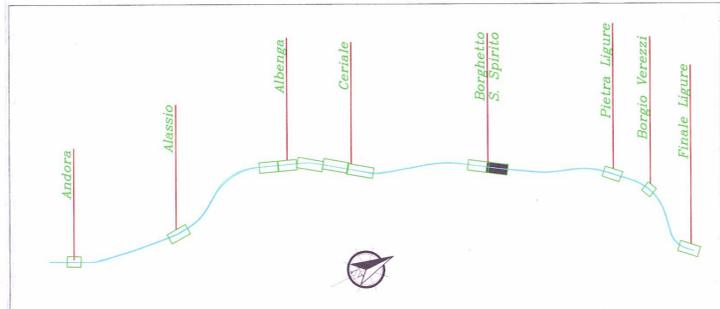
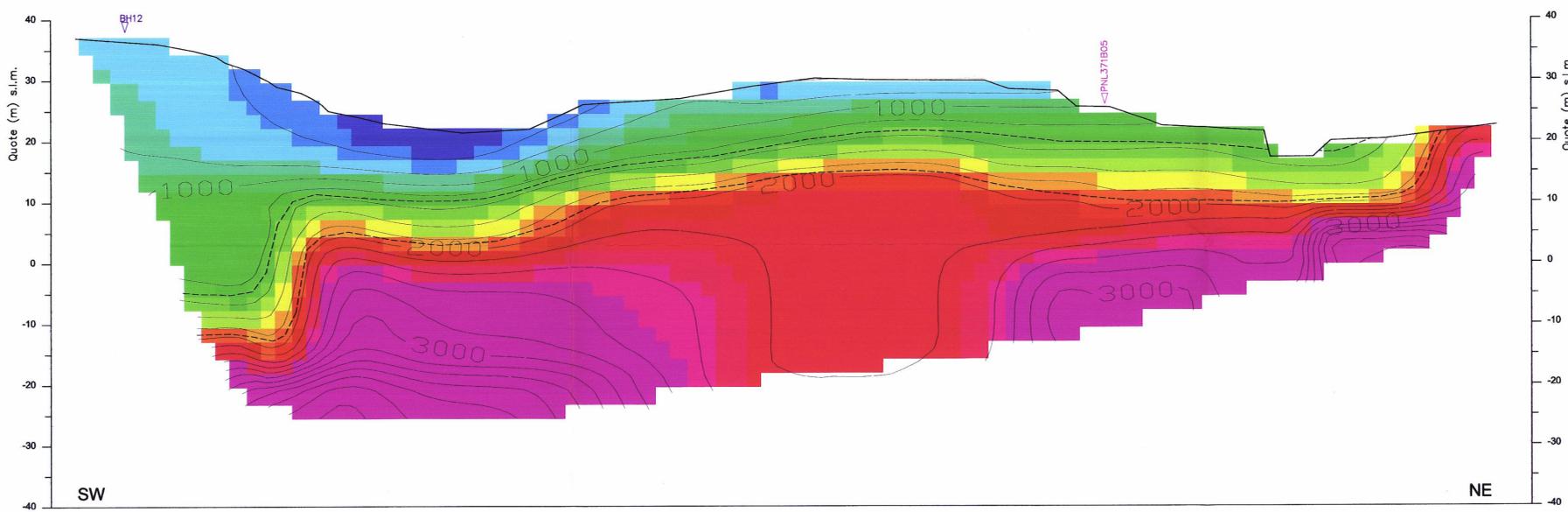
Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzante	Data
A		SDC srl	10/03/08	SALVANNI	24/03/08	DE BARBERI		ITALFERR S.p.A. Ufficio Geologia Dott. Paolo Renato BRIGANTI C/O G. Ceccacci - Lazio n° 1715	



scala 1:1.000



LEGENDA:
 Sis1 1 2 3 Profilo sismico, relativi punti di scoppio e numero identificativo
 PNL371P01 Sondaggio geognostico (campagna 2005)
 BH11 Sondaggio geognostico (precedente indagine)



LEGENDA:

- Dromocrone
- Punto di scoppio
- Superficie topografica
- Curve di isovelocità e relativo valore (equidistanza 200 msec)
- Sondaggio geognostico (campagna 2005)
- Sondaggio geognostico (precedente indagine)
- Maglia cella tomografica 2.5 x 2.5 m

SCALA COLORIMETRICA (velocità sismica m/sec)
 500 1000 1500 2000 2500

Curve di isovelocità sismica (m/sec) e relativo valore.
 Soprassegno interpretativo riconducibile ad una prima discontinuità sismostratigrafica.
 Soprassegno interpretativo riconducibile ad una seconda discontinuità sismostratigrafica.

COMMITTENTE:

PROGETTAZIONE:

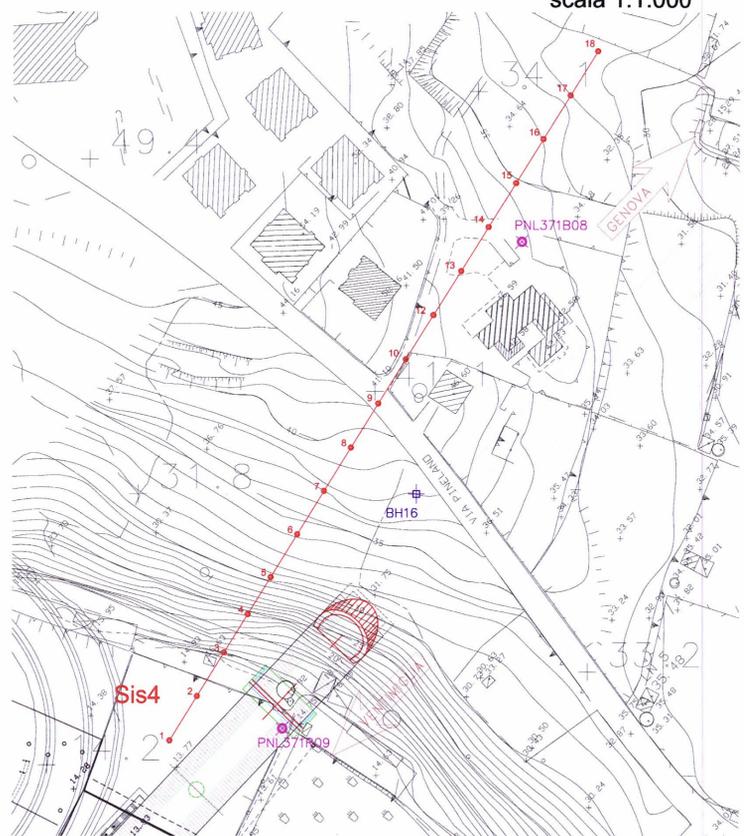
INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01
 PROGETTO DEFINITIVO
 RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA
 TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA
 OPERE ALL'APERTO
 INDAGINI GEOFISICHE
 PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE: BORGHETTO 1 (TAV. 2/6)

SCALA :
 1: 500
 1: 1000

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.
 L371 00 D 69 IG GE0005 002 A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A		SGG srl	10/03/08	SALVAGNINI	24/03/08	DE BARBIERI		ITALFERR S.p.A. U.O. GEOLOGIA Dott. Geologo Roberto BRIGANTI Ordine Geologi n° 177 EB	

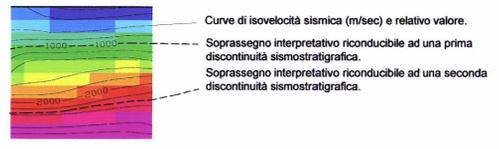
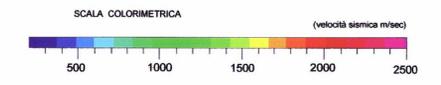
scala 1:1.000



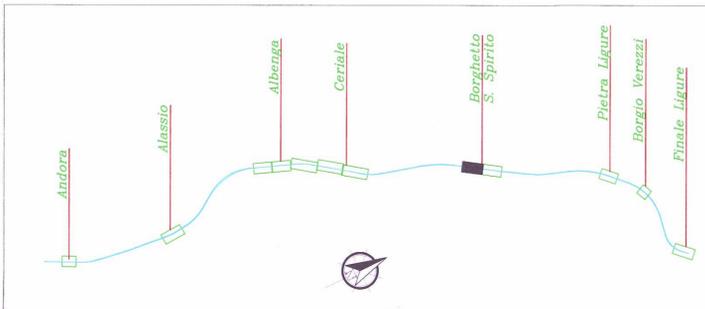
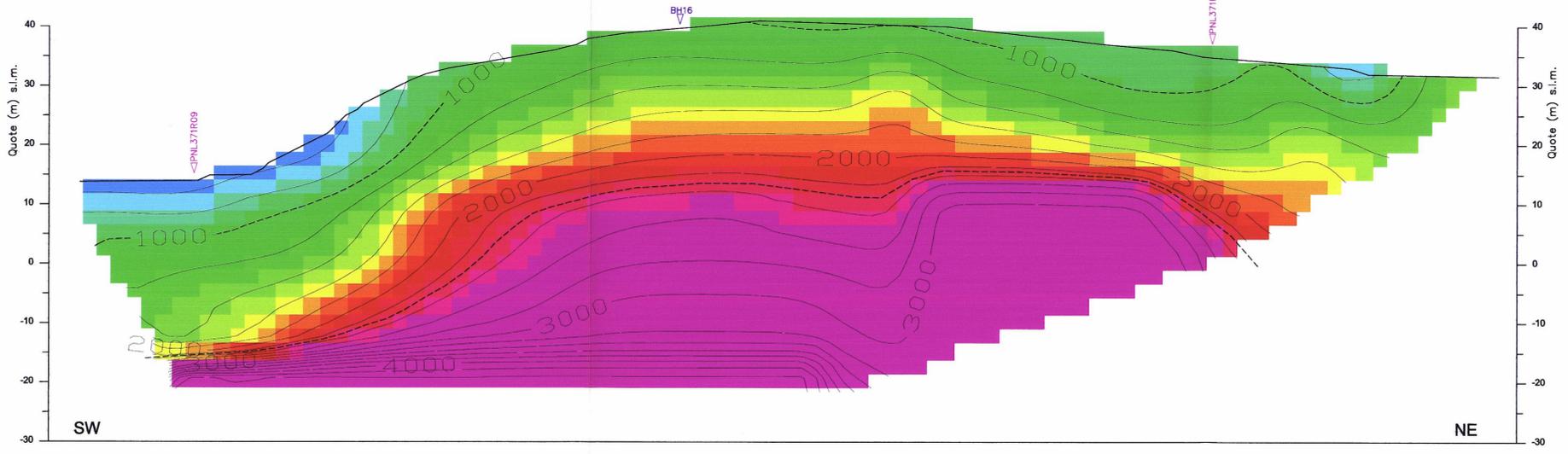
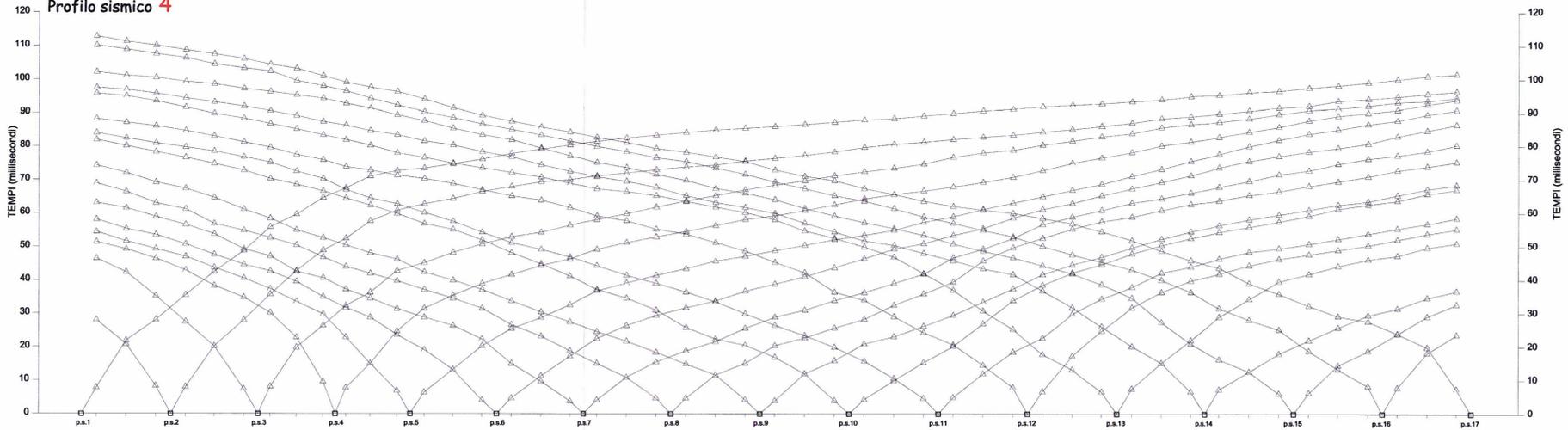
- LEGENDA:**
- Sis1 Profilo sismico, relativi punti di scoppio e numero identificativo
 - PNL371P01 Sondaggio geognostico (campagna 2005)
 - BH11 Sondaggio geognostico (precedente indagine)

LEGENDA:

- Dromocrone
- Punto di scoppio p.s.4
- Superficie topografica
- Curve di isovelocità e relativo valore (equidistanza 200 m/sec)
- Sondaggio geognostico (campagna 2005)
- Sondaggio geognostico (precedente indagine)
- Maglia cella tomografica 2.5 x 2.5 m



Profilo sismico 4



COMMITTENTE:

PROGETTAZIONE:

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

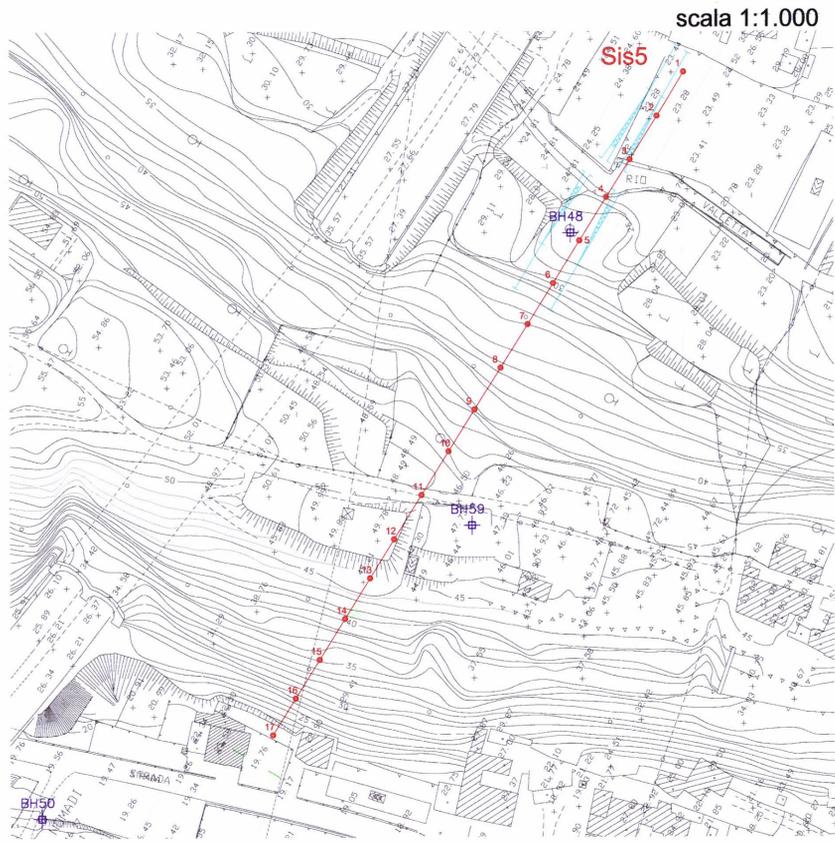
PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA
 TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA
 OPERE ALL'APERTO
 INDAGINI GEOFISICHE
 PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE: BORGHETTO 2 (TAV. 3/6)

SCALA :
 1: 500
 1: 1000

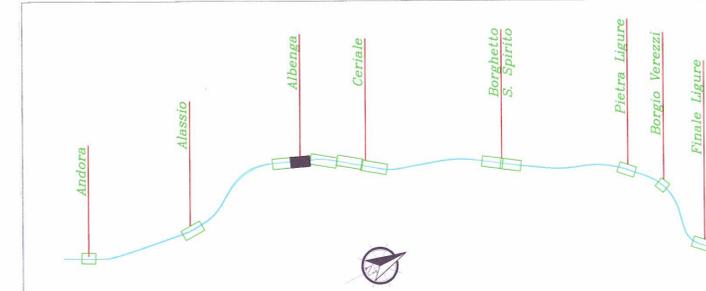
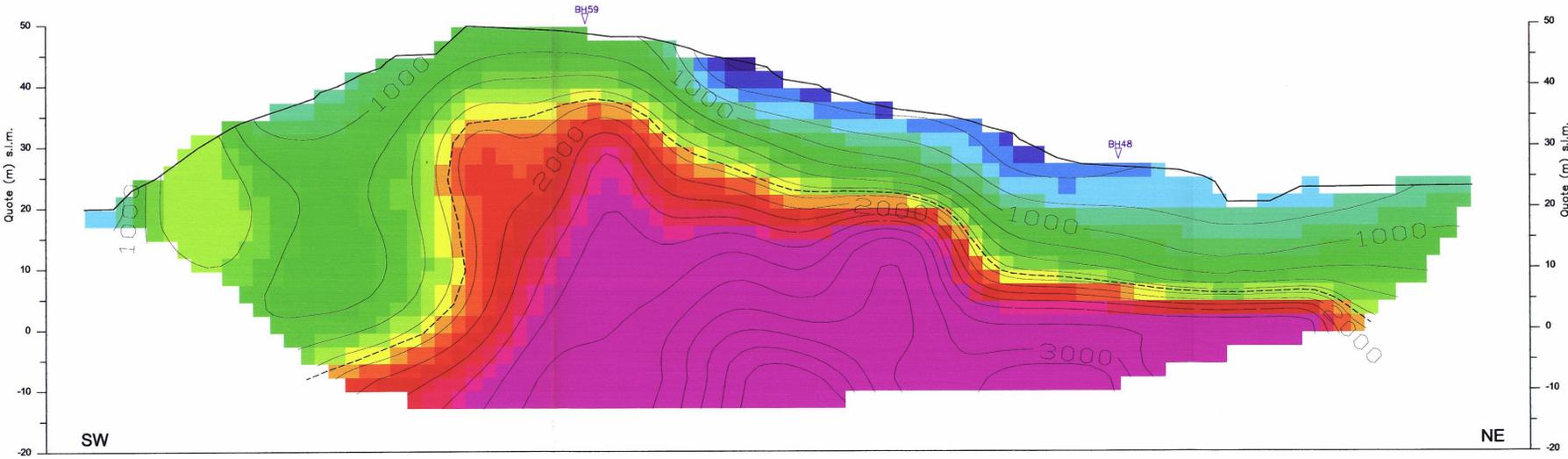
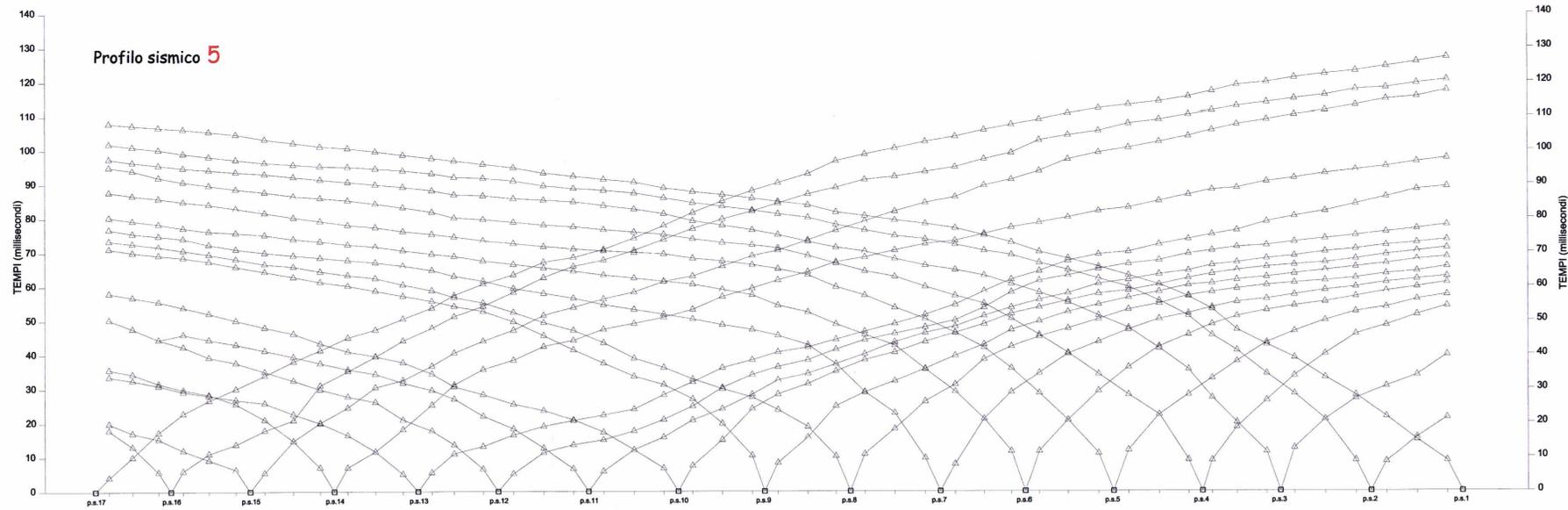
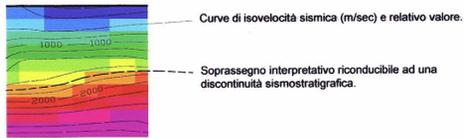
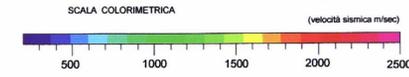
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
L371	00	D	69	IG	GE0005	003	A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A		300 srl	10/03/06	SALVAGNINI	24/03/06	DE BARBERI		ITALFERR S.p.A.	



