

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. GEOLOGIA

PROGETTO DEFINITIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO
1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO – FRASSO TELESINO E VARIANTE
ALLA LINEA ROMA NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI

INDAGINI GEOFISICHE

Relazione

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

I F 0 F 0 1 D 6 9 I G G E 0 0 0 5 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A	EMMISSIONE ESECUTIVA	A. Baldi	Mag 2015	R. Briganti	Mag 2015	F. Cerrone	Mag 2015	Dot. Geologo Francesco MARCONI Resp. UO GEOLOGIA Ordine Geologi-Lazio n. 879 ES

File:.doc

n. Elab.:

40

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	FINALITÀ DELLE PROSPEZIONI	5
3	ORGANIZZAZIONE E STRUMENTAZIONI	6
	3.1 – Strumentazioni ed attrezzature impiegate	6
	3.2 – Automezzi	8
	3.3 – Risorse coinvolte	9
	3.4 – Software utilizzati	10
	3.5 – Sicurezza del Cantiere Geofisico	11
	3.6 – Sistema Qualità	11
4	- RILIEVO ELETTROMAGNETICO	12
	4.1 – Caratteri generali del rilievo	12
	4.2 – Metodologia esecutiva del rilievo	12
	4.3 – Metodologia interpretativa	13
	4.4 – Analisi dei risultati	14
5	RILIEVO SISMICO A RIFRAZIONE	15
	5.1 – Caratteri generali del rilievo	15
	5.2 – Profili sismici a rifrazione (in onde P)	16
	5.3 – Profili sismici a rifrazione (in onde S_H)	16
	5.4 – Analisi di velocità delle onde di volume (onde P)	18
	5.5 – Analisi di velocità delle onde di taglio (onde S_H)	19
	5.6 – Profili sismici a rifrazione	20

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	3 di 42

6	RILIEVO SISMICO A RIFLESSIONE	22
	6.1 – Operazioni preliminari.....	22
	6.2 – Esecuzione del rilievo.....	23
	6.3 – File di registrazione	24
	6.4 – Metodologia interpretativa	24
	6.5 – Analisi dei risultati.....	30
	6.6 – Correlazione tra i valori di RQD del sondaggio geognostico e la velocità di stak	32
	6.7 – Profilo geofisico della galleria	36

APPENDICE

- Carta della conducibilità elettrica

TAVOLE ALLEGATE

IF0F00D69IGGE0005002	Planimetria ubicativa delle indagini svolte	Scala 1:5.000
IF0F00D69IGGE0005003	Profilo sismico a rifrazione R2 – R3 Imbocco Sud	Scala 1:500
IF0F00D69IGGE0005004	Profilo sismico a rifrazione R1 Imbocco Nord	Scala 1:500
IF0F00D69IGGE0005005	Profilo sismico a riflessione Processamento linea: tempi doppi	Scala 1:5.000
IF0F00D69IGGE0005006	Profilo sismico a riflessione Processamento linea: sezioni in profondità	Scala 1:5.000
IF0F00D69IGGE0005007	Profilo sismico a riflessione Elaborazioni speciali	Scala 1:5.000
IF0F00D69IGGE0005008	Profilo geofisico della galleria	Scala 1:2.000



ITINERARIO NAPOLI - BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO
1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E
VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL
COMUNE DI MADDALONI

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	4 di 42

1 INTRODUZIONE

Nel presente rapporto vengono illustrati i risultati di un'indagine geofisica eseguita per conto di RFI nell'ambito del progetto dell'ITINERARIO NAPOLI – BARI per il raddoppio della tratta CANCELLO – BENEVENTO relativamente al 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO – FRASSO TELESINO e variante alla linea ROMA NAPOLI VIA CASSINO nel Comune di Maddaloni .

Scopo dell'indagine geofisica è stato quello di fornire una ricostruzione geofisica del sottosuolo relativamente al profilo geologico della GALLERIA DI MONTE AGLIO e nello specifico sono state eseguite delle indagini sismiche a rifrazione in corrispondenza dei due imbocchi ed un profilo sismico a riflessione in corrispondenza dell'asse della futura galleria.