- LEGENDA:
- Sis1 Profilo sismico, relativi punti di scoppio e numero identificativo
 - PNL371P01 Sondaggio geognostico (campagna 2005)
 - BH11 Sondaggio geognostico (precedente indagine)

- LEGENDA:
- Dromedron
 - p.s.4 Punto di scoppio
 - Superficie topografica
 - Curve di isovelocità e relativo valore (equidistanza 200 m/sec)
 - Sondaggio geognostico (campagna 2005)
 - Sondaggio geognostico (precedente indagine)
 - Maglia cella tomografica 2.5 x 2.5 m



COMMITTENTE:

PROGETTAZIONE:

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA
OPERE ALL'APERTO
INDAGINI GEOFISICHE
PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE: ALBENZA 1 (TAV. 4/6)

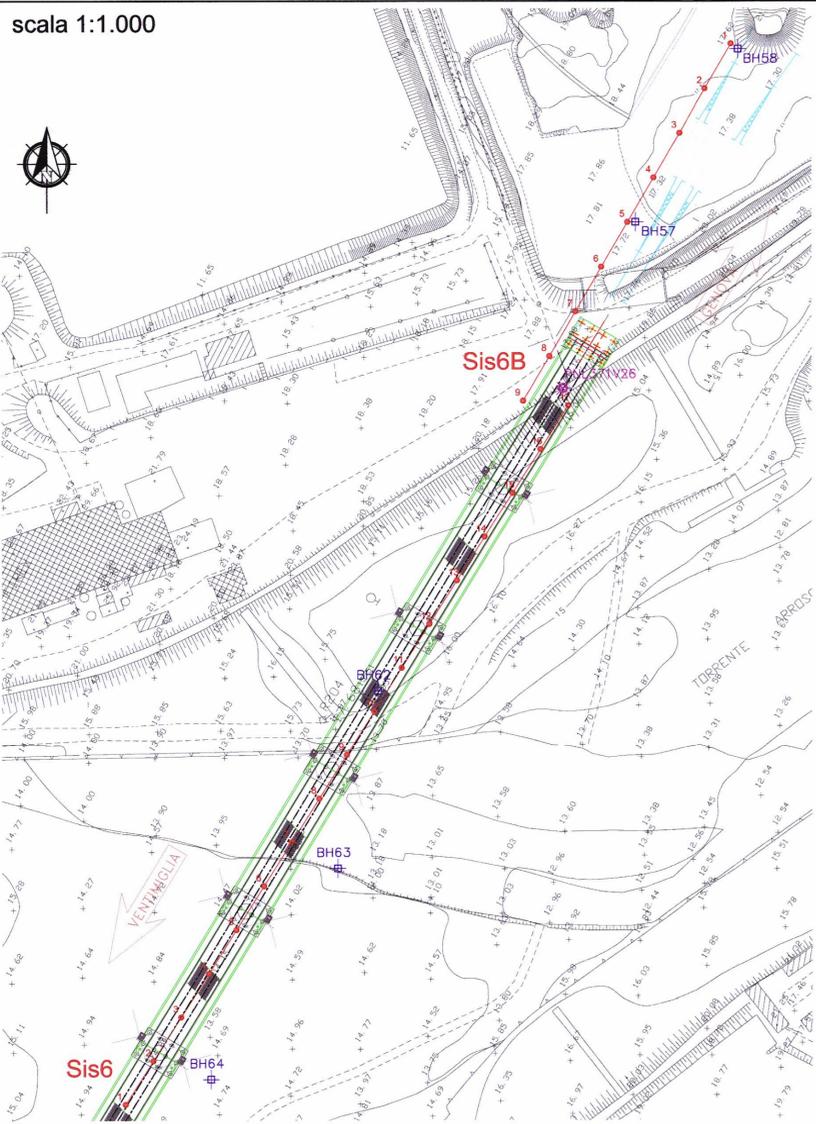
SCALA :
1: 500
1: 1000

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

L371 00 D 69 IG GE0005 004 A

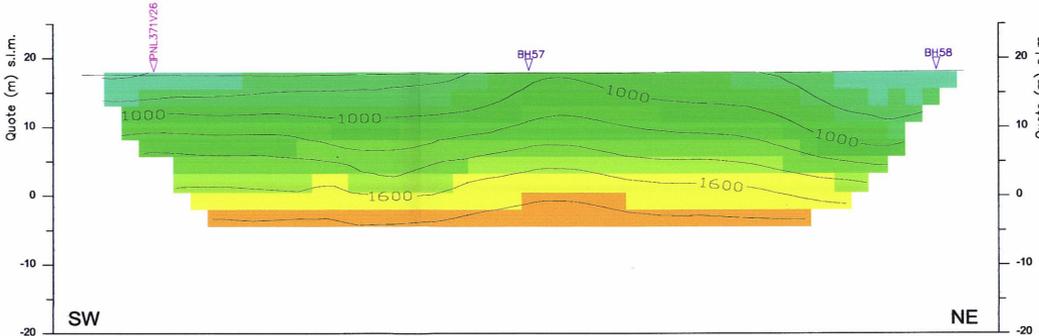
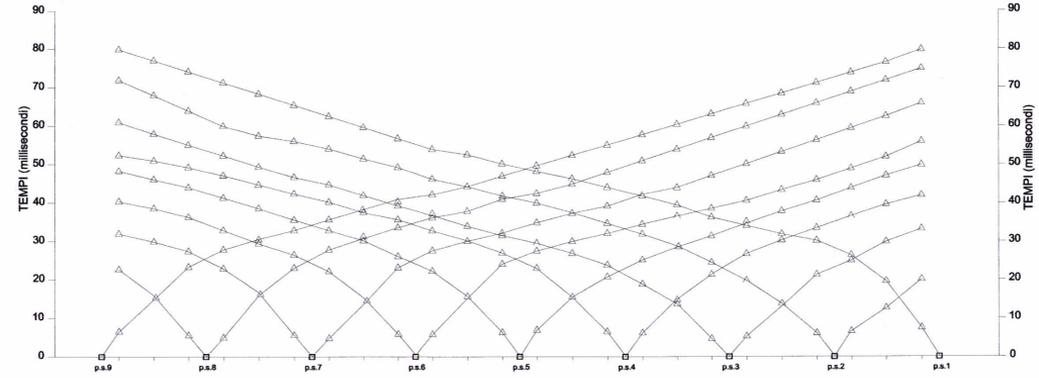
Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A		SGG srl	10/03/06	SALVAGNINI	24/03/06	DE BARBERI			

scala 1:1.000

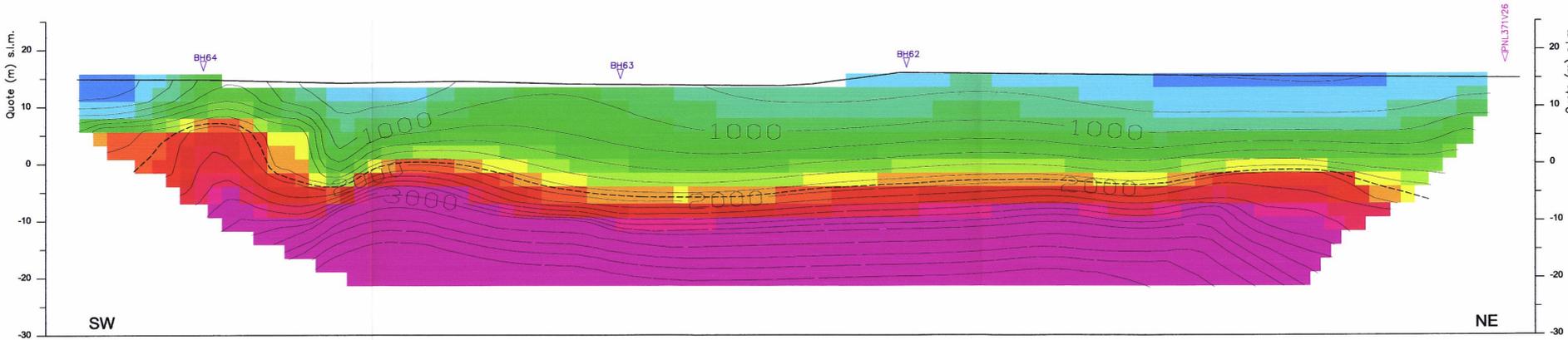
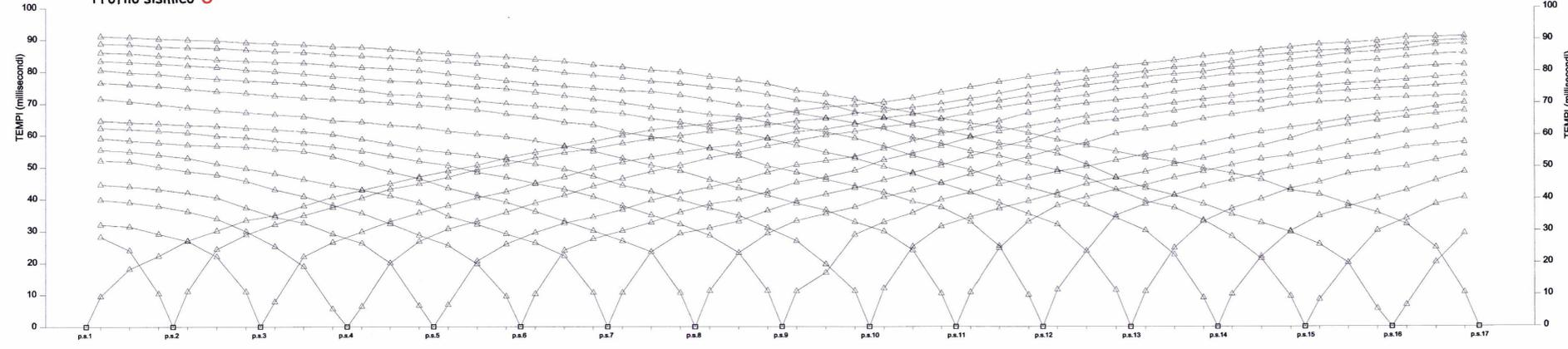


- LEGENDA:**
- Sis1, 2, 3 Profilo sismico, relativi punti di scoppio e numero identificativo
 - PNL371P01 Sondaggio geognostico (campagna 2005)
 - BH11 Sondaggio geognostico (precedente indagine)

Profilo sismico 6B

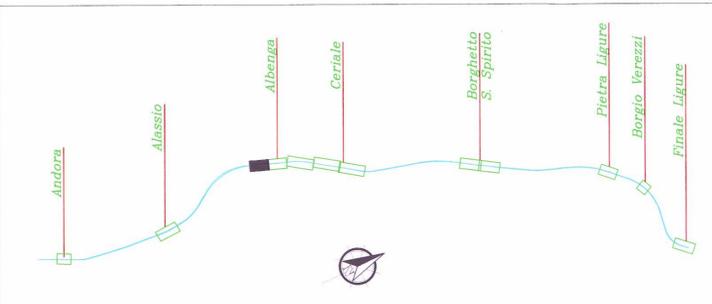


Profilo sismico 6



LEGENDA:

- Dromocrone
- p.s.4 Punto di scoppio
- Superficie topografica
- 1000 Curve di isovelocità e relativo valore (equidistanza 200 m/sec)
- PNL371P01 Sondaggio geognostico (campagna 2005)
- BH12 Sondaggio geognostico (precedente indagine)
- Maglia cella tomografica 2.5 x 2.5 m
- SCALA COLORIMETRICA (velocità sismica m/sec)
- 500 1000 1500 2000 2500
- Curve di isovelocità sismica (m/sec) e relativo valore.
- Soprasegno interpretativo riconducibile ad una discontinuità sismostratigrafica.



COMMITTENTE:

PROGETTAZIONE:

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA
OPERE ALL'APERTO
INDAGINI GEOFISICHE
PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE: ALBENZA 2 (TAV. 5/6)

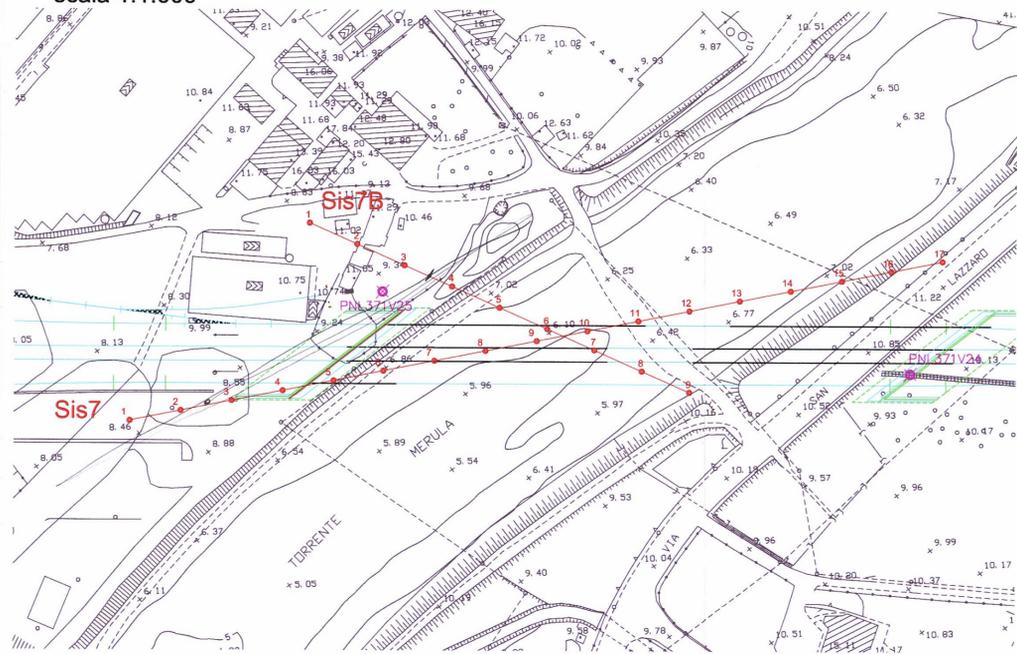
SCALA :
1:500
1:1000

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

L371 00 D 69 IG GE0005 005 A

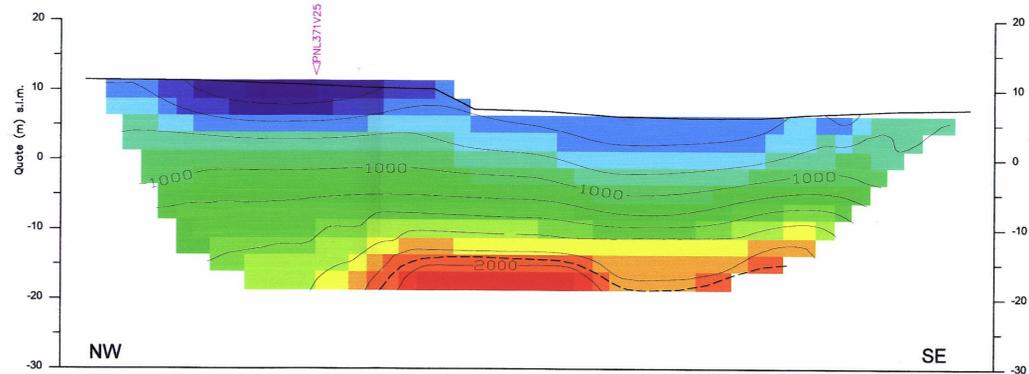
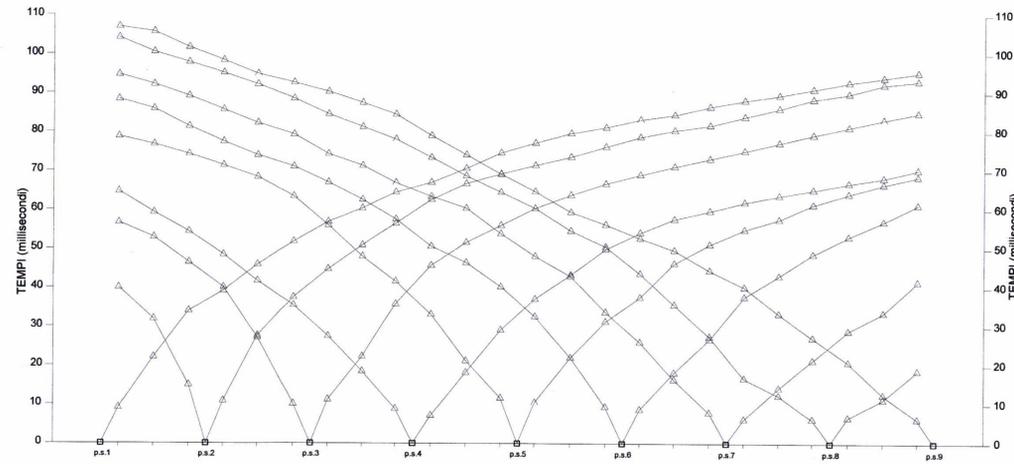
Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A		SGG ar	10/03/08	SALVANNI	24/03/08	DE BARBENI		ITALFERR S.P.A.	17/05/08

scala 1:1.000



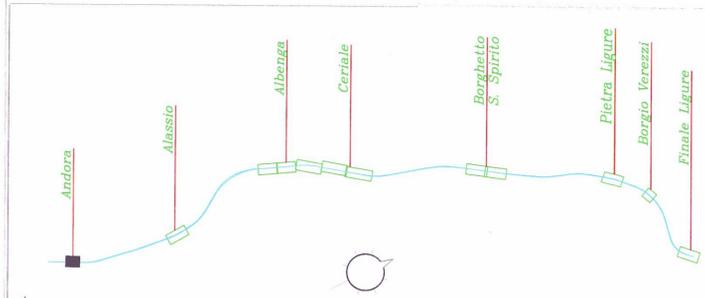
- LEGENDA:**
- Sis1 1 2 3 Profilo sismico, relativi punti di scoppio e numero identificativo
 - PNL371P01 Sondaggio geognostico (campagna 2005)
 - BH11 Sondaggio geognostico (precedente indagine)

Profilo sismico 7B

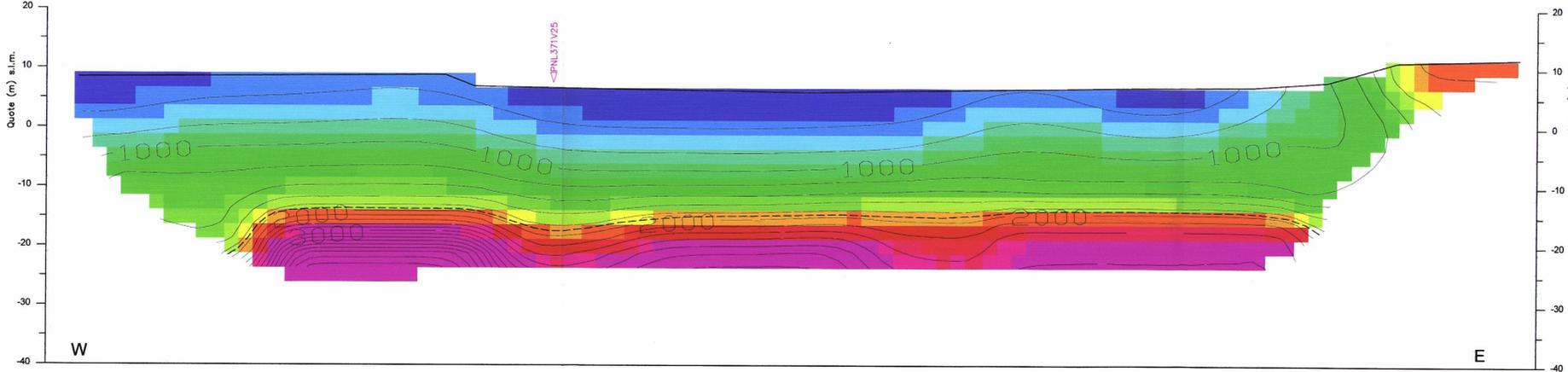
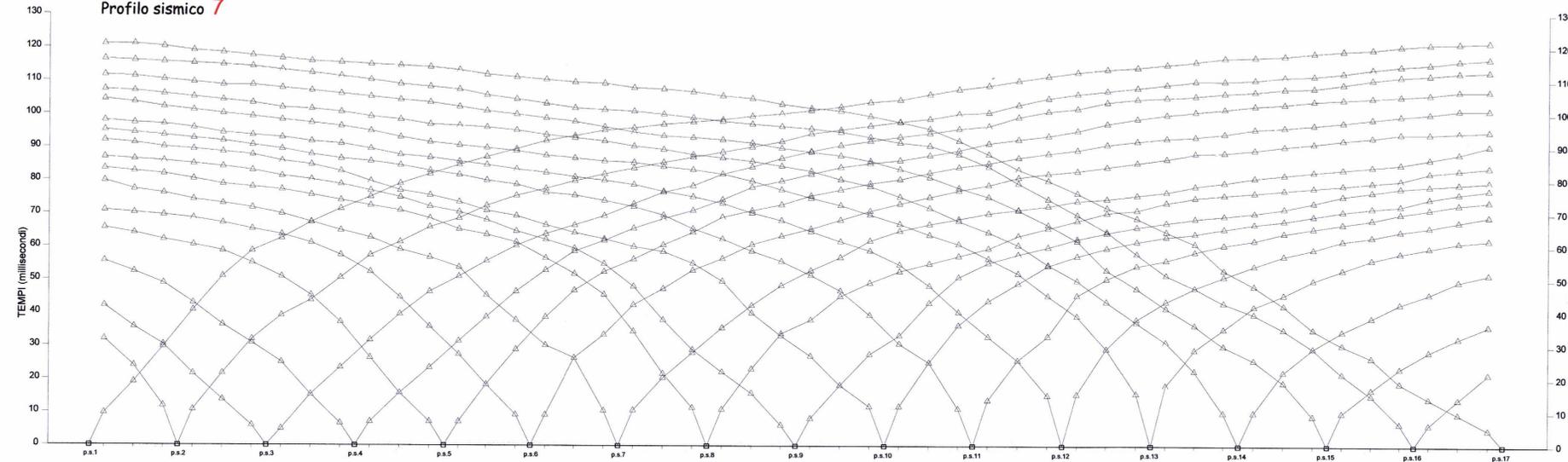


LEGENDA:

- Dromocrone
 - Punto di scoppio p.s.4
 - Superficie topografica
 - Curve di isovelocità e relativo valore (equidistanza 200 m/sec)
 - Sondaggio geognostico (campagna 2005) PNL371P01
 - Sondaggio geognostico (precedente indagine) BH12
 - Maglia cella tomografica 2.5 x 2.5 m
- SCALA COLORIMETRICA (velocità sismica m/sec)
- 500 1000 1500 2000 2500
- Curve di isovelocità sismica (m/sec) e relativo valore.
- Soprassegno interpretativo riconducibile ad una discontinuità sismostratigrafica.



Profilo sismico 7



COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA
OPERE ALL'APERTO
INDAGINI GEOFISICHE
PROSPERZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE: ANDORA (TAV. 6/6)

SCALA :
1:500
1:1000

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

L371 00 D 69 IG GE0005 006 A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A		SGO art Ca	10/03/06	SALVAGNINI DZ	24/03/06	DE BARBERIS		

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA
OPERE ALL'APERTO
INDAGINI GEOFISICHE
PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE: RELAZIONE TECNICA

SCALA :

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

L371 00 D 69 IG GE0005 007 A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A		SGG srl <i>a</i>	10/03/06	SALVAGNINI <i>JS</i>	24/03/06	DE BARBIERI		ITALFERR S.P.A. ING. GEOL. RENATO BRIGANTI <i>Briganti</i> Ordine Geologi Lazio n° 171 ES

File: L371_00_D_69_IG_GE00_05_007_A.dwg

n. Elab. :



**PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-
VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA
CAMPAGNA D'INDAGINI GEOFISICHE**

**RELAZIONE TECNICA : ESECUZIONE INDAGINI GEOFISICHE -
PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE**

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. Pag.
L371 00 D69 IG GE 0005 007 A 2 di 11

INDICE

1. Premessa	3
2. Indagini eseguite	4
3. Personale e strumentazioni impiegate.....	5
4. Metodologia esecutiva dei rilievi	6
5. Metodologia interpretativa	7
6. Precisione statistica dell'elaborazione computerizzata	8
7. Analisi dei risultati	9



**PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-
VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA
CAMPAGNA D'INDAGINI GEOFISICHE**

**RELAZIONE TECNICA : ESECUZIONE INDAGINI GEOFISICHE -
PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	Pag.
L371	00	D69 IG	GE 0005 007	A	3 di 11

1. Premessa

Su incarico di Italferr S.p.a. e relativamente alla Progettazione Definitiva delle opere all'aperto della Tratta Finale Ligure-Andora nell'ambito del raddoppio della Linea Genova-Ventimiglia, è stata affidata alla ditta S.G.G. s.r.l. l'esecuzione di una campagna di indagini geofisiche. Tali indagini si sono rese necessarie in quanto, in alcune aree del tracciato, i dati provenienti sia dai sondaggi eseguiti nella fase progettuale preliminare che da quelli dell'attuale fase definitiva, hanno mostrato delle incongruenze e non hanno permesso una precisa ricostruzione dell'andamento del substrato roccioso (*bedrock*).

Le diverse attività di cantiere (ubicazione delle indagini e modalità di esecuzione) sono state espletate dal Dott. Claudio Rossi e Dott. Filippo Giorgi della ditta S.G.G. s.r.l. e coordinate dal Dott. A. Salvagnini e Dott. F. Romano per la U.O. Geologia di Italferr S.p.a.

L'indagine di campagna, effettuata nel rispetto delle specifiche tecniche Italferr per l'esecuzione di indagini geofisiche, è stata portata a termine nel rispetto dei tempi previsti contrattualmente ed espletata mediante l'esecuzione di 9 profili sismici a rifrazione con tecnica tomografica, il dettaglio dei quali è riportato nel paragrafo che segue "Indagini eseguite".

Le ubicazione delle indagini svolte, compreso sondaggi di taratura e tracciato dell'opera in progetto, e le relative sezioni tomografiche sono riportate nei seguenti elaborati in allegato alla presente relazione:

- Titolo: PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE: BORGIO VEREZZI (TAV. 1/6)
Codifica: L371 00 D69 IG GE0005 001 A
- Titolo: PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE: BORGHETTO 1 (TAV. 2/6)
Codifica: L371 00 D69 IG GE0005 002 A
- Titolo: PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE: BORGHETTO 2 (TAV. 3/6)
Codifica: L371 00 D69 IG GE0005 003 A
- Titolo: PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE: ALBENGA 1 (TAV. 4/6)
Codifica: L371 00 D69 IG GE0005 004 A
- Titolo: PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE: ALBENGA 2 (TAV. 5/6)
Codifica: L371 00 D69 IG GE0005 005 A
- Titolo: PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE: ANDORA (TAV. 6/6)
Codifica: L371 00 D69 IG GE0005 006 A

Il presente rapporto illustra le metodologie esecutive ed interpretative delle misure geofisiche, ed i risultati della prospezione secondo un criterio essenzialmente geofisico.



**PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-
VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA
CAMPAGNA D'INDAGINI GEOFISICHE**

**RELAZIONE TECNICA : ESECUZIONE INDAGINI GEOFISICHE -
PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE**

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. Pag.
L371 00 D69 IG GE 0005 007 A 5 di 11

3. Personale e strumentazioni impiegate

STRUMENTAZIONI

Per l'esecuzione delle misure sperimentali sono state utilizzate le seguenti strumentazione ed attrezzature :

n°	Strumentazione Sismica a rifrazione	COD. IDENT.
1	Sismografo GEOMETRICS "GEODE" 24 e 48ch	SGG-SI-47
1	Sismografo GEOMETRICS "GEODE" 24 e 48ch	SGG-SI-39
1	P.C. : portatile Acer	
48	Geofoni verticali con frequenza pari a 4,5 Hz	SGG-SI-02
1	Cavo di collegamento per geofoni	SGG-SI-01a
1	Cavo di collegamento per geofoni	SGG-SI-01b
4	Ricetrasmittenti VHF	
	Masse battenti da 5 e 40 Kg	
1	Hammer switch	

Tutti gli strumenti di misura impiegati, in accordo con il calendario di taratura afferente al "sistema di qualità" in uso presso questo studio, sono tarati presso il laboratorio Cetace di Calenzano, afferente alla CESVIT S.p.A. ed accreditato SIT (Servizio di Taratura in Italia).

AUTOMEZZI

Furgone Fiat Ducato diesel; Fuoristrada Nissan pick-up.

RISORSE COINVOLTE

Per l'esecuzione della prospezione di campagna e della relativa interpretazione in ufficio, sono state coinvolte le seguenti risorse:

- Responsabile dell'incarico C. ROSSI
- Responsabile della prospezione F. GIORGI
- Prospezioni geofisici F. GIORGI
- Responsabile Assicurazione Qualità per la prospezione C. ROSSI
- Interpretazione rilievo sismico F. GIORGI C. ROSSI
- Editing F. GIORGI



**PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-
VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA
CAMPAGNA D'INDAGINI GEOFISICHE**

**RELAZIONE TECNICA : ESECUZIONE INDAGINI GEOFISICHE -
PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	Pag.
L371	00	D69 IG GE 0005 007	A	6 di 11

4. Metodologia esecutiva dei rilievi

Il rilievo sismico a rifrazione, con metodologia tomografica è consistito nell'acquisizione di 9 profili sismici.

Nello specifico le principali caratteristiche del rilievo sono state le seguenti:

- *Spaziatura dei geofoni : 2,5 e 5 metri.*
- *Spaziatura dei tiri : 7,5 e 15 metri (ogni 3 geofoni).*
- *Masse battenti.*

Dalla superficie sono state generate delle onde sismiche compressionali, in maniera tale da misurare il tempo occorrente all'onda sismica per raggiungere il geofono dal punto di energizzazione.

I tempi di transito sono legati alle caratteristiche meccaniche delle rocce tanto più una roccia è tenace e maggiore risulterà la velocità sismica del litotipo interessato dal passaggio dell'onda sismica.

La propagazione delle onde sismiche attraverso i diversi strati del terreno è basata sulla teoria dell'elasticità; le rocce attraverso cui si propaga l'energia sono considerate come mezzi perfettamente elastici. Quindi da un punto di vista teorico la propagazione delle onde sismiche può essere associata alla propagazione delle onde attraverso un mezzo secondo le leggi dell'ottica. Il principio fondamentale è quello di Huygens, secondo il quale la propagazione avviene per fronti d'onda. Quando un fronte d'onda, in questo caso sismica, incontra una variazione delle proprietà elastiche del mezzo (diverso strato del sottosuolo) e siamo quindi in corrispondenza di una superficie di discontinuità, parte dell'onda viene riflessa e parte viene rifratta nello strato sottostante. Tali raggi vengono rifratti e riflessi con angoli che sono legati all'angolo di incidenza e alla diversa tenacia dei due mezzi tali valori e geometrie sono regolati dalla legge di Snell. Secondo questi concetti e facendo dei semplici calcoli si deduce che con la sismica a rifrazione non vengono evidenziati strati di terreno meno tenaci quindi con velocità sismica più bassa che si trovano compresi tra strati di terreno più tenaci e quindi con velocità sismica maggiore.

Nella parte superiore di ogni singolo profilo sismico è stato riportato il grafico tempi/distanze che prende il nome di dromocrona dove per ogni punto di scoppio sono riportati i tempi di arrivo di ogni singolo geofono. Le velocità sismiche possono essere misurate dall'inclinazione delle dromocrone rispetto alla verticale.

La prospezione è stata eseguita in ottemperanza delle "specifiche tecniche" consegnate dalla Committenza.



**PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-
VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA
CAMPAGNA D'INDAGINI GEOFISICHE**

**RELAZIONE TECNICA : ESECUZIONE INDAGINI GEOFISICHE -
PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	Pag.
L371	00	D69	IG GE 0005 007	A	7 di 11

5. Metodologia interpretativa

Nelle varie applicazioni della sismica a rifrazione, s'impiegano impulsi artificiali di energizzazione, che nel nostro caso sono stati generati da masse battenti.

Nel presente lavoro vengono prese in esame solo le onde compressionali o "prime" (V_p).

I tempi di arrivo sono stati letti attraverso uno specifico programma di picking; tale software permette di apprezzare variazioni di tempo nell'ordine di $0,1 \text{ sec} \times 10^{-3}$.

I tempi di arrivo vengono rimontati su un grafico cartesiano dove sull'asse delle ascisse vengono riportati i geofoni e i punti di scoppio secondo le reciproche distanze e in ordinate tempi di transito dal punto di scoppio ai singoli geofoni. Tale grafico è riportato nelle tavole per ogni profilo sismico e prende il nome di dromocrona.

Prima di procedere all'interpretazione delle dromocrone sono state operate alcune correzioni geometriche. In particolare dove la morfologia dell'area in esame risultava più acclive, è stata operata in prima istanza, la correzione topografica.

Le dromocrone, sono state poi interpretate con l'ausilio di uno specifico software SeisOpt@2D, che permette una realizzazione di un modello sismico seguito con l'elaborazione tomografica .

La metodologia tomografica prevede la suddivisione dello spazio bidimensionale in celle, secondo una maglia prefissata, con l'attribuzione ad ognuna di un determinato valore di velocità sismica. Successivamente, il programma torna a calcolare il tempo di transito dell'onda sismica attraverso le maglie del modello e si confronta tale valore con quello sperimentale impiegando iterativamente algoritmi di calcolo adeguati previo controllo dei tragitti dei raggi sismici. Per successive iterazioni si perviene a dei valori di velocità sismica per le diverse celle che soddisfino contemporaneamente più raggi sismici.

L'elaborazione dei dati viene sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropia, la quale fornisce, previa elaborazione con metodologie iterative R.T.C. e algoritmi di ricostruzione tomografica il campo delle velocità sismiche del sottosuolo attraverso la suddivisione dello spazio in celle regolari.

Nel caso specifico è stata sempre utilizzata una maglia quadrata di lato 2,5 m e nella restituzione i valori di velocità sismica attribuiti alle singole celle vengono rappresentati mediante una scala colorimetrica.

Per la determinazione del modello di interpretazione il programma SeisOpt@2D utilizza il metodo di inversione controllato "Monte Carlo" basato su una modellizzazione avanzata, ove i modelli derivati dagli algoritmi propri del programma vengono accettati o rifiutati basandosi su un criterio statistico.



**PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-
VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA
CAMPAGNA D'INDAGINI GEOFISICHE**

**RELAZIONE TECNICA : ESECUZIONE INDAGINI GEOFISICHE -
PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE**

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. Pag.
L371 00 D69 IG GE 0005 007 A 8 di 11

6. Precisione statistica dell'elaborazione computerizzata

Per precisione si intende la sommatoria degli scarti al quadrato tra i valori sperimentali e quelli calcolati fratto il numero dei punti di misura; e per iterazioni il numero di volte che il programma ha eseguito la verifica del modello totale.

I risultati in termine di affidabilità statistica, dell'interpretazione tomografica risultano essere i seguenti:

Profilo sismico n°	Precisione media onde P sec ²	n° di iterazioni
Sis1	2,716017 ⁻⁰⁰⁶	194.621
Sis2	2,207408 ⁻⁰⁰⁶	127.422
Sis3	2,5346473 ⁻⁰⁰⁵	153.456
Sis4	1,8340654 ⁻⁰⁰⁵	120.192
Sis5	4,1802256 ⁻⁰⁰⁵	151.089
Sis6	3,1368317 ⁻⁰⁰⁵	53.240
Sis6b	7,777752 ⁻⁰⁰⁶	149.313
Sis7	3,8159978 ⁻⁰⁰⁵	39.425
Sis7b	1,9520208 ⁻⁰⁰⁵	55.566



**PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-
VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA
CAMPAGNA D'INDAGINI GEOFISICHE**

**RELAZIONE TECNICA : ESECUZIONE INDAGINI GEOFISICHE -
PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE**

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. Pag.
L371 00 D69 IG GE 0005 007 A 9 di 11

7. Analisi dei risultati

L'interpretazione con metodo tomografico ha previsto la suddivisione dello spazio bidimensionale in celle secondo una maglia quadrata di lato 1,25 m, attribuendo ad ognuna di queste celle un determinato valore di velocità. I valori crescenti di velocità sismica di ogni singola cella, sono stati rappresentati con una scala colorimetrica.

Per facilitare la lettura delle velocità sulle sezioni sono state disegnate le curve di isovelocità con equidistanza delle stesse pari a 200 m/s.

Infine per una migliore comprensione dei dati sono stati evidenziati all'interno delle sezioni sismiche, con soprassegno tratteggiato, dei limiti interpretativi relativi alla presenza di discontinuità sismostratigrafiche.

AREA BORGIO VEREZZI

(tavola 1/6 codifica: L371 00 D69 IG GE0005 001 A)

Profili sismici 1 e 2

I due profili sismici, con interdistanza geofonica di 2,5 metri, sono stati eseguiti ortogonalmente alla valle. Entrambi i profili presentano una porzione più superficiale, discontinua nel profilo n°1, caratterizzata da velocità inferiori a 600 m/s ed associabile alla coltre alluvionale maggiormente aerata; gli spessori di tale livello variano da 0 ad un massimo di 4 metri.

Al di sotto è presente uno strato intermedio il cui andamento segue quello della valle e presenta valori di velocità sismica compresi tra 600 e 1.900 m/s, tale strato è associabile al limo sabbioso ghiaioso, evidenziato nel sondaggio PNL371P01. Infine in corrispondenza della curva di isovelocità 1.900 m/s si può ipotizzare il tetto dei calcari e dolomie alterate e fratturate. Le velocità sismiche aumentano con l'aumentare della profondità a dimostrazione del fatto che il substrato tende ad essere più compatto e meno alterato; tale aumento di velocità, che si evidenzia approfondendosi, non si verifica in maniera omogenea, infatti sia nel profilo 1 in corrispondenza del p.s. 8 che nel profilo 2 in corrispondenza del p.s. 5 è presente un abbassamento di velocità probabilmente dovuto ad una discontinuità laterale.

AREA BORGHETTO 1

(tavola 2/6 codifica: L371 00 D69 IG GE0005 002 A)

Profilo sismico 3

Il profilo sismico, con interdistanza geofonica di 5 metri, è stato eseguito parallelamente all'asse del tracciato in progetto. L'interpretazione dei dati ha evidenziato una porzione più superficiale caratterizzata da velocità inferiori a 1.300 m/s ed associabile alle sabbie e ghiaie presenti; gli spessori di tale livello seguono sostanzialmente la morfologia per tutto



**PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-
VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA
CAMPAGNA D'INDAGINI GEOFISICHE**

**RELAZIONE TECNICA : ESECUZIONE INDAGINI GEOFISICHE -
PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	Pag.
L371	00	D69 IG	GE 0005 007	A	10 di 11

il profilo (profondità medie pari a circa 10 m) ad esclusione del tratto iniziale, in corrispondenza dei punti di scoppio 1-3, dove lo spessore aumenta notevolmente sino a raggiungere i 40 metri di profondità.

Al di sotto è presente uno strato intermedio il cui andamento segue il precedente che presenta valori di velocità sismica compresi tra 1.300 e 1.900 m/s, tale strato è associabile alle quarziti destrutturate particolarmente alterate (cappellaccio) descritte nel sondaggio PNL371B05. Infine in corrispondenza della curva di isovelocità 1.900 m/s si può ipotizzare il tetto delle quarziti ancora destrutturate che si presentano come ghiaie, ma evidentemente più addensate delle precedenti. Come già detto, in corrispondenza del p.s. 3 si può notare una variazione laterale evidente.

AREA BORGHETTO 2

(tavola 3/6 codifica: L371 00 D69 IG GE0005 003 A)

Profilo sismico 4

In quest'area l'andamento del sottosuolo è del tutto simile a quello dell'area precedente che si trova nelle vicinanze. L'andamento delle due principali discontinuità sismostratigrafiche seguono la morfologia dell'area e dividono gli stessi litotipi descritti precedentemente. Tali limiti, in considerazione anche dei sondaggi utilizzati come taratura, sono stati leggermente modificati ottenendo così la schematizzazione che segue:

Sabbie limose con velocità di 0 - 1.000 m/s

Quarziti relative al cappellaccio con velocità di 1.000 - 2.300 m/s

Quarziti con velocità maggiori di 2.300 m/s

Tale variazione, rispetto al profilo precedente, è probabilmente dovuta alle diverse caratteristiche di compattazione dei rispettivi litotipi presenti nel sottosuolo.

AREA ALBENGA 1

(tavola 4/6 codifica: L371 00 D69 IG GE0005 004 A)

Profilo sismico 5

Il profilo sismico, con interdistanza geofonica di 5 metri, è stato eseguito parallelamente all'asse del tracciato in progetto. L'interpretazione dei dati ha evidenziato una porzione più superficiale caratterizzata da velocità comprese tra 1.000 e 1.700 m/s nella parte più a SW e comprese tra 600 e 1.700 m/s a NE; in entrambi i casi questo primo livello, che presenta comunque al suo interno variazioni di litologia e compattazione, è associabile a terreni sabbioso e ghiaiosi con limi. Gli spessori di tale livello seguono sostanzialmente la morfologia per tutto il profilo (profondità di 10 - 20 m) ad esclusione del tratto iniziale, in corrispondenza dei punti di scoppio 17-13, dove lo spessore aumenta notevolmente sino a raggiungere e superare i 40 metri di profondità.

Al di sotto è presente il tetto dei conglomerati in corrispondenza della curva di isovelocità 1.700 m/s, conglomerati che in funzione della velocità possono essere più o meno cementati e compatti. Come già espresso in precedenza in corrispondenza del p.s. 13 si può notare una marcata variazione laterale.



**PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-
VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA
CAMPAGNA D'INDAGINI GEOFISICHE**

**RELAZIONE TECNICA : ESECUZIONE INDAGINI GEOFISICHE -
PROSPEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE**

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. Pag.
L371 00 D69 IG GE 0005 007 A 11 di 11

AREA ALBENGA 2

(tavola 5/6 codifica: L371 00 D69 IG GE0005 005 A)

Profili sismici 6 e 6B

I due profili sismici, con interdistanza geofonica di 5 metri, sono stati eseguiti lungo il tracciato in progetto. Entrambi i profili presentano un modello interpretativo comune anche se il profilo 6B, essendo più corto, ha permesso di investigare una porzione di terreno meno profonda. La principale discontinuità sismica evidenziata è stata posta in corrispondenza della curva di isovelocità 1.900 m/s e dovrebbe coincidere con il limite tra i materiali sciolti costituiti prevalentemente da sabbie e ghiaie con i calcescisti di base, anche in questo caso il substrato, per lo meno nella sua porzione più superficiale, appare alterato.

L'andamento del profilo 6 appare sostanzialmente regolare ad esclusione degli estremi del profilo, infatti all'inizio è presente un brusco innalzamento del substrato e nella parte finale è presente invece un graduale abbassamento dello stesso. Questo abbassamento è confermato anche dal risultato ottenuto dal profilo 6B che non evidenzia, per tutta la sua lunghezza, la presenza del substrato, anche se è da notare che la profondità d'indagine non è stata elevata.

AREA ANDORA

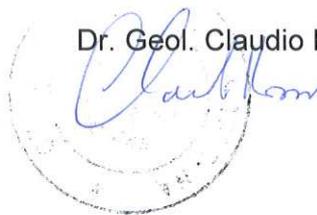
(tavola 6/6 codifica: L371 00 D69 IG GE0005 006 A)

Profili sismici 7 e 7B

I due profili sismici, con interdistanza geofonica di 5 metri, sono stati eseguiti sostanzialmente paralleli al tracciato in progetto. Entrambi i profili presentano un modello interpretativo comune. La principale discontinuità sismica evidenziata è stata posta in corrispondenza della curva di isovelocità 1.900 m/s e dovrebbe coincidere con il limite tra i materiali sciolti costituiti prevalentemente da ghiaie, sabbie e limi con il substrato calcareo, anche in questo caso la sua porzione più superficiale, appare alterata.

L'andamento dei profili 7 e 7B appaiono sostanzialmente regolari ad esclusione dell'inizio profilo, per entrambi, che presentano un brusco abbassamento del substrato probabilmente a causa di una discontinuità laterale ubicata parallelamente al Torrente Merula e coincidente con il sondaggio meccanico PNL371V25. Nella parte finale del profilo 7, in corrispondenza dei p.s. 16 e 17, è stato evidenziato un livello veloce superficiale che però potrebbe essere legato alla presenza della massicciata di protezione del torrente e non ad una variazione litologica.

Dr. Geol. Claudio Rossi



PROGETTO DEFINITIVO

**Report indagini geofisiche
campagne precedenti**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 IG	GE0000 002	A	

**APPENDICE 3
INDAGINI GEOFISICHE
- CAMPAGNA 2010 -**

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GEOLOGIA

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE
DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

PROSPEZIONI GEOFISICHE

RELAZIONE TECNICA

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

L 3 7 1 0 0 D 6 9 I G G E 0 0 0 5 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE DEFINITVA	PROGEO	Luglio 2010	ROMANO		BRUZZONE		MARCHESE

File:

n. Elab.:

INDICE

1	INDICAZIONI GENERALI.....	3
2	ELABORATI CARTOGRAFICI	11
3	PROSPEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE.....	12
3.1	MODALITA' OPERATIVE	12
3.2	ELABORAZIONE DATI.....	16
3.3	MODALITA' DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI.....	17
4	PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA.....	20
4.1	MODALITA' OPERATIVE	20
4.2	ELABORAZIONE DATI.....	22
5	RISULTANZE.....	26
5.1	GALLERIA CAPRAZOPPA	27
5.2	GALLERIA MONTEGROSSO	28
5.3	GALLERIA CASTELLARI	30
5.4	GALLERIA CROCE.....	30
5.5	GALLERIA ALASSIO.....	32



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONE GEOFISICA: RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L371	00	D69	IG GE0005 001	A	3 di 33

Rete Ferroviaria Italiana

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N°443/01

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONI GEOFISICHE

1 INDICAZIONI GENERALI

A seguito dell'incarico (contratto A.Q. n° 200000635 del 16/03/2009), la Progeo S.r.l. di Forlì ha eseguito, con attivazione in data 10/5/2010, nel periodo Maggio-Giugno 2010 una campagna di indagini geofisiche a riflessione in un tratto della Galleria Caprazoppa in comune di Borgio Verezzi oltre ad alcuni stendimenti sismici a rifrazione tomografica in corrispondenza di imbocchi a bassa copertura per le Gallerie Montegrosso e Castellari in comune di Pietra Ligure, Croce nei comuni di Borghetto S. Spirito, Ceriale e Albenga e Alassio nei comuni di Albenga e Alassio per la progettazione definitiva del Raddoppio della Tratta Andora – Finale Ligure sulla Linea Genova - Ventimiglia.

Il progetto geognostico ha previsto i seguenti punti principali d'indagine:

- indagini sismiche tomografiche ad onde di compressione, di dettaglio per una valutazione ottimale delle caratteristiche di consistenza, grado di fratturazione e deformabilità dell'ammasso, nei previsti settori di imbocco ovest (lato Andora) e/o est (lato Finale Ligure) delle Gallerie Montegrosso, Castellari, Croce e Alassio;
- indagini sismiche a riflessione ad alta risoluzione per la ricerca di migliori informazioni su discontinuità tettoniche e fenomeni carsici nella metà occidentale (lato Andora) della Galleria Caprazoppa.

Settori d'imbocco

Lo studio sismico dei settori di imbocco ovest e/o est delle varie gallerie è stato realizzato allo scopo di verificare la profondità e la qualità del materiale lapideo.

In queste zone, pur necessariamente ristrette per un'indagine più estesa e completa ma sufficientemente ampie per un'indagine tomografica di dettaglio nei tratti a più bassa copertura d'ammasso, è stata eseguita anche una valutazione areale mediante stendimenti sismici trasversali rispetto al tracciato previsto allo scopo di ottenere un rilievo delle possibili variazioni laterali della potenza della copertura detritica sia del quadro tettonico locale e deformativo del lapideo in funzione della determinazione dei parametri geotecnici per la progettazione dell'imbocco.

Galleria Caprazoppa (problematiche idrogeologiche e progettuali)

La necessità di uno studio approfondito di un tratto dell'area di questa galleria si è determinata in particolare per una valutazione dello stato di fratturazione dell'ammasso e lo studio sismico profondo ha permesso di ottenere un quadro di informazioni coerenti sullo stato fessurativo dell'ammasso entro cui si svilupperà il cavo di galleria localizzando sia i principali settori cataclastici e di fagliazione sia i settori con maggiori potenzialità carsiche.

I due aspetti sono decisamente collegati sia per il condizionamento dei regimi di flusso sotterraneo in settori a carsismo evoluto e lineamenti di faglie sia nell'aspetto necessariamente costruttivo collegato alla valutazione delle caratteristiche elastico-deformative dei materiali parzialmente anche in ambienti carsici.

Problematica idrogeologica

E' noto che l'ammasso entro il quale è previsto il cavo di galleria è caratterizzato da un sistema di fagliazione primaria importante, con elementi subparalleli al tracciato e sub perpendicolari, oltre ad un sistema carsico significativo adiacente il tracciato (Grotte di Borgo Verezzi) e che molto probabilmente si estende anche nella zona in esame.

Problematica progettuale

Una progettazione adeguata di galleria deve poter utilizzare tutte le informazioni utili alla definizione delle caratteristiche elastico-deformative dell'ammasso allo scopo di valutare gli interventi previsionali a protezione e costruzione del cavo.

E' evidente che i rilievi geologici effettuati sulla tettonica locale e sul carsismo, sia diffuso che evoluto, presentano un quadro i cui punti salienti della ricerca possono sintetizzarsi nella localizzazione delle faglie e nella loro vergenza, nella valutazione degli spessori delle fasce cataclastiche, sia per progettare adeguate opere di consolidamento sia per prevedere opere di impermeabilizzazione del cavo.

Il programma di indagine geofisica concordato con la Committenza è stato quindi relativamente complesso nel suo sviluppo operativo in quanto ha necessariamente tenuto in considerazione il fatto che si è andati ad operare a scala grande viste le profondità prevalenti della galleria, tuttavia con l'esigenza anche di una risoluzione adeguata a "cogliere" anomalie d'ammasso anche di limitata entità in modo da consentire di ottenere un quadro organico di informazioni adeguato alla progettazione per rilevare e localizzare quegli elementi (faglie, fasci cataclastici e relativi spessori, evidenze di carsismo diffuso e/o evoluto) direttamente collegati sia alle possibili problematiche costruttive (ad es. fornelli per carsismo) sia alla idrogeologia (ad es. protezione falde e drenaggi pozzi).

Qui di seguito si riportano le lunghezze delle linee sismiche realizzate in campagna suddivise per aree di intervento (da nord-est –lato Finale Ligure- verso sud-ovest –lato Andora-); sono stati effettuati complessivamente **1795 m di prospezione sismica a riflessione ad alta risoluzione (h.r.) e 1778 m di prospezione sismica a rifrazione con elaborazione tomografica**. La spaziatura geofonica è sempre stata di 5 m.

Galleria Caprazoppa (riflessione h.r.):

L20 – 1795 m (tratto centrale da imbocco lato Andora).

Galleria Montegrosso (rifrazione tomografica imbocchi):

L10 – 150 m (longitudinale imbocco lato Finale Ligure);

L11 – 115 m (trasversale imbocco lato Finale Ligure);

L7 – 150 m (longitudinale imbocco lato Andora);

L8 – 115 m (trasversale imbocco lato Andora);

L9 – 80 m (trasversale imbocco lato Andora).



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONE GEOFISICA: RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L371	00	D69	IG GE0005 001	A	6 di 33

Galleria Castellari (rifrazione tomografica imbocchi):

L12 – 110 m (longitudinale imbocco lato Finale Ligure);

L13 – 115 m (trasversale imbocco lato Finale Ligure).

Galleria Croce (rifrazione tomografica imbocchi):

L5 – 62.5 m (longitudinale imbocco lato Finale Ligure);

L6 – 55.5 m (trasversale imbocco lato Finale Ligure);

L3 – 235 m (longitudinale imbocco lato Andora);

L4 – 115 m (trasversale imbocco lato Andora).