Inoltre è stata eseguita la verifica preventiva del sottosuolo della piazzola ove è stato eseguito il sondaggio profondo.

Nel presente rapporto tecnico vengono riportati i risultati della prospezione secondo un criterio essenzialmente geofisico.

In relazione alle diverse tipologie di prospezione ed alle diverse finalità delle stesse, la presente nota è organizzata che successivamente ad una parte iniziale comune, ogni prospezione geofisica sarà trattata in uno specifico capitolo assestante.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI												
INDAGINI GEOFISICHE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0F</td> <td>01 D 69</td> <td>IG</td> <td>GE0005 001</td> <td>A</td> <td>5 di 42</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	5 di 42
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	5 di 42								

2 FINALITÀ DELLE PROSPEZIONI

In relazione alle diverse metodologie geofisiche le indagini sperimentali hanno avuto le seguenti finalità :

PROSPEZIONE ELETTROMAGNETICA

- misure della conducibilità elettrica, in corrispondenza delle zone di esecuzione del sondaggio geognostico, per la ricerca di eventuali masse metalliche sepolte nei primi 5 metri di suolo, con metodologia elettromagnetica FDEM secondo una griglia 2,5 x 2,5m;

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE (in corrispondenza dei due imbocchi della galleria)

- l'indagine sismica è stata eseguita allo scopo di determinare le caratteristiche di velocità sismica dei terreni (in onde P ed in onde S_H) nella zona con bassa copertura in corrispondenza degli imbocchi e fornire, quindi, elementi utili all'individuazione dell'assetto geologico del sottosuolo;

PROSPEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE (sul profilo della futura galleria)

- l'indagine è stata eseguita allo scopo di verifica lungo il profilo longitudinale della galleria l'assetto del sottosuolo in maniera tale da utilizzare le risultanze della prospezione geofisica per ricostruire, in maniera più fondata, il profilo geologico e geomeccanico per la progettazione della galleria ferroviaria.

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	6 di 42

3 – ORGANIZZAZIONE E STRUMENTAZIONI

3.1 – Strumentazioni ed attrezzature impiegate

Per l'esecuzione delle prospezioni geofisiche sono state impiegate le seguenti attrezzature::

n°	Strumentazione profili elettromagnetici	COD. IDENT.
1	elettromagnetometro EM34-3 (<i>Geonics</i>)	SGG-SI-64
1	cavi di collegamento Tx-Rx, intercoil 10 metri (<i>Geonics</i>)	
1	strumentazione GPS Ashtech	SGG-SI-46

n°	Strumentazione per sismica a rifrazione	COD. IDENT.
1	sismografi GEOMETRICS "GEODE" 24 ch - 24 bit EG&G GEOMETRICS - USA	SGG-SI-52
1	computer portatile HP per registrazione dei dati di campagna	
24	geofoni verticali con frequenza di 14 Hz – OYO GEOSPACE	SGG-SI-62
24	geofoni orizzontali con frequenza di 10 Hz – PASI	SGG-SI-71
2	cavi geofonici con 12 prese intervallate ogni 10 metri – OYO GEOSPACE	cavo SIS 01-06
1	energizzatore sismico Isotta (ESI) – PASI	SGG-SI-67
	linea per trasmissione "trigger"	

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	7 di 42

n°	Strumentazione per la sismica a riflessione	COD. IDENT.
3	Sismografi GEOMETRICS "GEODE" 24 ch - 24 bit EG&G GEOMETRICS - USA	SGG-SI-39 SGG-SI-52 SGG-SI-53
1	Computer portatile Toshiba per registrazione dei dati di campagna;	
1	Computer portatile Acer per registrazione dati in campagna	
72	Stringhe di geofoni con 4 geofoni cadauna e frequenza pari a 28 Hz	SGG-SI-03
6	Cavi di collegamento per geofoni con 24 prese intervallate ogni 10 metri	Cavo-sismica01-02-03-04-06-06
4	Prolunghe per collegamento geode	Cavo-geode01-02-03-04
	Linea per trasmissione "trigger"	
	Cavi multipolari di raccordo	
5	Ricetrasmittenti VHF	