Galleria Alassio (rifrazione tomografica imbocchi):

L1 – 140 m (longitudinale imbocco lato Finale Ligure);

L2 – 115 m (trasversale imbocco lato Finale Ligure);

L14 – 115 m (longitudinale imbocco lato Andora);

L15 – 105 m (trasversale imbocco lato Andora).

Trattandosi di settori anche molto distanti tra loro (vari km), per individuare complessivamente le aree di indagine qui di seguito si riporta uno stralcio corografico stradale in scala 1:200.000 con indicazione dei settori d'indagine (rettangolo rosso) e con denominazione delle linee sismiche effettuate.





PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONE GEOFISICA: RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L371	00	D69	IG GE0005 001	A	8 di 33

Vengono qui di seguito sintetizzate le specifiche tecniche fondamentali (www.progeo.info/Strumentazione.htm) utilizzate per le indagini realizzate (dati topografici con GPS Topcon ed elaborazione sezioni con SURFER 9 -Golden Software-).

Sismica a riflessione ad alta risoluzione (h.r.):

Spaziatura sensori	5 m
N° sensori acquisiti per shot	48
Copertura sismica	24%
Posizione shot	su ogni stazione
Energizzazione	Energizzatori leggeri per inaccessibilità dei mezzi
Sismografi	Rete di Geometrics Geode
Processing	S.P.W. (Seismic Processing Workshop della Parallel Geoscience).

Sismica a rifrazione tomografica di dettaglio agli imbocchi:

Spaziatura sensori	5 m
Posizione shot	ogni 4-5 stazioni
N° max sensori per shot	in funzione della lunghezza delle sezioni (max 48)
Energizzatore	Energizzatori leggeri per i settori di inaccessibilità dei mezzi
Sismografi	Rete locale di Geometrics Geode
Processing	S.R.A. (Seismic Refraction Analysis della Progeo srl).

SISMOMETRO PER ACQUISIZIONE DATI

Modello: GEOMETRICS ES-3000 GEODE



December 6, 2001

San Jose, California, USA



EC DECLARATION OF CONFORMITY

We, Geometrics, Inc.
Geometrics Europe
2190 Fortune Dr.
San Jose, CA 95131 USA
Ph: (408) 954-0522
FAX: (408) 954-0902

Declare under our sole responsibility that our seismograph StrataVisor models NZC, NZII/0, NZII/8 through NZII/64, ES-3000, and Geode models to which this declaration relates are in conformity with the following standards as these units operate from batteries under 15VDC:

EN 55011: 1998, A1:1999, EN50082-2: 1995, ENV 50140: 1994, ENV 50141: 1994,
EN 61000-4-2 : 1995, EN 61000-4-4 : 1995

per the provisions of the **Electromagnetic Compatibility Directive 89/336/EEC** of May 1989 as Amended by **92/31/EEC** of 28 April 1992 and **93/68-EEC, Article 5** of 22 July 1993.

The authorized representative located within the Community is:

Geometrics Europe
Christopher Leech
Manor Farm Cottage
Galley Lane
Great Brickhill
Bucks.MK17 9AB, U.K.
ph: +44 1525 261874
FAX: +44 1525 261867



Mark Prouty, President,
San Jose, CA, USA



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONE GEOFISICA: RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L371	00	D69	IG GE0005 001	A	10 di 33

SPECIFICHE TECNICHE SISMOGRAFO

Sample Interval: 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 ms.

Maximum Record Length: 4,096 samples per channel standard.

Pre-trigger Data: Up to 4,096 Samples.

Delay: 0 to 9999 ms in 1 sample interval steps.

Data Transmission: Uses reliable Ethernet connections and requires no custom transmission software. Interfaces directly with network capabilities of Windows 98/NT/2K/XP.

Auxiliary Channels: All ES-3000 channels can be programmed as either AUX or DATA. Fixed data and aux channels available in StrataVisor NZ.

Data Formats: SEG-2 standard.

System Software:

ES-3000 Operating Software (ESOS): Includes full compliment of acquisition, display, plotting, filtering and storage features.

Data Storage: Stores data locally on laptop hard drive for transfer to portable media².

Plotters: Drives a variety of NT compatible printers including Printrex 4, 8 and 12 inch plotters. Consult factory.

Triggering: Positive, negative or contact closure, software adjustable threshold.

Power: Requires 12V external battery. Uses 0.65W/channel during acquisition, sleep mode reduces power consumption by 70% while in standby.

Environmental: ES-3000:-30 to 70 degrees C. Waterproof and submersible. Withstands a 1 m drop onto concrete on 6 sides and 8 corners.

Physical: ES-3000: 12.2"L x 9 3/4"W x 7"D (31cmL x 24.75cmW x 17.75cm), weighs 3.5 kg.

Operating System: Windows 98/NT/XP/2000.

2 ELABORATI CARTOGRAFICI

In allegato alla presente relazione tecnica (progr. 001) sono riportati i seguenti elaborati cartografici:

- progr. 002 planimetria generale indagini geofisiche dei settori indagati lungo la tratta;
- progr. 003 planimetrie sezioni sismiche tomografiche L1 > L 15 (Gallerie Montegrosso, Castellari, Croce e Alassio);
- progr. 004 planimetria della sezione sismica a riflessione L 20 (Galleria Caprazoppa);
- progr. 005 sezione imbocco sud Galleria Caprazoppa – sezione sismica a riflessione L20;
- progr. 006 sezioni imbocco nord Galleria Alassio – sezioni sismiche tomografiche L1-L2.
- progr. 007 sezioni Galleria Croce tratta km 81+774 – 81+997– sezioni sismiche tomografiche L3-L4 ;
- progr. 008 sezioni imbocco nord Galleria Croce – sezioni sismiche tomografiche L5-L6 ;
- progr. 009 sezioni imbocco sud Galleria Montegrosso – sezioni sismiche tomografiche L7-L8-L9;
- progr. 010 sezioni imbocco nord Galleria Montegrosso – sezioni sismiche tomografiche L10-L11;
- progr. 011 sezioni imbocco nord Galleria Castellari – sezioni sismiche tomografiche L12-L13;
- progr. 012 sezioni imbocco sud Galleria Alassio – sezioni sismiche tomografiche L14-L15.

3 PROSPEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE

3.1 MODALITA' OPERATIVE

3.1.1. Generalità

La tecnica sismica di riflessione è il metodo geofisico più largamente impiegato soprattutto nella ricerca di strutture geologiche e tettoniche, in particolare profonde.

La sua principale applicazione è nel campo dell'esplorazione petrolifera; i grandi mezzi che vengono dedicati a questo problema hanno consentito un affinamento estremo delle tecniche tanto di acquisizione che di elaborazione dei dati.

Essa determina con notevole dettaglio la profondità e la pendenza delle discontinuità geologiche; inoltre è l'unico metodo che permette di ottenere con la stessa precisione gli andamenti di stratificazione sovrapposte a profondità molto diversa e in numero molto grande.

Tra gli anni '70 e '80, la riflessione sismica applicata all'ingegneria, ad indagini ambientali ed all'idrogeologia ha avuto un notevole incremento; questo sia grazie all'avvento di sensori (geofoni) ad alta frequenza e dei sismografi digitali per rilievi ad alta risoluzione, sia alla possibilità di utilizzare sorgenti di energia sismica ad alta frequenza in alternativa agli esplosivi.

La tecnica di prospezione più comune presuppone il cosiddetto rilievo continuo: gli orizzonti riflettenti vengono seguiti cioè in modo continuo lungo il profilo mediante stendimenti simmetrici (split spread) o asimmetrici (end on) rispetto al punto di energizzazione.

Il risultato di un profilo sismico dipende in gran parte dai parametri utilizzati nel corso dell'acquisizione dati, parametri che vengono scelti dopo aver realizzato il cosiddetto profilo walkaway.

Si tratta di un espediente di campagna per saggiare le caratteristiche dell'obiettivo scopo della ricerca e scegliere la migliore configurazione dei parametri di acquisizione; allo scopo viene utilizzato uno stendimento di dimensioni limitate che viene lasciato fisso in una certa posizione, allontanando progressivamente il punto di scoppio lungo il profilo prescelto, ovvero eseguendo una serie di energizzazioni con differenti distanze sorgente-geofoni.

I parametri da definire in questa procedura sono i seguenti:

1. lunghezza della registrazione (record length) e intervallo di campionamento (sample rate);
2. massima distanza tra sorgente e geofono (maximum offset);
3. minima distanza tra sorgente e geofono (minimum offset);
4. distanza tra le stazioni geofoniche;
5. tipo di stendimento (è stato utilizzato uno stendimento tipo "end on", ovvero asimmetrico – all'estremo- rispetto a ciascun punto di shot effettuato all'interno della sezione e a lato di ogni geofono, con registrazione su 48 canali dello stendimento stesso);

6. controllo automatico di guadagno (AGC OFF);
7. filtri digitali (Notch ON).

Per i punti 2) e 3), la distanza tra sorgente e geofono è stata scelta in campagna in funzione di varie prove di registrazione effettuate allo scopo di attenuare il più possibile il ground roll (onde superficiali).

In via del tutto teorica, si può considerare il maximum offset all'incirca uguale alla profondità del riflettore che si vuole evidenziare; il minimum offset dovrebbe essere il più piccolo possibile (al fine di registrare anche i primi arrivi delle onde rifratte, indispensabili per le correzioni statiche), compatibilmente con l'esigenza di evitare sia la saturazione del segnale ai geofoni, sia la registrazione di disturbi che, in prossimità della sorgente, hanno un'ampiezza tale da obliterare completamente la riflessione.

Un altro punto fondamentale è la scelta della distanza intergeofonica, che è funzione del maximum offset, del minimum offset, del numero di canali disponibili e della risoluzione richiesta.

Una riflessione si verifica sempre in presenza di altri segnali sismici o "rumori" che possono interferire con essa o addirittura oscurarla; da qui la necessità di migliorare il più possibile il rapporto Signal/Noise (S/N) con vari espedienti.

Una delle tecniche più diffuse è quella di operare con la cosiddetta "copertura CDP" (Common Depth Point), ovvero riunire i dati provenienti dallo stesso punto sulla superficie riflettente, apportare le dovute correzioni in tempi legate alla determinazione della velocità media al di sopra del riflettore (percorsi diversi dell'onda riflessa legati a differenti distanze sorgente-geofono) e quindi sommare le tracce in questione (stacking) rafforzando il segnale riflesso.

Con tale metodo, registrando cioè più segnali riflessi da uno stesso punto riflettente (copertura multipla) che abbiano seguito percorsi diversi, è evidente che gli impulsi che giungono in fase (segnali) si sommano, e quelli non in fase (disturbi vari) si attenuano.

Le coperture multiple più usate vanno dal 600% al 1200% ordine in funzione del dettaglio e del miglioramento del segnale che si vuole ottenere; negli stendimenti effettuati è stata usata una copertura ordinaria (subsurface coverage) del **2400%** questo in previsione di segnale a bassa impedenza cioè derivato da materiali a contrasto di velocità e densità (impedenza) molto basso e quindi con indici di riflessione estremamente ridotti¹.

¹ Impedenza

$$Z = \rho \cdot V_p$$

Coefficiente di Riflessione

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

(con Z_1 e Z_2 si intendono i valori di impedenza relativi a strati sovrapposti)



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONE GEOFISICA: RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L371	00	D69	IG GE0005 001	A	14 di 33

3.1.2. Sorgente di energia

In funzione della generale inaccessibilità ai luoghi di mezzi operativi più grandi ed in mancanza di rilascio di permessi di esplosivo in tempi rapidi da parte delle autorità locali, si sono utilizzati, dopo aver rilevato sul sito il buon esito alternativo, energizzatori leggeri ad impatto.

3.1.3. Apparato di ricezione

Sono stati utilizzati geofoni da 40 Hz con asse strumentale verticale per ricezione onde P posizionati ad intervalli regolari (5 m) in funzione del dettaglio e dell'obbiettivo richiesto, collegati tra loro da cavo elettrico e a loro volta, tramite connettori a morsetto, al cavo elettrico dell'allineamento sismico collegato al sismografo.

Inoltre è stato usato un geofono (geofono del time break o hammer switch) applicato nelle estreme vicinanze dell'apparato energizzatore, il quale costituisce il dispositivo di trigger per l'inizio della registrazione; tale segnale viene trasmesso tramite impulsi radio al sismografo.

3.1.4. Operazioni di campagna

Le energizzazioni sono state effettuate immediatamente a lato dei geofoni lungo la sezione, in modo da avere a disposizione una quantità di dati tale da coprire con la giusta geometria dei raggi e in maniera omogenea l'intera sezione sismica in tutti i settori e fino alle profondità adeguate senza lasciare tratti scoperti o disomogenei.

Eseguito il posizionamento dei geofoni sul terreno, collegato ciascuno di essi tramite morsetti bipolari al cavo elettrico e quest'ultimo al sismografo, verificati i segnali via radio tra apparato di energizzazione e di ricezione, sono stati realizzati su ogni sezione alcuni shot di prova allo scopo di tarare i parametri di acquisizione dello strumento di registrazione dati.

Effettuata la taratura della strumentazione si è proceduto alla prospezione sismica a riflessione in modo tale che dopo ogni energizzazione su ciascun punto d'impatto prestabilito, si fosse acquisito e registrato il segnale sul p.c. collegato al sismografo per la successiva elaborazione da effettuarsi in sede.

La sezione sismica a riflessione è stata perciò esplorata secondo un modulo prestabilito di energizzazioni e disposizioni di geofoni per consentire il dettaglio richiesto dall'indagine.

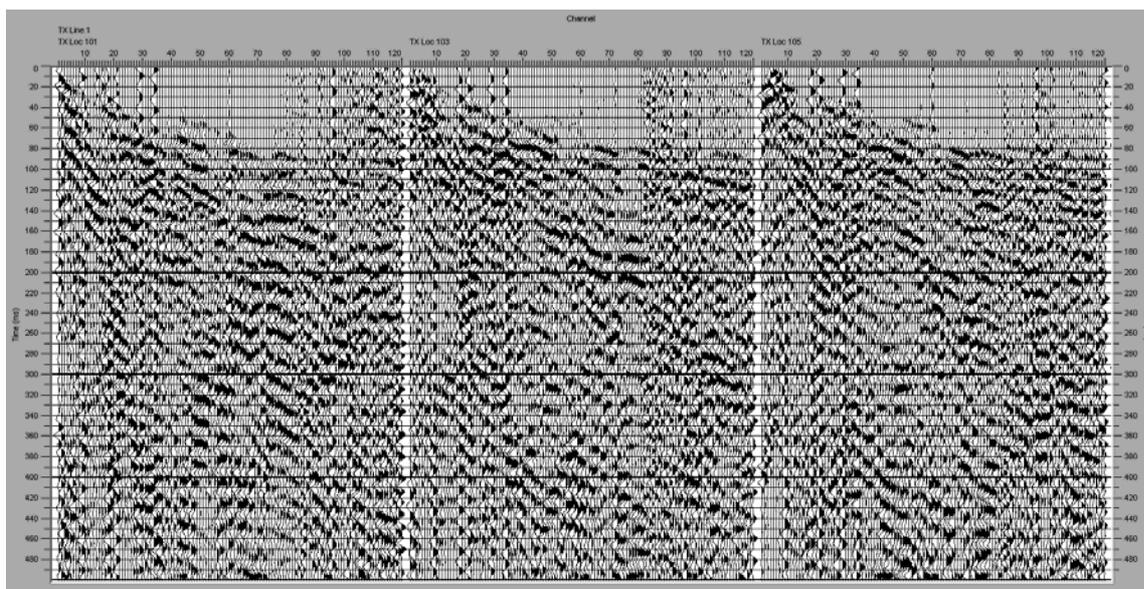
3.1.5. Acquisizione dati

Gli impulsi sismici ricevuti dai geofoni posizionati sulla superficie topografica sono stati acquisiti utilizzando **apparecchiature elettroniche EG&G Geometrics Geode** a 24 canali collegate in serie per registrazione simultanea dei dati e ulteriormente collegate in uscita ad un selettore di canali (Rollalong della I/O a 96 uscite) che consente, avendo a disposizione un numero sufficiente di geofoni, di spostare simultaneamente i canali attivi (geofoni collegati al registratore) col procedere degli impatti lungo l'allineamento sismico senza doversi spostare continuamente con l'apparato registratore e quindi con notevole guadagno in tempi esecutivi di campagna.

I dati acquisiti, dopo amplificazione, conversione analogico/digitale e filtraggio, sono stati registrati nel supporto magnetico (computer) di cui è dotato il registratore di campagna.

Il sismografo utilizzato è dotato di un convertitore A/D a 14+1 bit, preceduto da un amplificatore a virgola mobile istantanea (IFP) che permette di ottenere un range dinamico di 18+1 bit (114 dB).

D'altra parte, per la riflessione è essenziale considerare il "range dinamico istantaneo" (ovvero il rapporto in Db tra il segnale più grande e quello più piccolo che possono essere registrati contemporaneamente), proprio perché spesso si cerca di estrarre un segnale molto piccolo e ad alta frequenza (riflessione) da un segnale molto grande dominato generalmente dal ground roll (onde superficiali di disturbo).



Esempio di n° 3 records sismici a riflessione

3.2 ELABORAZIONE DATI

L'elaborazione computerizzata, con impiego del software di elaborazione **S.P.W.** (Seismic Processing Workshop) della Parallel Geoscience Corporation (U.S.A.), di cui si è licenziatari, per le operazioni di post stack dei dati di sismica a riflessione, si è articolata fundamentalmente in quattro punti successivi:

- 1) "editing" e "sorting";
- 2) correzioni statiche;
- 3) correzioni dinamiche (o geometriche);
- 4) operatori di filtraggio.

1) I file salvati su dischetto dal sismografo sono in formato demultiplexato (SEG Y), ovvero presentano, una dopo l'altra, le tracce relative ai successivi canali.

Dal momento che tracce molto rumorose possono degradare i dati, queste tracce possono essere fisicamente eliminate nella fase di editing, in maniera totale o parziale (in quest'ultimo caso si parlerà di "muting", che consiste nel portare a zero il segnale in una certa porzione della traccia; il muting viene usato per eliminare air blast, rifrazioni o ground roll).

Il passo successivo per realizzare lo stacking CDP (ovvero la somma in fase delle tracce) è quello del "sorting", che consiste nel riunire le tracce contenenti le riflessioni provenienti da uno stesso punto del riflettore (Common Depth Point) in gruppi, che prendono il nome di "CDP gather" o gruppi CDP.

2) Si procede quindi con le correzioni statiche, ovvero quelle correzioni che implicano uno slittamento lungo la scala dei tempi dell'intera traccia sismica.

Un tipo di correzione statica è la cosiddetta "datum static", usata per compensare il fatto che i geofoni si possono trovare a quote diverse l'uno dall'altro; l'altra correzione statica è la "weathering correction" usata per compensare le differenze di velocità di propagazione delle onde sismiche negli strati più superficiali.

Entrambe queste correzioni vengono fatte sia per il punto di scoppio che per i ricevitori.

3) La correzione più laboriosa è invece la correzione dinamica o NMO (Normal Move Out correction), usata per compensare la diversa lunghezza dei percorsi delle onde riflesse dovuta semplicemente ad una diversa distanza tra punto di scoppio e geofoni.

In questo modo la riflessione osservata nella scala dei tempi viene correlata ad un orizzonte particolare e resa indipendente dall'offset dei geofoni.

Solo dopo questa correzione le tracce CDP possono essere sommate tra loro per enfatizzare le riflessioni.

4) Infine, con il termine di filtraggio si definiscono tutte quelle operazioni che possono influenzare la frequenza, la fase e l'ampiezza della traccia sismica, prima o dopo lo stacking CDP (filtraggio in frequenza, compensazione di fase, deconvoluzione).

3.3 MODALITA' DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

Per l'allineamento sismico a riflessione è presentato qui di seguito un elenco nel quale sono riportati i principali parametri di acquisizione e processing:

a) dati di registrazione:

- | | |
|-----------------------------------|---|
| - datum plane/static information, | variabile per sezione in m slm/floating value |
| - instruments, | Geode (EG&G Geometrics) |
| - source, | ad impatto |
| - seismometer array, | geofoni Sensor da 40 Hz per stazione |
| - spread configuration; | end on (shot su ogni geofono della base) |

b) fasi di processing:

- demultiplex,
- preprocessor,
- a.g.c.,
- f.k. filter,
- d.b.s.,
- preliminary velocity analysis,
- surface consistent residual statics,
- final velocity analysis,
- n.m.o., statics, mute application,
- stack,
- fx deconvolution,
- bandpass filter,

- playback,
- scales.

Nell'allegato dove è riportata la sezione sismica a riflessione sono presenti, nella porzione superiore, la sismosezione in tempi, ed inferiormente a queste la sezione sismica convertita in profondità (depth conversion) ed interpretata.

1) Sismosezione in tempi

In questa rappresentazione sono riportate le risultanze del processing; la numerazione riprodotta sopra la sismosezione stessa corrisponde alle stazioni ciascuna delle quali corrisponde ad uno shot (energizzazione) realizzato. La spaziatura di questi è 5 m.

Su questa tavola sono riportate le tracce della sezione sismica per ogni CDP (Common depth point).

2) Sezione sismica (depth conversion) e interpretazione

L'analisi degli arrivi riflessi è stata riprodotta alla stessa scala della sismosezione in tempi ma con rapporto distanze/profondità di 1/1 sulla base delle velocità di normal moveout.

Sul profilo topografico è riportata la numerazione (ogni due sensori) dei geofoni dell'allineamento sismico mentre alla base della sezione è indicata la proiezione in metri sull'orizzontale dello stendimento e sono altresì riportate progressive chilometriche di progetto.

Il profilo del tunnel previsto è riportato sulla sezione con linea grassetto rossa.

Tramite analisi della Amplificazione Istantanea si ricavano informazioni che fanno riferimento a tratti ove l'intensità del segnale riflesso (reflectivity strenght) è particolarmente ridotta e funzione principalmente di assorbimento per fratturazione; tale elaborazione fornisce quindi un'ulteriore indicazione per la localizzazione di faglie e di settori di ammasso a maggior fratturazione oppure di settori con maggior probabilità di presenza di fenomenologie carsiche (sterilità di risposta).

Sulla sismosezione sismica in tempi sono riportati alcuni dei principali orizzonti riflettenti definiti sulla base di un significativo fattore di coerenza laterale il quale è ricavato comparando sequenze conseguenti di picchi presenti nelle tracce sismiche (CDP) ed accoppiati da valori similari sia in ampiezza sia in frequenza.

Tale comparazione risulta importante, soprattutto a livello interpretativo, in quanto tanto più elevato risulta il fattore di coerenza tanto più certo e definito si presenta il riflettore.



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONE GEOFISICA: RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L371	00	D69	IG GE0005 001	A	19 di 33

La non continuità laterale di questi eventi riflettenti, ed in particolare la traslazione lungo l'asse dei tempi, viene generalmente interpretata come attenuazione del segnale riflesso sull'orizzonte oppure presenza di pinch out o faglia se netta e ben definita.

L'aspetto interpretativo è consistito nella attribuzione dei pattern di riflessione a specifiche individualità geologico-strutturali.

E' riportato un contatto formazionale (in blu) sulla base di taratura col sondaggio D1 effettuato in zona e, in tratteggio viola, alcuni dei principali riflettori così come appaiono dall'andamento dei pattern di riflessione a maggiore coerenza laterale; sono inoltre riportate le tracce di discontinuità tettoniche (faglie in tratto continuo rosso) che interrompono in maniera significativa la continuità dei riflettori e sono anche segnalate possibili evidenze di cavità carsiche (con cerchio rosso) con l'intento di fornire una interpretazione geologico-strutturale alla sezione.



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONE GEOFISICA: RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L371	00	D69	IG GE0005 001	A	20 di 33

4 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA

4.1 MODALITA' OPERATIVE

4.1.1. Generalità

La tecnica di prospezione sismica a rifrazione prevede la misura dei tempi di propagazione delle onde di compressione (P) e/o di taglio (S) tra il punto di energizzazione in superficie (shot) e vari punti di ricezione (geofoni) disposti sulla superficie topografica.

L'analisi della velocità di propagazione delle onde elastiche nel sottosuolo, longitudinali (V_p) e/o trasversali (V_s), ottenuta conoscendo la distanza shot-ricevitore ed il relativo tempo di arrivo dell'impulso sismico (velocità=spazio/tempo), consente di rilevare in sintesi le proprietà fisiche e meccaniche dei terreni, poiché i valori di V_p e/o V_s sono proporzionali al grado di compattezza dei mezzi percorsi.

L'elaborazione dei dati e le relative rappresentazioni cartografiche sono state effettuate secondo le disposizioni della Committenza, tramite tecnica analitica tomografica.

L'analisi tomografica, nella quale cioè il sottosuolo della sezione sismica viene suddiviso in minime celle analitiche, ha consentito rispetto ad analisi standard per rifrattori (ad esempio G.R.M., Generalized Reciprocal Method -Palmer 1980-) un'elaborazione più di dettaglio in termini di velocità particellari dell'intero ammasso, permettendo di distinguere mediante rappresentazioni a countour line di isovelocità anche interni minimi con caratteristiche differenziate per variazioni di consistenza, grado di alterazione, petrografia, granulometria o addensamento.

Quindi, le prospezioni geosismiche a rifrazione, specialmente quelle con tecnica tomografica, mediante la delineazione particolareggiata di aree di discontinuità fisica possono validamente contribuire alla definizione dello stato di resistenza del materiale, ad ampie correlazioni stratigrafico-geomeccaniche ed a significative ricostruzioni geomorfologiche.

Riguardo inoltre alla correlazione con i contatti litostratigrafici individuati nei sondaggi geomeccanici, l'identificazione dei livelli o settori rilevati dalla prospezione geosismica con tecnica tomografica dipende dal grado di effettiva omogeneità dello spessore litostratigrafico.

Cioè molto spesso interferiscono, con effetti opposti, fenomeni di cementazione o di disaddensamento al tetto e/o al letto dello strato geologico, i quali causano rispettivamente un innalzamento e un abbassamento dei valori particellari di velocità sismica per cui non necessariamente devono coincidere livelli di discontinuità fisica e semplici delimitazioni geologiche.

Anzi la prospezione geosismica a rifrazione, specialmente quella con tecnica tomografica grazie al suo estremo dettaglio analitico, può mettere in luce importanti effetti di anisotropia laterale anche entro uno stesso livello litostratigrafico indicati da significative variazioni verticolaterali dei valori di velocità di propagazione delle onde elastiche che evidenziano stati particolari di degradazione non sempre



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONE GEOFISICA: RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L371	00	D69	IG GE0005 001	A	21 di 33

individuabili direttamente dalle analisi litologiche e geotecniche relative ai limitati prelievi nei punti di perforazione.

Per l'insieme delle osservazioni sopra esposte, l'elaborazione dei diversi risultati ottenuti mediante un accurato rilievo di sismica a rifrazione, può rispondere validamente ad esigenze di sintesi analitica e geognostica secondo convenienti criteri di praticità.

4.1.2. Sorgente di energia

In funzione delle limitate accessibilità dei siti sono stati usati in alternativa o il generatore di energia sismica denominato "Buffalo Gun" (consistente in un cilindro metallico dotato di alloggiamento cartuccia di tipo industriale calibro 8, di percussore ad una estremità e di supporto a vite dal lato opposto, il quale, dopo essere stato avvitato al terreno e armato, produce l'impulso sismico necessario tramite lo scoppio della cartuccia) o il generatore definito "Hammer Blow" rappresentato da un maglio di 10 kg usato da un operatore e lasciato cadere con forza da circa 2 m su una piastra d'acciaio.

4.1.3. Apparato di ricezione

Sono stati utilizzati geofoni da 40 Hz con asse strumentale verticale per ricezione onde P posizionati sul terreno in funzione del dettaglio richiesto (5 m) collegati tra loro da cavo elettrico e tramite questo al sistema di registrazione.

Inoltre è stato usato un geofono (geofono del time break o hammer switch) applicato nelle estreme vicinanze dell'apparato energizzatore, il quale costituisce il dispositivo di trigger per l'inizio della registrazione; tale segnale viene trasmesso tramite impulsi radio al sismografo.

4.1.4. Operazioni di campagna

Le operazioni di campagna per consentire l'elaborazione tomografica più di dettaglio sono analoghe a quelle di sismica standard con elaborazione per rifrattori anche se, per i rilievi di sismica tomografica, il numero di registrazioni che vengono realizzate è assai superiore (anche più del doppio) per consentire di avere a disposizione una quantità di dati tale da coprire con la giusta geometria dei raggi e in maniera omogenea l'intera sezione sismica in tutti i settori e fino alle profondità adeguate senza lasciare tratti scoperti o disomogenei.

Eseguito il posizionamento dei geofoni sul terreno, collegati questi tramite morsetti bipolari al cavo elettrico e quest'ultimo al sistema di registrazione, verificati i segnali via radio tra apparato di energizzazione e di ricezione, sono stati realizzati alcuni shot di prova allo scopo di tarare i parametri di acquisizione dello strumento di registrazione dati.



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONE GEOFISICA: RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L371	00	D69	IG GE0005 001	A	22 di 33

Effettuata la taratura della strumentazione si è proceduto alla prospezione sismica a rifrazione in modo tale che dopo ogni energizzazione (o somma di energizzazioni) su ciascun punto d'impatto prestabilito, si fosse acquisito e registrato il segnale sull'hard disk del p.c. collegato al sismografo per la successiva elaborazione da effettuarsi in sede.

4.1.5. Acquisizione dati

Gli impulsi sismici ricevuti dai geofoni posizionati sulla superficie topografica sono stati acquisiti utilizzando apparecchiature elettroniche EG&G Geometrics Geode a 24 canali di registrazione collegate in serie in modo che, avendo a disposizione un numero sufficiente di canali attivi per tutti i geofoni collegati, si può procedere con gli impatti lungo l'allineamento sismico senza dover effettuare altri collegamenti e registrazioni parziali durante la fase di acquisizione dati e quindi con notevole guadagno in tempi esecutivi di campagna.

I dati acquisiti, dopo amplificazione, conversione analogico/digitale e filtraggio, sono stati registrati nel supporto magnetico (computer) al quale sono collegati in serie i Geodi utilizzati.

4.2 ELABORAZIONE DATI

4.2.1. Elaborazione sismogrammi (preprocessing)

Traduzione tracce sismiche

La prima operazione che è stata eseguita in sede, una volta terminata la fase di acquisizione dati in campagna, è stata quella di tradurre i file di dati (un file ogni punto di energizzazione).

Questa fase di preprocessing permette di convertire il formato con cui i dati sismici sono registrati dal sismografo EG&G GEOMETRICS GEODE in quello del programma elaborativo (**SeisView**[®]).

Analisi dei first break peak (F.B.P.)

Di seguito è stata fatta all'elaboratore col programma **Seisview**[®] la ricerca su ciascuna traccia di ogni sismogramma del primo arrivo (F.B.P. first break peak) dell'onda di compressione (P).

Di ogni file di dati acquisito in campagna è stato quindi creato un nuovo file con i tempi di arrivo (in millisec) degli F.B.P.; tutti i file F.B.P. relativi ad una singola sezione sismica sono stati riuniti in un unico file di dati (con programma originale **Graf-Dxf**[®]).



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONE GEOFISICA: RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L371	00	D69	IG GE0005 001	A	23 di 33

Tali dati possono essere graficizzati per ottenere la rappresentazione delle Diagrafie Tempi-distanze (Dromocrone) della sezione sismica.

I dati in formato numerico sono invece stati inseriti (opportunamente tradotti per poter essere analizzati dagli specifici programmi elaborativi) nel programma originale **S.R.A.**[®] (Seismic Refraction Analysis) per l'elaborazione tomografica.

4.2.2. Elaborazione della sezione tomografica a countour line (processing in velocità)

L'elaborazione delle sezioni mediante analisi tomografica viene effettuata sia per avere un maggior dettaglio in termini di consistenza dell'ammasso sia per raggiungere maggiori profondità d'investigazione sopperendo quindi alla comune mancanza di rifrattori significativi procedendo in profondità specialmente in seguito alla presenza di materiale non sufficientemente differenziato nei termini dei parametri elastici.

Definizione della geometria della ricerca

La prima procedura di elaborazione tomografica consiste nella ricerca della geometria di percorso dei raggi sismici da ogni punto di energizzazione a ciascun geofono collegato che ha registrato l'impulso proveniente da quello stesso punto.

Tale operazione preliminare viene effettuata mediante tecniche di Ray Tracing Curvilineo.

Ray tracing e definizione dei parametri di calcolo

Il file di dati di ciascuna sezione sismica precedentemente ottenuto, è stato per questo inserito nel programma di calcolo **S.R.A.**[®] (Seismic Refraction Analysis, programma originale sviluppato dalla Progeo che utilizza la piattaforma di Windows); il quale traccia, sulla base di una prima modellazione in velocità del sottosuolo, i vari raggi sismici che coprono da un estremo all'altro dello stendimento sismico l'intera area investigata al di sotto della superficie topografica.

La profondità d'indagine è funzione della lunghezza dello stendimento, di quella dei "tiri" di registrazione degli impulsi sismici e della velocità del materiale investigato dai raggi sismici.

La geometria d'indagine dei raggi sismici mediante elaborazione tomografica consente infatti il raggiungimento di profondità massime al centro della sezione (la figura geometrica della sezione sismica è assimilabile a quella di un trapezio con la base maggiore in superficie) di circa 1/5 della lunghezza dell'allineamento in superficie considerando che questo sia stato interamente coperto da un estremo all'altro dal "tiro" sismico.

L'elaborazione tomografica è ottenuta utilizzando celle di analisi di larghezza coerente con la geometria d'indagine ed approssimativamente con larghezza pari alla metà della spaziatura dei sensori ed altezza pari ad un quarto di quest'ultima.



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONE GEOFISICA: RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L371	00	D69	IG GE0005 001	A	24 di 33

Analisi delle risultanze delle velocità

Il passo successivo è stato l'applicazione sempre con lo stesso programma **S.R.A.**[®] di procedure tipo **S.I.R.T.** (Simultaneous Iterative Reconstruction Technique) le quali forniscono valori di velocità sismica per partizioni unitarie (celle di analisi di dimensione metrica), col quale l'operatore ha cercato, con successive iterazioni dalla prima modellazione del sottosuolo, di far convergere (dal punto di vista statistico fino a quando gli scarti quadratici e le varianze dei tempi calcolati sono minimi rispetto a quelli definiti in input) i dati modellati con quelli reali e corrispondenti ai tempi ottenuti dalle dromocrone originali.

In pratica le successive approssimazioni calcolate dall'elaboratore coi dati sempre più affinati e inseriti dall'operatore terminano quando le dromocrone, relative a quella data distribuzione di velocità particellari, sono coincidenti e con scarto minimo (mediamente inferiore a 0.5%) con quelle reali ottenute dalle letture degli F.B.P. sui sismogrammi.

Inoltre con tale tecnologia elaborativa si sopperisce alla mancanza di rifrattori significativi e alla presenza, assai comune col procedere in profondità, di materiale non sufficientemente differenziato nei termini fisici dei parametri elastici, per cui le tecniche tradizionali di sismica a rifrazione non riescono a discriminare il grado di consistenza, alterazione o disomogeneità dell'ammasso.

La rappresentazione tomografica delle sezioni geofisiche avviene mediante software (Surfer 9 della Golden Software - Colorado) con il quale i valori dei parametri geofisici vengono espressi mediante contour line e campitura di colore.

4.2.3. Analisi del gradiente geotomografico

Per localizzare i principali livelli di consistenza si è sviluppata l'analisi del gradiente geosismico il quale consiste in un'analisi matematica (*processing di gradiente*) allo scopo di rintracciare i luoghi ove il parametro elastico tomografico subisce significativi incrementi in brevi tratti.

E' in questi luoghi, i quali non necessariamente coincidono per un'area ad un unico valore, ove la probabilità di individuare una interfaccia significativa è maggiormente elevata.

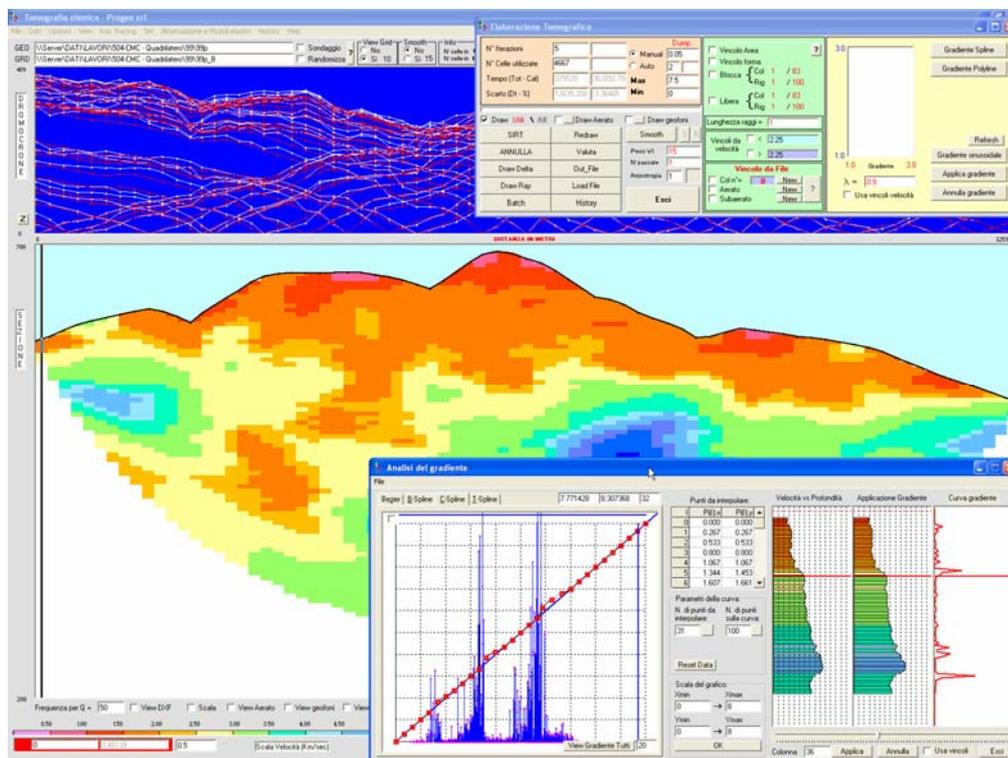
Per la determinazione ed individuazione quindi di tali orizzonti è stato applicato sui dati tomografici un algoritmo statistico il quale valuta la variazione del parametro tomografico (ad es. Velocità, Attenuazione) in termini di gradiente verticolaterale.

E' evidente che se i parametri geofisici non variano arealmente oppure variano di poco il gradiente è pressoché nullo o molto basso, laddove invece si presentano variazioni verticolaterali importanti il gradiente si presenta con i massimi valori.

E' in tali tratti quindi che è possibile localizzare passaggi significativi e suddividere il sottosuolo in "strati" di consistenza differenziata ed inoltre, nel caso in cui sia possibile una taratura mediante sondaggi geomeccanici, effettuare anche una correlazione litologica.

Di seguito viene presentata una immagine a monitor del software di elaborazione tomografica relativamente ad un momento della valutazione del gradiente.

L'esempio di processing di gradiente riporta le varie schermate ottenibili dal programma di calcolo in fase elaborativa: dall'alto in basso si osservano i dati di input –dromocrone-, la sezione sismostratigrafica con differenziazione cromatica del parametro considerato, log parametrici e diagrafie lungo tratti di sezione prestabiliti nei quali sono marcati i “top” del gradiente parametrico (al quale o ai quali corrisponderà in sezione tomografica una o più isolette differenziate di contour line e cromatismi di diversa tonalità).



Esempio di “Processing di Gradiente”



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONE GEOFISICA: RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L371	00	D69	IG GE0005 001	A	26 di 33

5 RISULTANZE

Le indagini geofisiche effettuate hanno permesso di ottenere innanzitutto un quadro approfondito della zona ove è in progetto la realizzazione della Galleria Caprazoppa.

La necessità di effettuare indagini geofisiche a riflessione è nata dalla consapevolezza (oltre che dalla profondità del tunnel previsto) che l'ambiente geologico ove sarà realizzato lo scavo è caratterizzato da una discreta variabilità di strutture geologiche e tettoniche nonché dalla presenza di situazioni carsiche.

Tale prospezione è stata poi integrata con lo studio sismico tomografico dei settori d'imbocco di altre gallerie della nuova tratta ferroviaria Finale Ligure – Andora della Linea Genova – Ventimiglia (da nord-est verso sud-ovest rispettivamente Gallerie Montegrosso, Castellari, Croce e Alassio) e delle pendici adiacenti in tratti caratterizzati da ridotta copertura d'ammasso.

Infatti, la non elevata copertura d'ammasso (max qualche decina di metri dal p.c.) dei tunnel nelle zone d'imbocco rendeva utile e necessaria anche una integrazione con altre metodologie geognostiche sia per un maggior dettaglio in termini di dati per la progettazione definitiva sia per offrire una maggiore continuità e correlazione areale dei dati stessi rispetto agli eventuali punti circoscritti di perforazione.

Sulle sezioni sismiche tomografiche sono riportate le principali interfacce di gradiente di velocità (in grassetto) che delimitano indicativamente le porzioni d'ammasso a diverso grado di compattezza o fratturazione lasciando altresì alle differenziazioni cromatiche relative al parametro sismico della velocità delle onde di compressione (V_p) illustrare la distribuzione eventuale delle caratteristiche differenziate di consistenza verticolaterale dell'ammasso.

Su ogni sezione tomografica è riportata con un tratto viola più marcato l'indicazione relativa alla possibile interfaccia locale tra il materiale detritico di copertura e la formazione lapidea (al tetto più o meno alterata e fratturata) sulla base del maggiore incremento discreto del gradiente delle countour line di isovelocità.

In generale, sulla base dell'analisi degli elaborati della prospezione sismica tomografica si possono distinguere 3 principali unità sismostratigrafiche.

a) Unità da poco a mediamente addensata subsuperficiale relativa alla copertura detritica e/o di versante che è rappresentata, nelle elaborazioni tomografiche da tonalità viola-arancio-marrone delle campiture di colore; la velocità della base di tale coltre è relativamente variabile da settore a settore ed oscilla entro un range di valori di gradiente compresi tra $1.20 < V_p < 1.75$ km/sec (linea in grassetto viola)



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONE GEOFISICA: RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L371	00	D69	IG GE0005 001	A	27 di 33

b) Unità lapidea da alterata a fratturata; tale unità è rilevabile dal contatto con la sovrastante copertura detritica fino all'interfaccia di gradiente, variabile da zona a zona, entro un range $2.41 < V_p < 3.32$ km/sec (linea in grassetto magenta, tonalità giallo-verdi delle campiture di colore della rappresentazione sismica tomografica).

c) Unità lapidea a maggior consistenza (non alterata e da mediamente fratturata a compatta) nella quale l'incremento dei valori cinematici delle onde di compressione è più o meno rapido, cioè potendosi rilevare più fasce incrementali di compattezza e/o minor fratturazione dell'ammasso che vengono evidenziate cromaticamente in sezione sismostratigrafica mediante viraggio delle campiture di colore (da verde-azzurro a blu-viola).

Le risultanze delle indagini geofisiche effettuate sono riportate negli elaborati cartografici allegati alla presente relazione tecnica (vedasi l'elenco del capitolo 2) ed ai quali si fa riferimento nel testo.

Di seguito verranno espresse le risultanze per i vari settori d'indagine.

5.1 Galleria Caprazoppa

(riferimenti elaborati progr. 004 e progr. 005)

E' stata realizzata n° 1 sezione sismica (L20) a riflessione ad alta risoluzione (High Resolution – H.R.-) in asse al tracciato previsto

L'utilità di una indagine sismica a riflessione risiede nella possibilità, fornita dall'analisi dei pattern cioè delle riflessioni coerenti, di rilevare una struttura tettonica e cioè strati, pendenze e possibilmente settori di disturbo tettonico configurabili o in fasce di fratturazione oppure in vere e proprie faglie.

Tutti questi elementi trovano una adeguata visualizzazione nella sezione a riflessione acquisita L20 (porzione inferiore dell'allegato progr. 005) a livello di ricostruzione geologica per il rilevamento di un contatto formazionale tra i calcari di Finale Ligure (in facies marnosa ed arenacea in prossimità del sondaggio e calcarea passando verso destra a progressive inferiori) e la sottostante formazione delle Dolomie di San Pietro dei Monti (nella porzione sommitale della sezione che si chiude verso il centro della linea sismica – contatto marcato in grassetto blu- derivato anche dalla correlazione con l'adiacente sondaggio D1).

A livello tettonico si sono rilevate una successione di situazioni dislocative e/o di fratturazione subverticali che hanno variamente inciso e destrutturato l'ammasso lapideo lungo le quali però non sembra essersi sviluppato il sistema carsico locale, o almeno, lungo questa sezione, non appare un condizionamento in questo senso.



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONE GEOFISICA: RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L371	00	D69	IG GE0005 001	A	28 di 33

Generalmente, il segnale riflesso di presenta quasi ovunque nitido nell'intorno di queste lineazioni tettoniche indicando che è ridotta la fascia di fratturazione associata alla dislocazione (in caso contrario si sarebbero rilevati sull'immagine elaborata tratti sterili senza segnali riflessi).

Associati a queste strutture dislocative sono localmente visibili, nei pattern dei riflettori in puntinato blu sulla sezione, accenni di stratificazione a medio angolo immergente verso est-nord-est (a sinistra della sezione) con generale inclinazione verso il centro del rilievo collinare.

Sulla sezione sismica sono inoltre evidenti fenomenologie di pattern a forma di U aperta rovesciata (vedasi immagine interpretativa sulla sezione sismica - allegato 005) i quali sono l'espressione strumentale della diffrazione di segnali sismici riflessi da strutture cave (cunicoli, grotte, fenomeni carsici in genere).

L'evidenza di queste fenomenologia carsica è segnalata sulla sezione sismica mediante un cerchio blu il quale ne indica semplicemente la posizione ma non la dimensione la quale non è determinabile, mentre laddove risulta evidente una diffusa perdita di segnale sismico è probabile la presenza di situazioni di carsismo vacuolare o microcarsismo diffuso che porta ad una notevole attenuazione dei segnali riflessi; questa situazione è messa in evidenza con un tratteggio blu.

Lungo quasi tutta la sezione, ma in particolare nel settore centrale e terminale, si rileva una estesa presenza di questi fenomeni di diffrazione nei pattern sismostratigrafici di riflessione ed essendo associati ad notevole disturbo ed attenuazione del segnale riflesso ("*entropia sismica*") rendono evidente l'esistenza di un carsismo di notevole intensità soprattutto a profondità di 50-150 m dal p.c. ma che talora si potrebbe spingere anche a quote inferiori in particolare nel tratto centrale e terminale della sezione indagata.

Sulla sezione sismica è riportato il sondaggio D1 ed il log della percentuale di carotaggio e di RQD%, analogamente è riportato il sondaggio RS3 con il log dell'RQD.

In entrambe le verticali sono indicati, mediante un pallino in rosso, i tratti di cavità o le situazioni di apertura di giunti con ricristallizzazione (secondo quanto riportato dalle stratigrafie).

5.2 Galleria Montegrosso

5.2.1. Imbocco Nord lato Finale Ligure

(riferimenti elaborati allegati progr. 003, progr. 010)

In tale settore sono state realizzate le linee sismiche tomografiche L10 (longitudinale) e L11 (trasversale).

Si rileva una sottile (qualche metro al massimo) e discontinua copertura detritica di versante e di fondovalle mediamente addensata ($V_p < 1.52$ km/sec, tonalità viola-arancio-marroni).

La formazione lapidea di base si presenta subaffiorante ed al tetto in condizioni di discreta fratturazione ed alterazione per 5-10 m di spessore ($V_p < 2.71$ km/sec, tonalità gialle).



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONE GEOFISICA: RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L371	00	D69	IG GE0005 001	A	29 di 33

L'ammasso calcareo-dolomitico incrementa poi piuttosto rapidamente di consistenza con fasce caratterizzate via via da maggiori valori di velocità delle onde di compressione fino a raggiungere valori molto elevati (V_p fino a 5.25 km/sec, tonalità verde-azzurro-blu-viola) indice di un materiale sempre più compatto procedendo verso l'interno del rilievo collinare e allontanandosi solo di qualche decina di metri dall'impluvio di fondovalle dove i valori sono proporzionalmente minori (materiale più fratturato).

Dal punto di vista dell'anisotropia laterale l'ammasso appare mediamente più fratturato a livello subsuperficiale (entro 10-20 m dal p.c.) nella prima metà della sezione trasversale L11 essendo la linea sismica in questo tratto più vicina al raccordo pendio-fondovalle e quindi il materiale lapideo può ragionevolmente presentarsi maggiormente alterato e fratturato al tetto.

5.2.2. Imbocco Sud lato Andora

(riferimenti elaborati allegati progr. 003, progr. 009)

In tale settore sono state realizzate le linee sismiche tomografiche L7 (longitudinale) e L8 - L9 (trasversali).

La copertura detritica di versante e di fondovalle, continua su tutto il tratto indagato, presenta spessori da 10 ad oltre 25 m; si tratta di materiali da poco ($V_p < 0.73$ km/sec, tonalità bianco-rosa) a mediamente addensati ($V_p < 1.64$ km/sec, tonalità arancio-marroni).

Il tetto della sottostante formazione di base si presenta in scadenti condizioni di consistenza, almeno per un prima fascia di 5-20 m ($1.64 < V_p < 2.05$ km/sec, tonalità gialle), poi appare in migliori condizioni anche se sempre con discreta fratturazione ed alterazione per almeno un'altra ventina di metri di spessore ($2.05 < V_p < 3.16$ km/sec, tonalità verdi) prima di raggiungere, verso le massime profondità indagate e solo sulla più profonda linea longitudinale L7 una relativa maggior compattezza (V_p nell'intorno di 3.5 km/sec, tonalità azzurre).

Occorre quindi entrare varie decine di metri entro il rilievo collinare in questione per trovare una sufficiente compattezza d'ammasso.

Infine, dal punto di vista dell'anisotropia laterale, non si notano evidenti eteropie laterali di consistenza sulle due linee trasversali L8 e L9 indice che, a medio-grande scala, la copertura detritica e il tetto alterato della formazione di base si presentano nel complesso omogenei sempre su valori bassi e medio-bassi.



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONE GEOFISICA: RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L371	00	D69	IG GE0005 001	A	30 di 33

5.3 Galleria Castellari

5.3.1. Imbocco nord lato Finale Ligure

(riferimenti elaborati allegati progr. 003 e progr 011)

In tale settore sono state realizzate le linee sismiche tomografiche L12 (longitudinale) e L13 (trasversale).

Si rileva una copertura detritica di versante e di fondovalle che si estende su tutto il tratto indagato con potenze tra 5 (sul pendio alla base della parete rocciosa di fine linea L12) e 20 m sul fondovalle; si tratta di materiali scarsamente addensati ($V_p < 1.67$ km/sec, tonalità rosa-arancio-marroni).

Il passaggio al tetto della sottostante formazione di base si presenta sulla sezione longitudinale L12 piuttosto rapido, con solo qualche metro di materiale fortemente alterato ($1.67 < V_p < 2.05$ km/sec, tonalità gialle), poi rapidamente più consistente anche se sempre piuttosto fratturato per qualche altro metro ($2.05 < V_p < 2.65$ km/sec, tonalità verdi) prima di potersi intravedere, verso le massime profondità indagate sulla linea longitudinale L7 una relativa maggior compattezza di ammasso (V_p nell'intorno di 3 km/sec, tonalità azzurre).

Occorre cioè bypassare i depositi di versante disaddensati alla base della parete rocciosa a fine linea L12 per rilevare materiale lapideo mediamente compatto.

Per quanto riguarda infine la sezione trasversale L13, oltre alla presenza notevole della copertura di versante qui non è chiarissimo il contatto col substrato; infatti, verso fine linea, l'innalzamento dei valori di V_p è relativo e assai poco discriminante (V_p 1.75-2.05 km/sec), potendosi trattare quindi di materiale detritico di base addensato o del tetto fortemente alterato e fratturato del bedrock, considerata anche l'ubicazione stessa dell'allineamento in questione a metà versante e a cavallo tra accumuli detritici e la sottostante roccia in posto.

5.4 Galleria Croce

5.4.1. Imbocco nord lato Finale Ligure

(riferimenti elaborati allegati progr. 003 e progr. 008)

In tale settore sono state realizzate le linee sismiche tomografiche L5 (longitudinale) e L6 (trasversale).

La copertura detritica si rileva soprattutto nella zona di fondovalle con materiali generalmente poco addensati ($V_p < 1.34$ km/sec, tonalità grigio-arancio-marroni) e con spessore entro i 10 m circa dal p.c.; sul pendio verso la sede autostradale al termine della linea L5 invece la copertura appare più ridotta (entro i 5 m).



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONE GEOFISICA: RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L371	00	D69	IG GE0005 001	A	31 di 33

Nella zona di fondovalle si rileva poi un relativo incremento di valori di velocità delle onde di compressione (nell'intorno di 1.5-3 km/sec); l'attribuzione di tale fascia di valori cinematici (tonalità gialle) al passaggio al tetto della sottostante formazione di base occorre sia verificata con tarature dirette specialmente trattandosi, come nel settore centrale della linea L5, di valori non propriamente elevati (V_p nell'intorno di 2 km/sec) che potrebbero essere attribuiti sia a materiale detritico ben addensato sia a materiale lapideo molto fratturato ed alterato.

Il passaggio al lapideo è decisamente più evidente verso fine linea L5 (alla base della sede autostradale) dove l'incremento dei valori cinematici risulta molto rapido (V_p da 3 a 5 km/sec, tonalità verde-azzurro-blu-viola) con materiali quindi compatti.

La sezione trasversale L6, effettuata alla base della sede autostradale, conferma l'incremento repentino dei valori di velocità relativi al materiale della formazione rocciosa di base al di sotto di una sottile (max 5 m) copertura detritica e dopo un altrettanto sottile (sempre nell'intorno dei 5 m di spessore) tetto più fratturato ed alterato del bedrock senza peraltro evidenti anisotropie laterali di consistenza (data anche la breve estensione del tratto indagato).

5.4.2. Tratta km 81+774 – 81+997

(riferimenti elaborati allegati progr. 003 e progr. 007)

In tale settore sono state realizzate le linee sismiche tomografiche L3 (longitudinale) e L4 (trasversale).

In questo tratto di fondovalle indagato è presente una estesa e potente copertura detritica che si rileva dai generalmente bassi e medio-bassi valori di velocità sismica delle onde di compressione relativi a materiali nel complesso da poco ($V_p < 1$ km/sec, tonalità rosa-grigio) a debolmente addensati ($V_p < 1.75$ km/sec, tonalità arancio-marroni); lo spessore di tale coltre è di almeno una ventina di metri nella zona a quote più basse verso fine linea L3 e raggiunge anche i 30 m risalendo il pendio verso inizio linea.

In profondità segue una fascia di valori cinematici a velocità intermedia (nell'intorno di 1.75-3.32 km/sec) dello spessore tra i 10 e i 15 m; l'attribuzione di tale fascia (tonalità gialle), specialmente dei valori di V_p nell'intorno di 2 km/sec, col passaggio al tetto della sottostante formazione di base occorre sia verificata con tarature dirette poiché, trattandosi di valori non propriamente elevati, questi potrebbero essere attribuiti sia a materiale detritico ben addensato sia a materiale lapideo molto fratturato ed alterato.

Il passaggio a materiali (lapidei) è decisamente più evidente verso le maggiori profondità investigate nella zona centrale della linea L3 (quote sui 5-10 m slm) dove l'incremento dei valori cinematici risulta molto rapido (V_p da 3.32 a 4.5 km/sec, tonalità verde-azzurro) con materiali quindi decisamente compatti.

La sezione trasversale L4, data la breve lunghezza, non raggiunge questa fascia di valori cinematici elevati ma rileva solo materiale subsuperficiale di copertura generalmente poco addensato ($V_p < 1.75$ km/sec) senza significative variazioni laterali di addensamento.

5.5 Galleria Alassio

5.5.1. Imbocco Nord lato Finale Ligure

(riferimenti elaborati allegati progr. 003 e progr. 006)

In tale settore sono state realizzate le linee sismiche tomografiche L1 (longitudinale) e L2 (trasversale).

Nel tratto indagato, nella zona di raccordo tra fondovalle e pendio, si rileva una sottile (ma x 6.-7 m) copertura detritica di versante da poco a mediamente addensata ($V_p < 1.2$ km/sec, tonalità viola-grigio-marroni).

La formazione lapidea di base si presenta subaffiorante ed al tetto in condizioni di elevata fratturazione ed alterazione per 5-10 m di spessore ($V_p < 1.58$ km/sec, tonalità giallo chiaro).

L'ammasso roccioso incrementa poi piuttosto rapidamente di consistenza con fasce caratterizzate via via da maggiori valori di velocità delle onde di compressione fino a raggiungere valori molto elevati (V_p fino a 5.5 km/sec, tonalità giallo-verde-azzurro-blu-viola) indice di un materiale sempre più compatto procedendo verso l'interno del rilievo collinare e allontanandosi solo di qualche decina di metri dalla zona di fondovalle dove i valori sono proporzionalmente minori ($1.58 < V_p < 2.71$, materiale più fratturato, tonalità gialle).

Non appaiono evidenti anisotropie laterali sulla linea trasversale L2 (data anche la modesta estensione di questa) e l'ammasso lapideo appare mediamente più fratturato a livello subsuperficiale (entro 10-20 m dal p.c.) e solo oltre tali profondità risulta più compatto ($V_p > 2.71$ km/sec).

5.5.2. Imbocco sud lato Andora

(riferimenti elaborati allegati progr. 003 e progr. 012)

In tale settore sono state realizzate le linee sismiche tomografiche L14 (longitudinale) e L15 (trasversale).

La copertura detritica di versante presenta spessori massimi nell'intorno dei 10 m e tende ad assottigliarsi, substrato talora affiorante o subaffiorante, procedendo verso la sommità del rilievo collinare; si tratta di materiali da poco ($V_p < 0.86$ km/sec, tonalità bianco-rosa) a mediamente addensati ($V_p < 1.43$ km/sec, tonalità arancio-marroni).

Il tetto della sottostante formazione di base si presenta in scadenti condizioni di consistenza, almeno per un prima fascia di 5-20 m ($1.43 < V_p < 2.41$ km/sec, tonalità gialle), poi appare in migliori condizioni anche se sempre con discreta fratturazione ed alterazione per almeno un'altra ventina di metri di spessore ($2.41 < V_p < 3.45$ km/sec, tonalità verdi) prima di raggiungere, verso le massime



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONE GEOFISICA: RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L371	00	D69	IG GE0005 001	A	33 di 33

profondità indagate di inizio linea L14 una relativa maggior compattezza (Vp fino a 4 km/sec, tonalità azzurre).

Occorre quindi entrare varie decine di metri entro il rilievo collinare in questione per trovare una sufficiente compattezza d'ammasso.

Infine, dal punto di vista dell'anisotropia laterale, non si notano evidenti eteropie laterali di consistenza sulla linea trasversale L15 indice che, a medio-grande scala, la copertura detritica e il tetto alterato della formazione di base si presentano nel complesso omogenei sempre su valori bassi e medio-bassi.

Dott. Maurizio Furani



Hanno collaborato:

Dott. Gabriele Pulelli

Dott. Giuseppe Galassi

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GEOLOGIA

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N° 443/01

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONI GEOFISICHE

PLANIMETRIA GENERALE INDAGINI GEOFISICHE

SCALA

1:100000

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

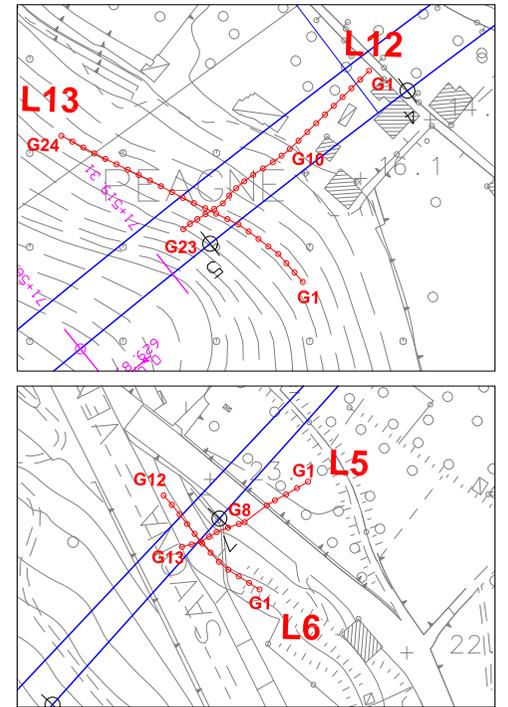
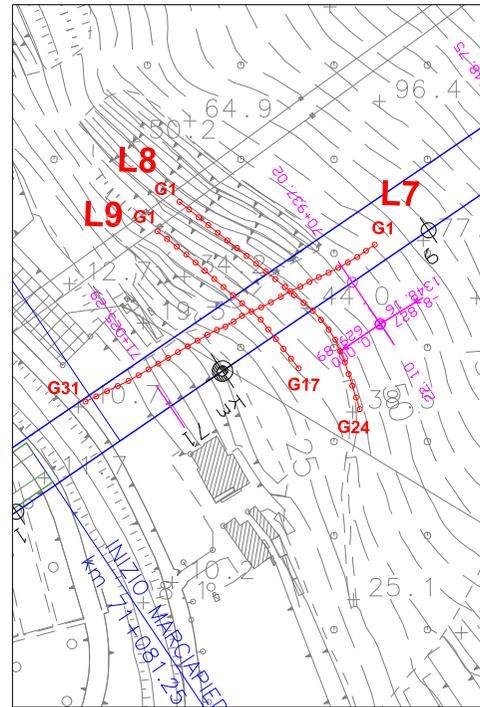
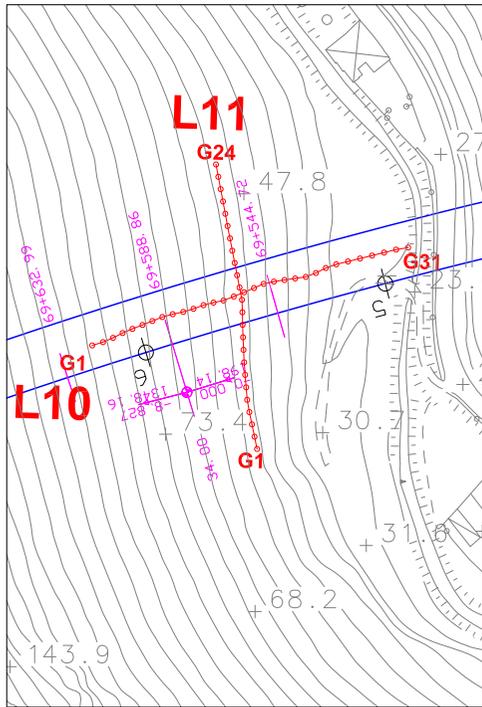
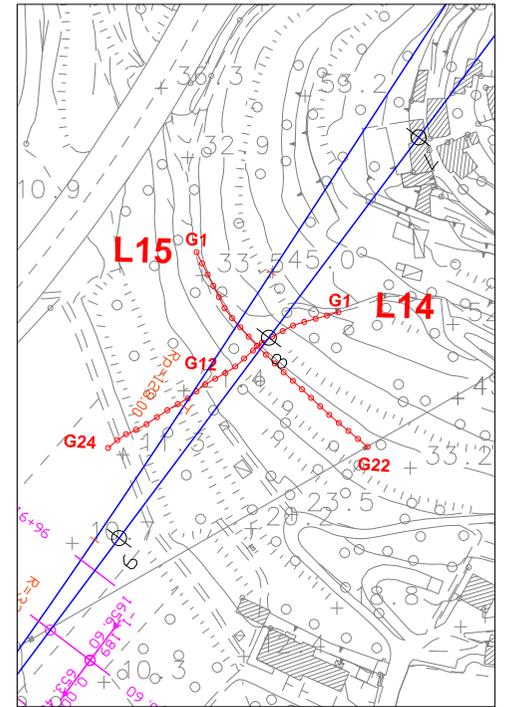
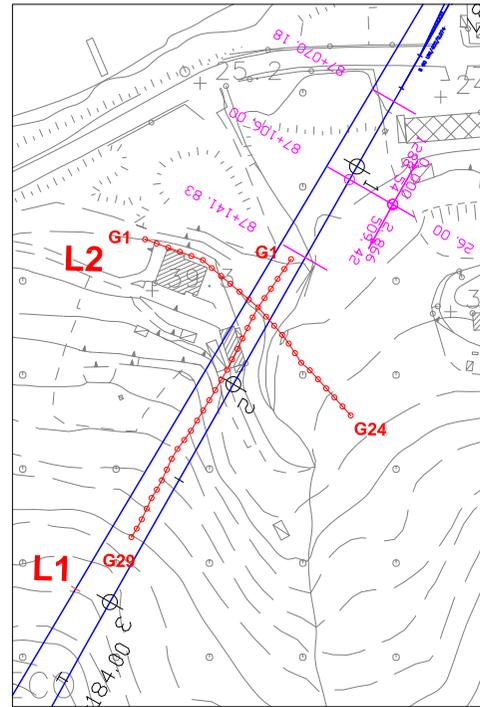
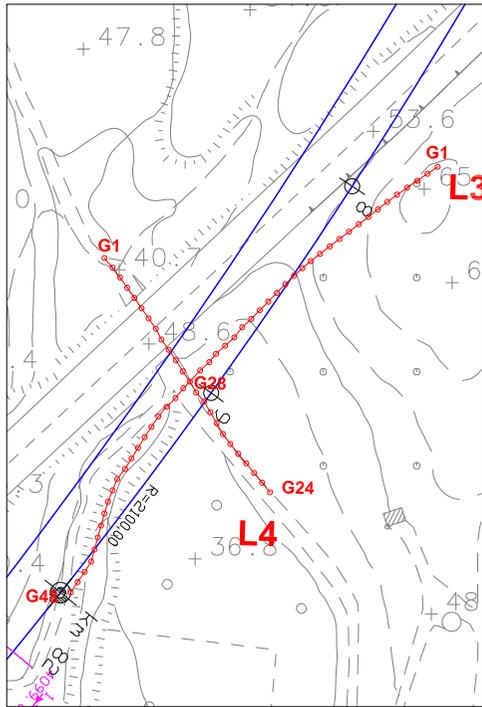
L371 00 D 69 IG GE0005 002 A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	PROGEO	Luglio 2010	ROMANO		BRUZZONE		MARCHESE

File:

n. Elab.:





COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GEOLOGIA

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N° 443/01

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

PROSPERZIONI GEOFISICHE

PLANIMETRIA SEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE SEZIONI L1 – L15

SCALA
1:1000

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

L3711 00 D 69 116 GE0005 003 A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	PROGEO	Luglio 2010	ROMANO		BRUZZONE		MARCHESE

File: n. Etab.:

COMMITTENTE:



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO

PROGETTAZIONE:



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO

U.O. GEOLOGIA

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N° 443/01

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

PROSPEZIONI GEOFISICHE

PLANIMETRIA SEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE

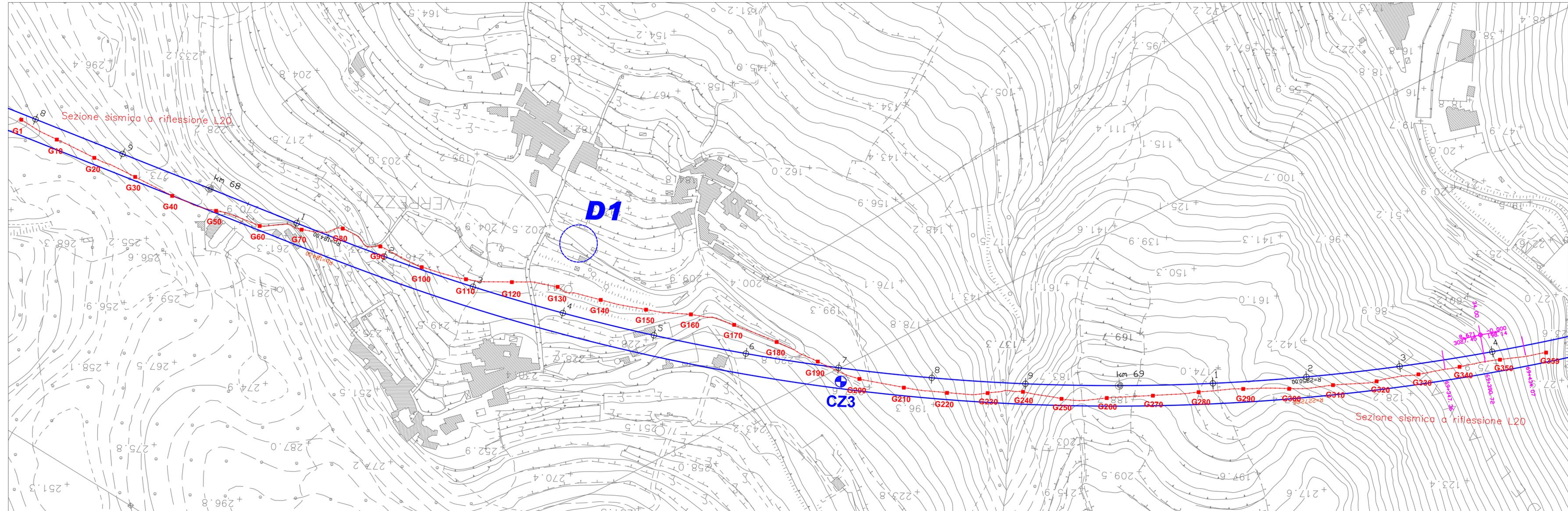
SCALA
1:2000

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

L371 00 D 69 IG GE0005 004 A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	PROGEO	Luglio 2010	ROMANO		BRUZZONE		MARCHESE

File: n. Elab.:



COMMITTENTE:



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO

PROGETTAZIONE:



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO

U.O. GEOLOGIA

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N° 443/01

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONI GEOFISICHE

SEZIONE IMBOCCO SUD GALLERIA CAPRAZOPPA

Sezione sismica a riflessione L20

SCALA
1: 2500

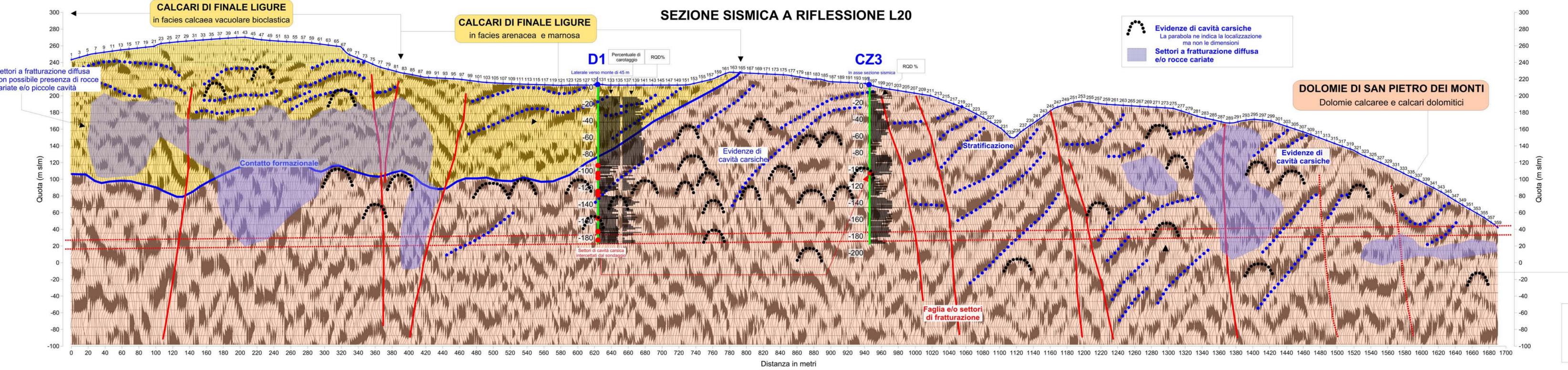
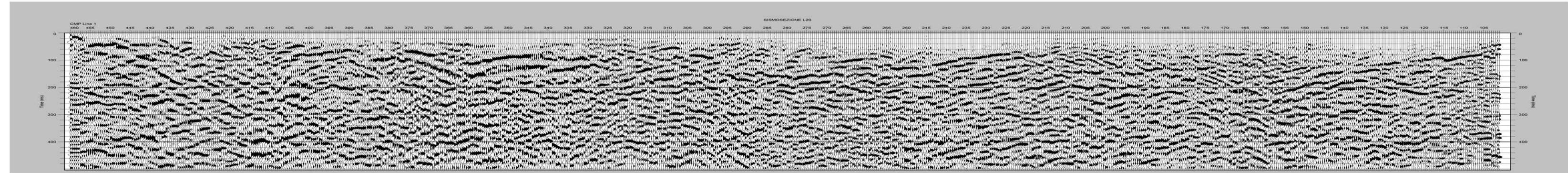
COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

L371 00 D 69 IG GE0005 005 A

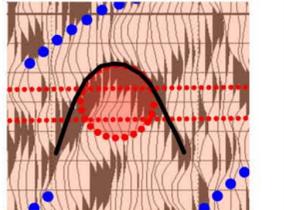
Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	PROGEO	Luglio 2010	ROMANO		BRUZZONE		MARCHESE

File: n. Elab.:

SISMOSEZIONE L 20



Aspetto diagnostico di cavità carsica



L'effetto della diffrazione sismica prodotta da una cavità presenta una forma parabolica. Al centro di questa si localizza la situazione carsica la cui larghezza può essere valutata mentre l'altezza non è definibile.

Impresa esecutrice delle indagini



PROGEO S.r.l.
Via Roma, 105
00187 Roma
Tel. 06/4772580
Fax 06/4772586
Email: mail.progeo@gmail.com
Web: www.progeo.it



COMMITTENTE:



RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO

PROGETTAZIONE:



ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO

U.O. GEOLOGIA

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N° 443/01

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONI GEOFISICHE

SEZIONI IMBOCCO NORD GALLERIA ALASSIO

Sezioni sismiche tomografiche L1 - L2

SCALA
1:500

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

L371 00 D 69 IG GE0005 006 A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	PROGEO	Luglio 2010	ROMANO		BRUZZONE		MARCHESE

File: _____ n. Elab.: _____

File = 778-02 - Sezione tomografica 1-2.srf

Impresa esecutrice delle indagini



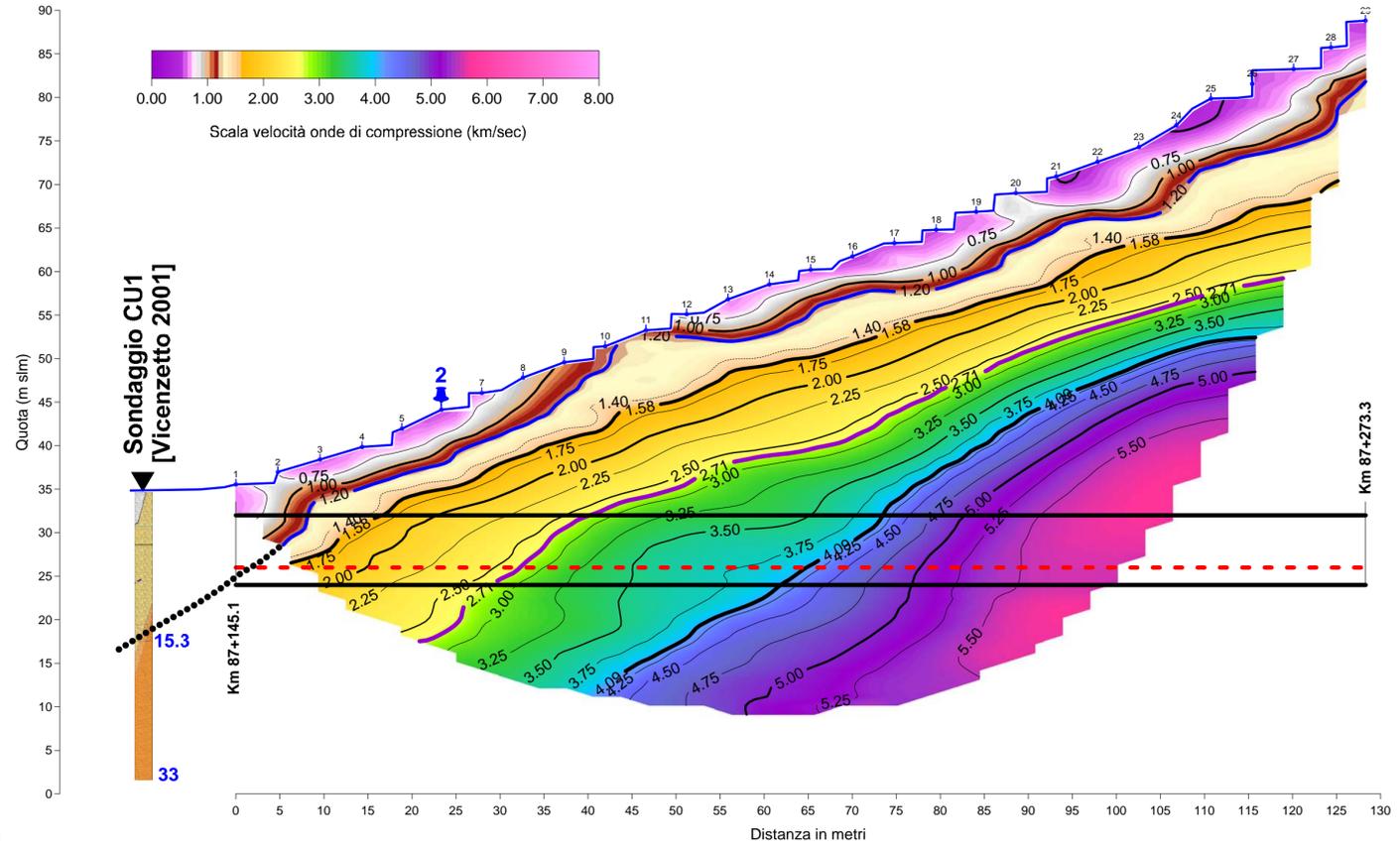
PROGEO S.r.l.
Via Sesto 109
47100 Forlì
Tel. 0543729500
Fax 0543721886
Email: info.progeo@gmail.com
Web: www.progeo.info



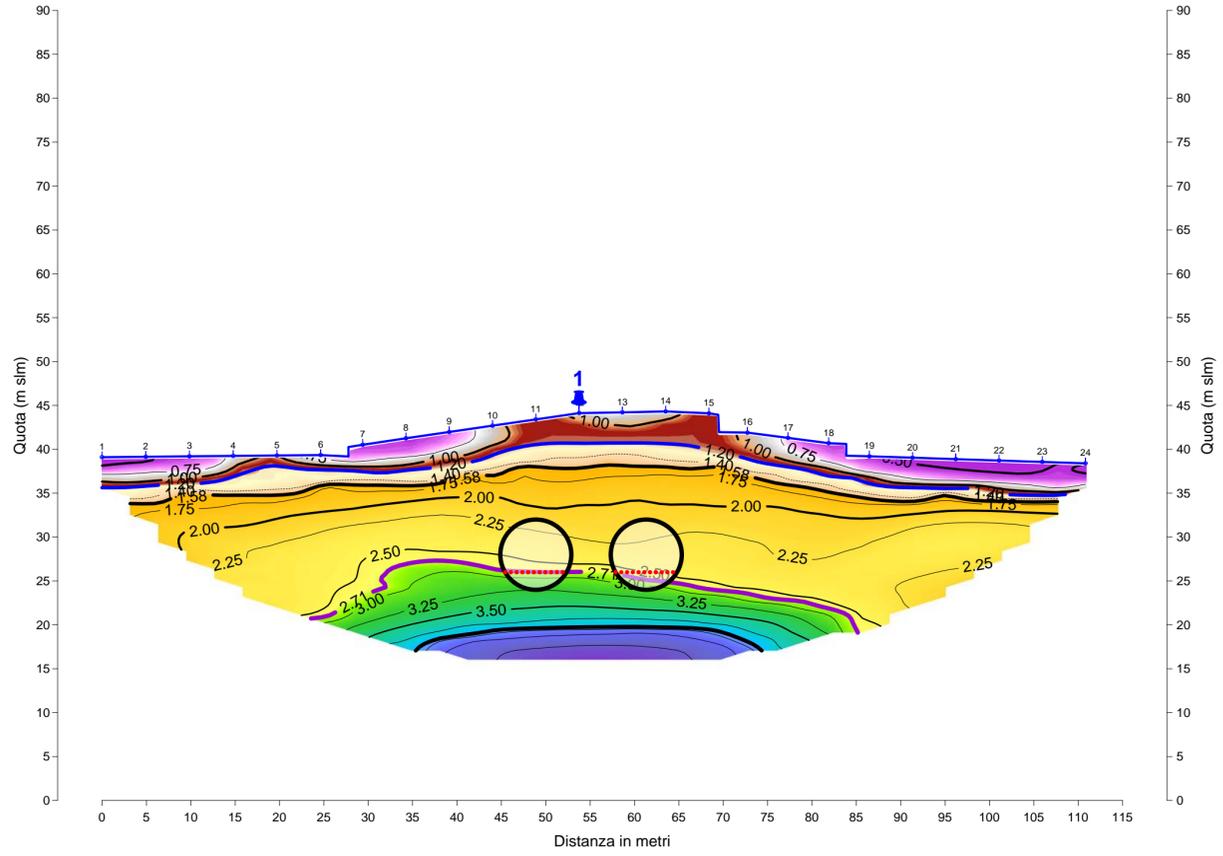
GEMMET
Via Sesto 109
47100 Forlì
Tel. 0543729500
Fax 0543721886
Email: info.gemmet@gmail.com
Web: www.gemmet.info

IMBOCCO NORD GALLERIA ALASSIO

SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA 1 [Velocità onde di compressione]



SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA 2 [Velocità onde di compressione]



COMMITTENTE:



RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO

PROGETTAZIONE:



ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO

U.O. GEOLOGIA

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N° 443/01

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONI GEOFISICHE

SEZIONE GALLERIA CROCE Km 81+774 - 81+997

Sezioni sismiche tomografiche L3 - L4

SCALA
1:500

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

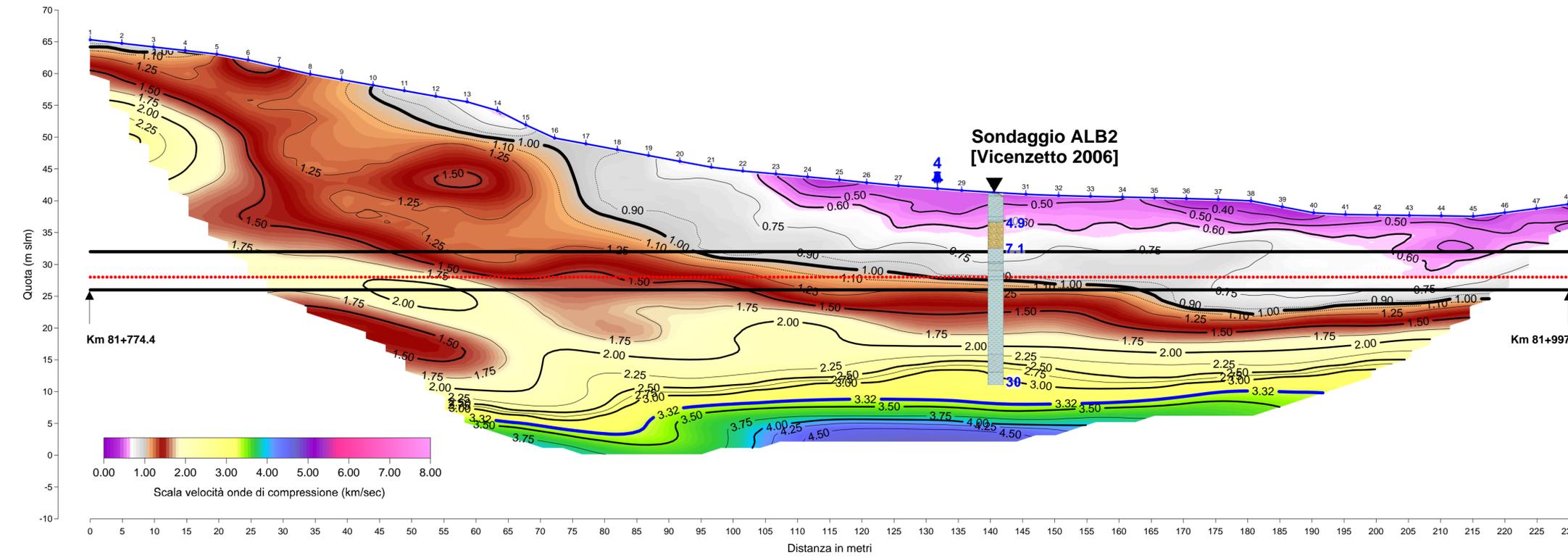
L371 00 D 69 IG GEO005 007 A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	PROGEO	Luglio 2010	ROMANO		BRUZZONE		MARCHESE

File: _____ n. Elab.: _____

GALLERIA CROCE Km 81+774 - 81+997

SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA 3
[Velocità onde di compressione]



File = 778-02 - Sezione tomografica 3-4.srf

Impresa esecutrice delle indagini

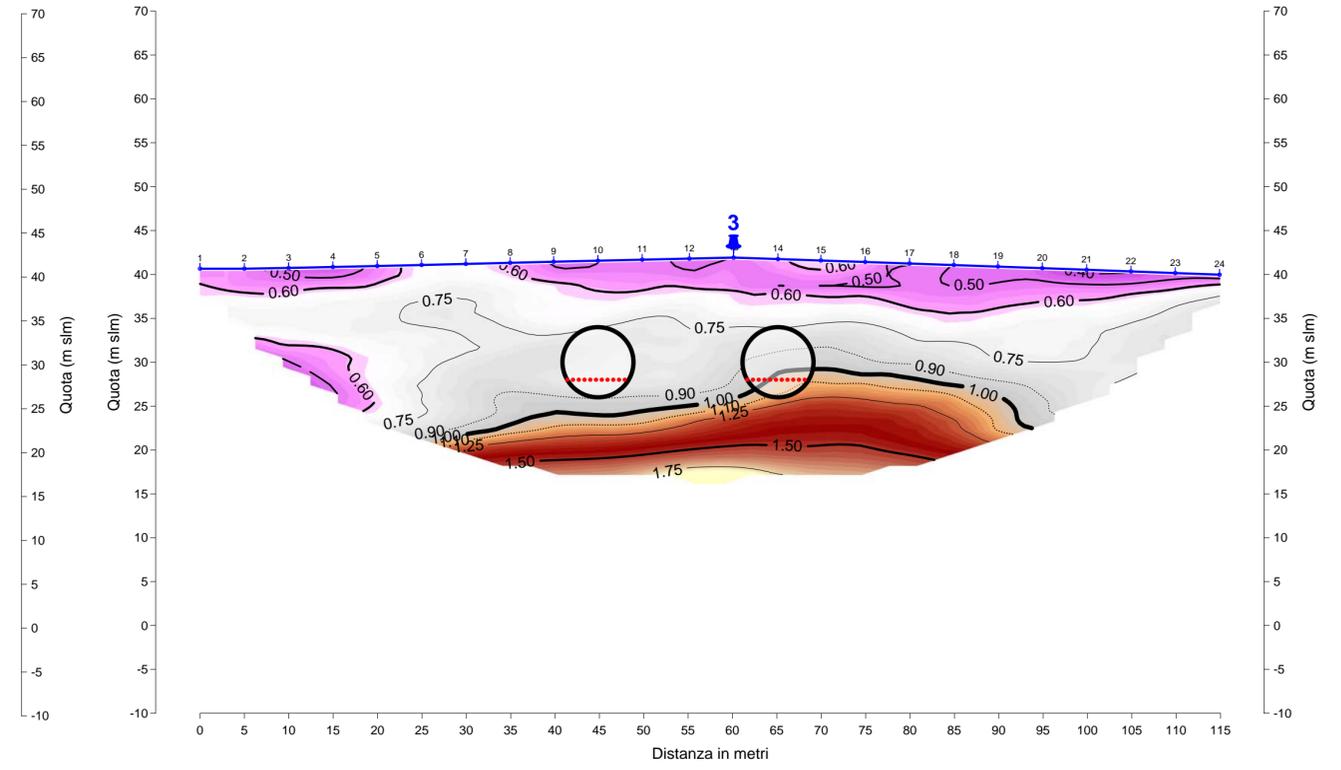


PROGEO S.r.l.
Via Sesto 109
47100 Forlì
tel. 0543729500
fax 0543721886
Email: info.progeo@progeo.com
Web: www.progeo.info



GIPMET
Via Sesto 109
47100 Forlì
tel. 0543729500
fax 0543721886
Email: info.gipmet@progeo.com
Web: www.gipmet.info

SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA 4
[Velocità onde di compressione]



COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GEOLOGIA

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N° 443/01

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONI GEOFISICHE

SEZIONI IMBOCCO NORD GALLERIA CROCE

Sezioni sismiche tomografiche L5 - L6

SCALA

1:500

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

L371 00 D 69 IG GE0005 008 A

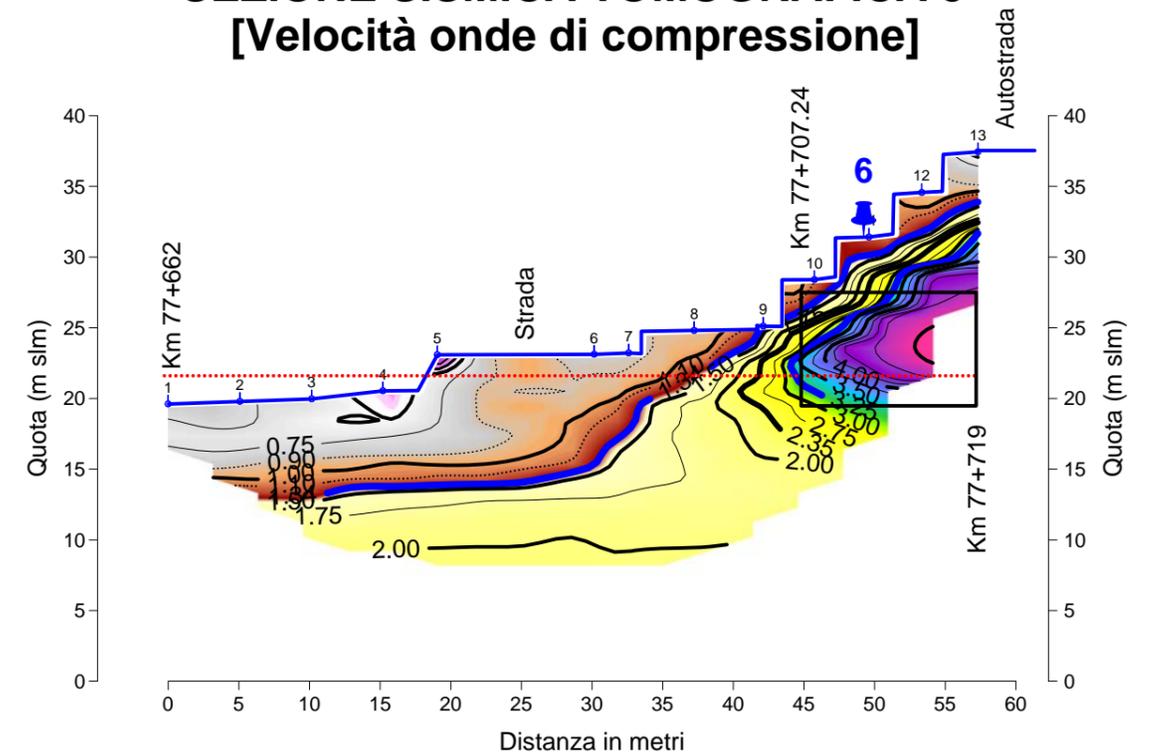
Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	PROGEO	Luglio 2010	ROMANO		BRUZZONE		MARCHESE

File:

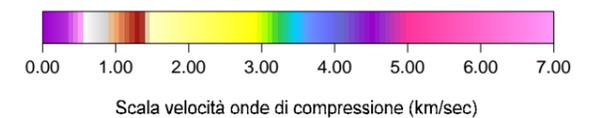
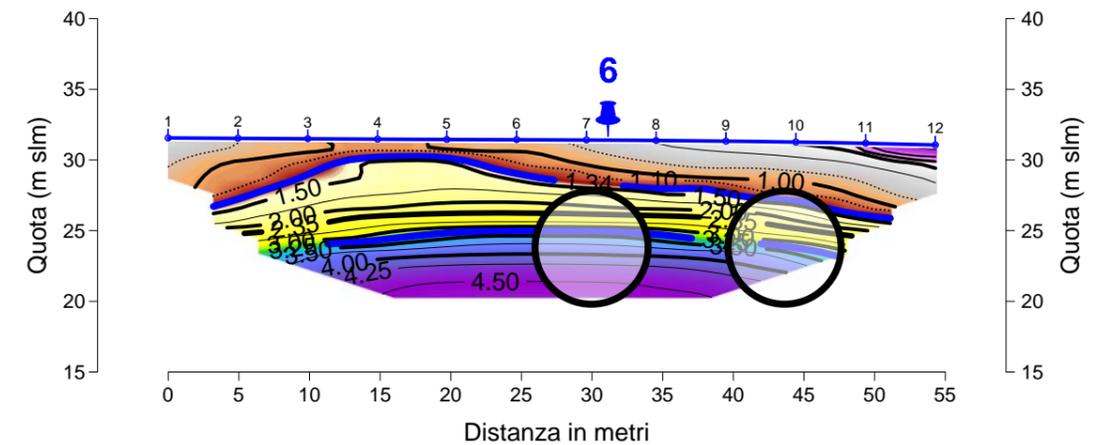
n. Elab.:

IMBOCCO NORD GALLERIA CROCE

SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA 5 [Velocità onde di compressione]



SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA 6 [Velocità onde di compressione]



File = 778-02 - Sezione tomografica 5-6.srf

Impresa esecutrice delle indagini



PROGEO S.r.L.
Via Talete 10/B
47100 Forlì
tel. 0543/723580
fax. 0543/721488
Email: mail.progeo@gmail.com
Web: www.progeo.info



COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GEOLOGIA

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N° 443/01

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONI GEOFISICHE

SEZIONI IMBOCCO SUD GALLERIA MONTEGROSSO
Sezioni sismiche tomografiche L7 - L8 - L9

SCALA
1:500

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

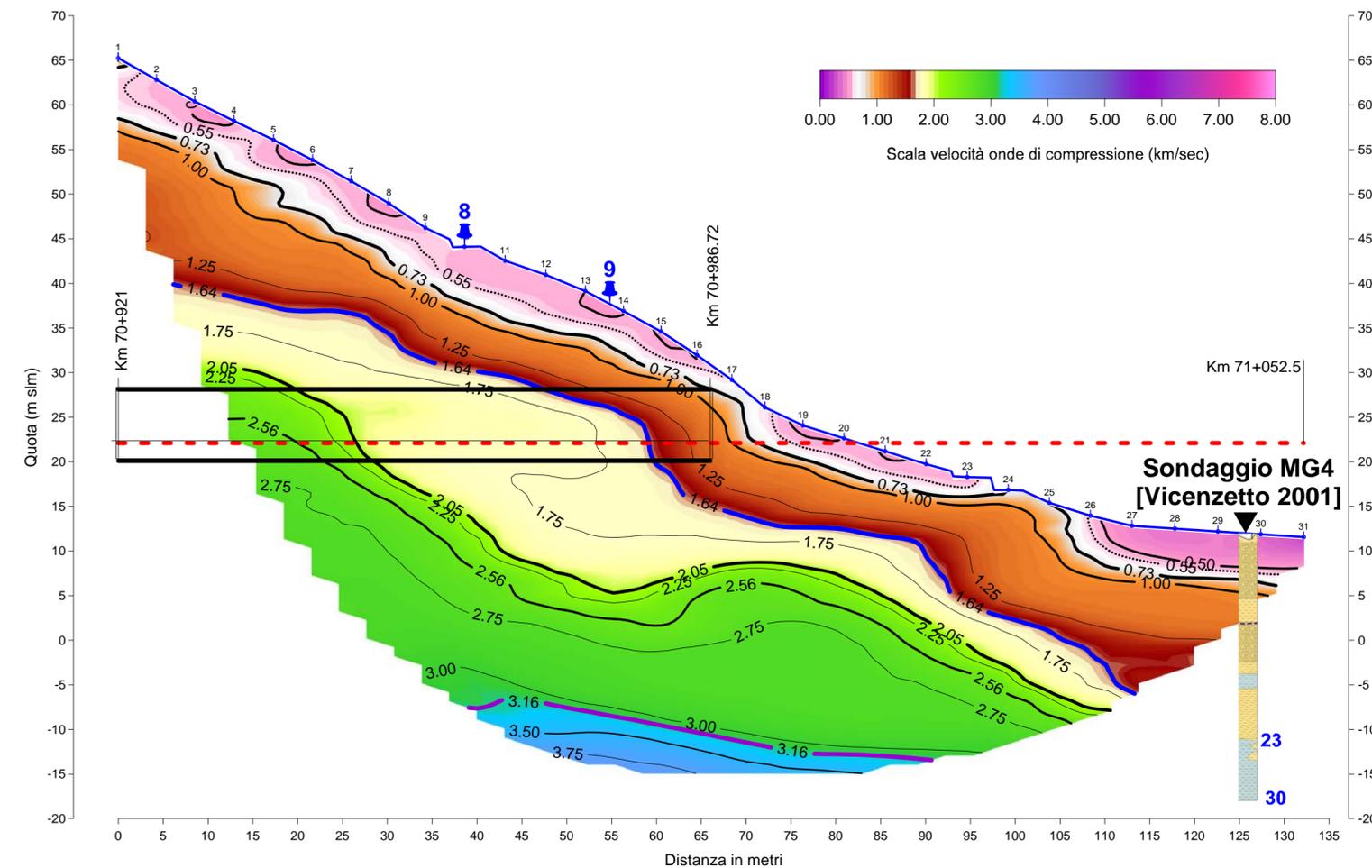
L371 00 D 69 IG GEO005 009 A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	PROGEO	Luglio 2010	ROMANO		BRUZZONE		MARCHESE

File: _____ n. Elab.: _____

IMBOCCO SUD GALLERIA MONTE GROSSO

SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA 7 [Velocità onde di compressione]



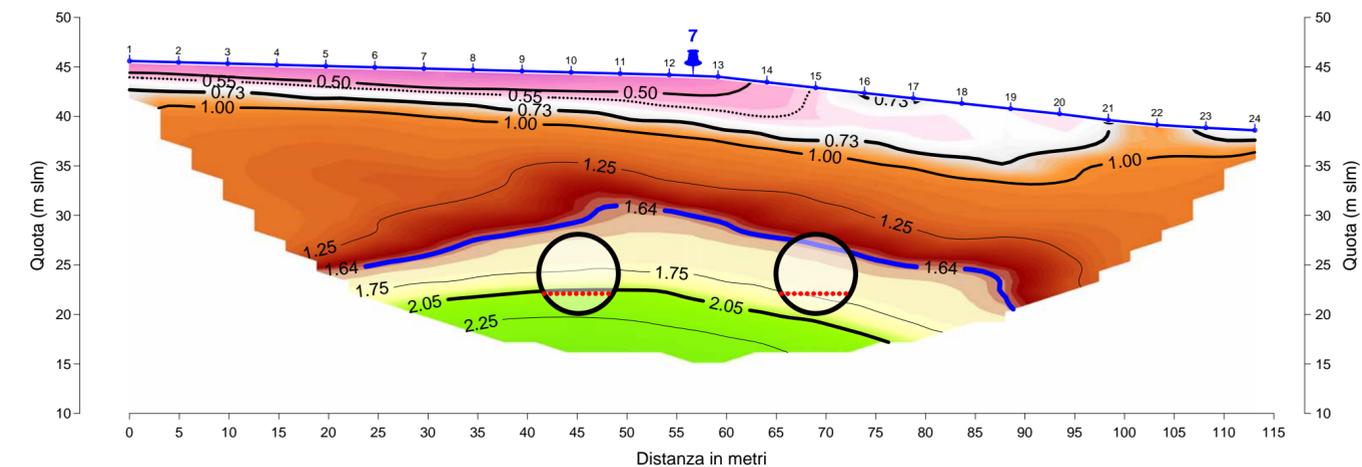
File = 778-02 - Sezione tomografica 7-8-9.srf

Impresa esecutrice delle indagini

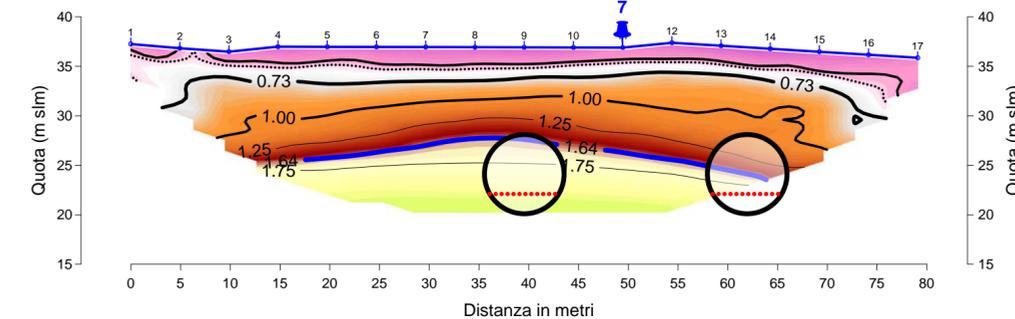
PROGEO S.r.l.
Via Sesto 100
47100 Forlì
tel. 0543722600
fax. 0543721486
Email: mail.progeo@progeo.com
Web: www.progeo.com

CIPMET
Via Sesto 100
47100 Forlì
tel. 0543722600
fax. 0543721486
Email: mail.cipmet@cipmet.com
Web: www.cipmet.com

SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA 8 [Velocità onde di compressione]



SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA 9 [Velocità onde di compressione]



COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GEOLOGIA

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N° 443/01

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONI GEOFISICHE

SEZIONI IMBOCCO NORD GALLERIA MONTEGROSSO

Sezioni sismiche tomografiche L10 - L11

SCALA
1:500

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

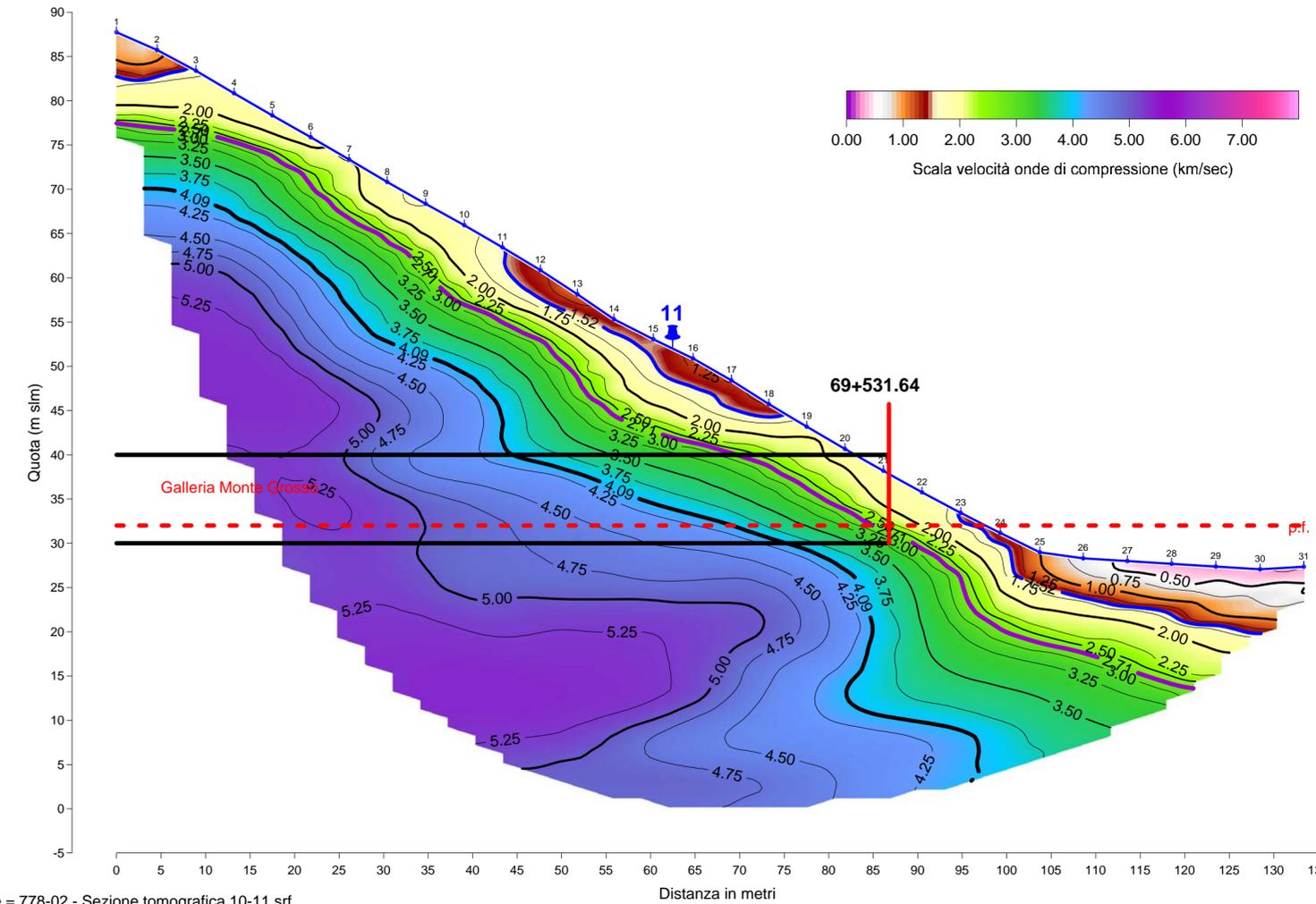
L371 00 D 69 IG GEO005 010 A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	PROGEO	Luglio 2010	ROMANO		BRUZZONE		MARCHESE

File: _____ n. Elab.: _____

IMBOCCO NORD GALLERIA MONTE GROSSO

SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA 10 [Velocità onde di compressione]



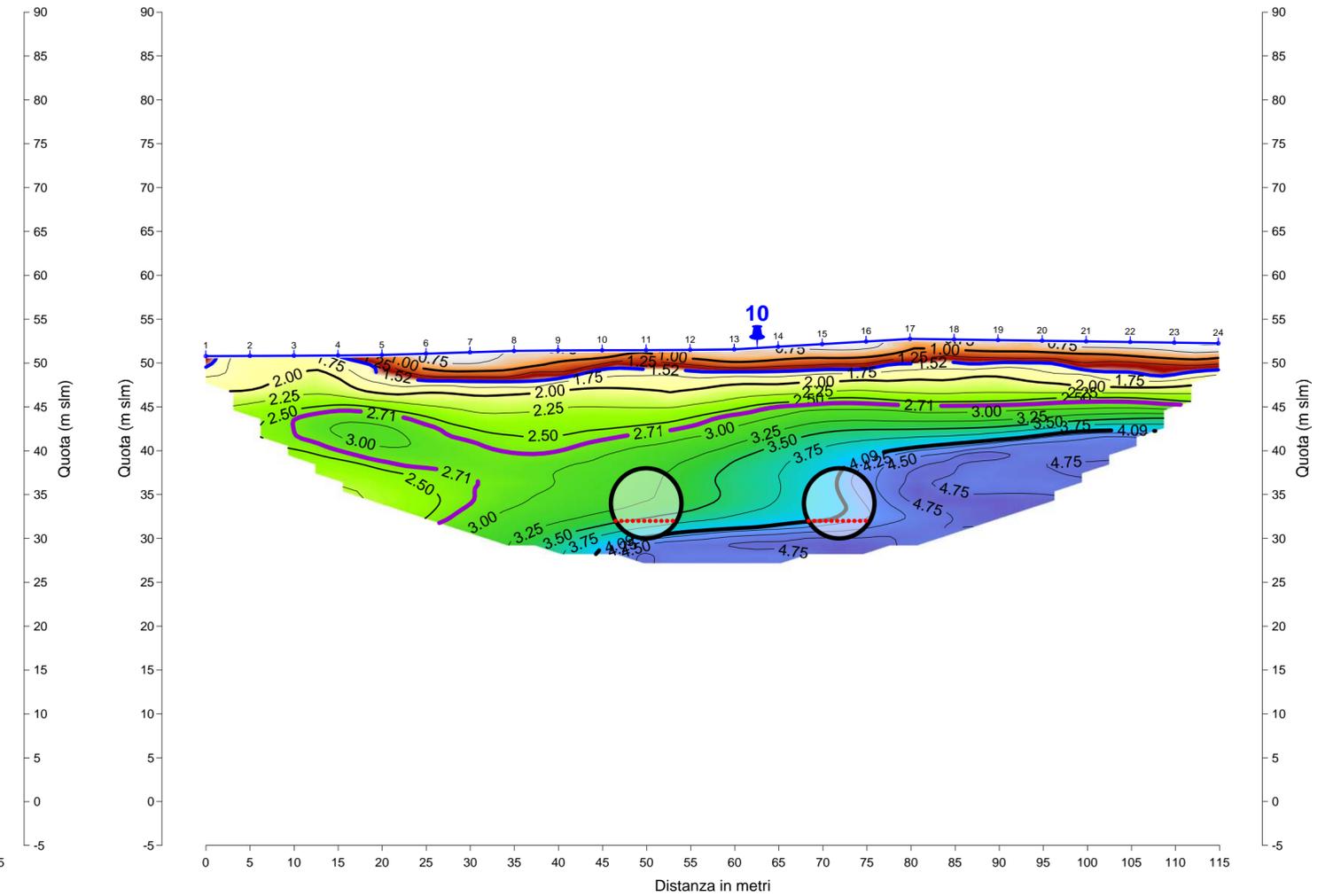
File = 778-02 - Sezione tomografica 10-11.srf

Impresa esecutrice delle indagini

PROGEO S.r.l.
Via Salaria 105
47100 Forlì
tel. 054372280
fax. 0543721486
Email: mail.progeo@progeo.com
Web: www.progeo.info

CIPMET
Via Salaria 105
47100 Forlì
tel. 054372280
fax. 0543721486
Email: mail.cipmet@cipmet.com
Web: www.cipmet.info

SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA 11 [Velocità onde di compressione]



COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GEOLOGIA

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N° 443/01

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONI GEOFISICHE

SEZIONI IMBOCCO NORD GALLERIA CASTELLARI

Sezioni sismiche tomografiche L12 - L13

SCALA

1:500

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

L371 00 D 69 IG GE0005 011 A

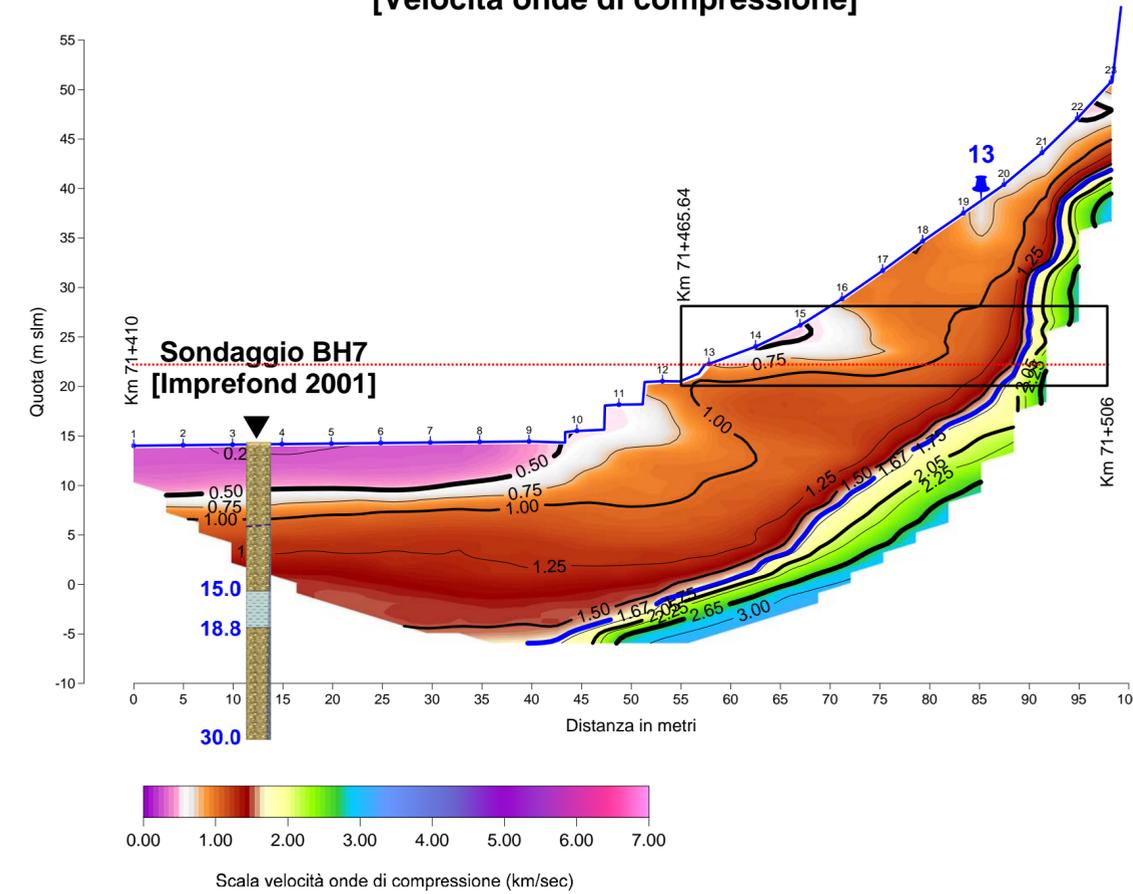
Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	PROGEO	Luglio 2010	ROMANO		BRUZZONE		MARCHESE

File:

n. Elab.:

IMBOCCO NORD GALLERIA CASTELLARI

SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA 12 [Velocità onde di compressione]



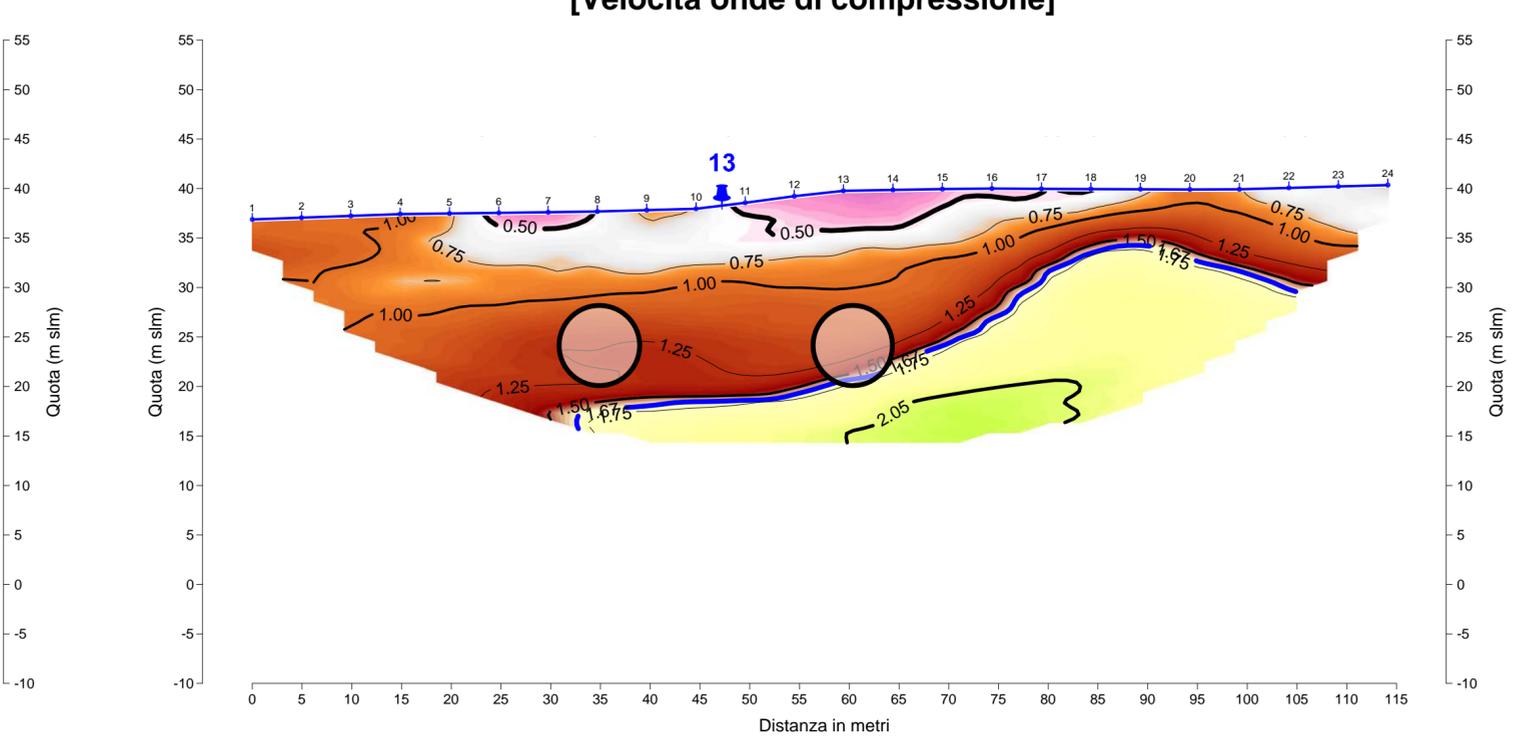
File = 778-02 - Sezione tomografica 12-13.srf

Impresa esecutrice delle indagini

PROGEO S.r.l.
Via Sante 105
47100 Forlì
tel. 054372280
fax. 0543721486
Email: mail.progeo@progeo.com
Web: www.progeo.info

CIPMET S.p.A.
Via Sante 105
47100 Forlì
tel. 054372280
fax. 0543721486
Email: mail.cipmet@cipmet.com
Web: www.cipmet.info

SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA 13 [Velocità onde di compressione]



COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GEOLOGIA

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N° 443/01

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

PROSPEZIONI GEOFISICHE

SEZIONI IMBOCCO SUD GALLERIA ALASSIO

Sezioni sismiche tomografiche L14 - L15

SCALA

1:500

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

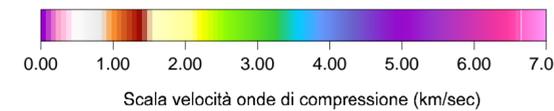
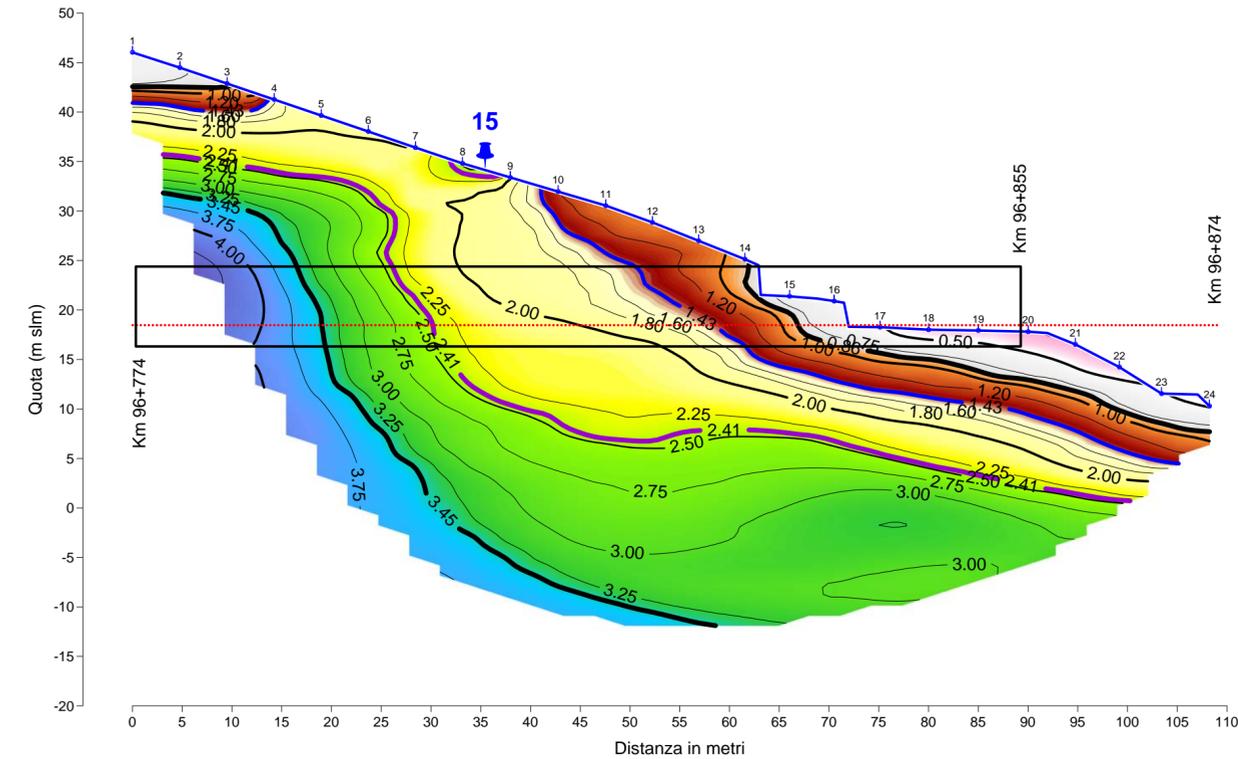
L371 00 D 69 IG GEO005 012 A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	PROGEO	Luglio 2010	ROMANO		BRUZZONE		MARCHESE

File: _____ n. Elab.: _____

IMBOCCO SUD GALLERIA ALASSIO

SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA 14 [Velocità onde di compressione]



File = 778-02 - Sezione tomografica 14 - 15.srf

Impresa esecutrice delle indagini

PROGEO S.r.l.
Via Salaria 1051
47100 Forlì
tel. 0543722640
fax. 0543721486
Email: mail.progeo@progeo.com
Web: www.progeo.info

CIPRETT S.p.A.
Via Salaria 1051
47100 Forlì
tel. 0543722640
fax. 0543721486
Email: mail.ciprett@ciprett.com
Web: www.ciprett.com

SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA 15 [Velocità onde di compressione]