n°	Energizzazione con esplosivo	COD. IDENT.
1	Esploditore ad alta intensità EIT-USA Model. Scorpion HB-SBS+Plus Nitrex	SGG-SI-54
	Esplosivo gelatinato Tipo Ergodyn 30E	
	Detonatori elettrici DEM-HU ad alta intensità tempo 0	
1	Perforatore portatile a rotopercolazione HILTI - ITALIA TE 76 P	
	Tubi in pvc corrugato per i pozzetti di tiro	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

n°	Strumentazione per i rilievi topografici	COD. IDENT
1	strumentazione GPS Ashtech	SGG-SI-46

n°	Attrezzature di supporto
	Cartelli di segnalazione stradale e di pericolo esplosioni
	Passacavi per l'attraversamento stradale
	Attrezzatura per disboscamento e/o decespugliamento

Tutti gli strumenti di misura impiegati sono tarati presso il laboratorio metrologico GAMMAMISURE di Calenzano (certificato ed accreditato LAT n°56) e/o verificati secondo il *piano annuale di taratura e verifica* adottato presso questo studio.

L'esplositore ad alta intensità viene revisionato semestralmente presso la Ditta costruttrice in ottemperanza alle normative di sicurezza vigenti in materia di esplosivo.

3.2 – Automezzi

- Fuoristrada Nissan pick-up;
- Fiat Scudo.

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	9 di 42

3.3 – Risorse coinvolte

Per l'esecuzione dell'incarico, sono state coinvolte le seguenti risorse:

COORDINAMENTO GENERALE E PROBLEMATICHE COMUNI:

• Responsabile dell'incarico	ANTONIO MARIA BALDI
• Responsabile della campagna geofisica	MASSIMO SCHEGGI
• Responsabile sicurezza	MASSIMO SCHEGGI
• Responsabile Assicurazione Qualità per la prospezione	ANTONIO MARIA BALDI
• Responsabile autorizzazione per l'uso dell'esplosivo	ANTONIO MARIA BALDI
• Rilievi topografici	MASSIMO SCHEGGI

ACQUISIZIONE DATI SISMICI

• Responsabile della prospezione sismica	ANTONIO MARIA BALDI
• Aiutanti alla prospezione	MASSIMO SCHEGGI - FILIPPO GIORGI
• Progettazione rilievo a riflessione	ANTONIO MARIA BALDI
• Progettazione rilievo a rifrazione	JOHNNY DE LUCA
• Fochini autorizzati	ANTONIO MARIA BALDI - MASSIMO SCHEGGI - FILIPPO GIORGI

INTERPRETAZIONE SISMICA A RIFLESSIONE

• Interpretazione rilievo sismico a riflessione	ANTONIO MARIA BALDI
• Editing	MASSIMO SCHEGGI - JOHNNY DE LUCA

INTERPRETAZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

• Interpretazione rilievo sismico a rifrazione	JOHNNY DE LUCA
• Editing	MASSIMO SCHEGGI

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	10 di 42

ELABORAZIONE COMPLESSIVA

• Responsabile dell'interpretazione e verifica dei dati	ANTONIO MARIA BALDI
• Gruppo di elaborazione	ANTONIO MARIA BALDI MASSIMO SCHEGGI

3.4 – Software utilizzati

Software per interpretazione dati sismici		
Multiple Geode Software	GEOMETRICS – USA	Sistema di gestione del sismografo GEODE, acquisizione e registrazione dei dati sismici
Vista 11.0	GEDCO - USA	Sismica a riflessione di superficie
SeisOptPro v 4.0 – v5.0	Optim Software – USA	Sismica a rifrazione tomografica
SeisOptPicker	Optim Software – USA	Lettura tempi rifrazione
Software per editing		
Word 2007	Microsoft	Editor di testi
Excel 2007	Microsoft	Foglio di calcolo
Surfer 11	Golden Software	Campiture, curve di livello
Grapher	Golden Software	Costruzione grafici
Autocad 2014	Autodesk	Editing disegni
Corel Draw 9	Corel	Editing disegni

	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI												
INDAGINI GEOFISICHE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0F</td> <td>01 D 69</td> <td>IG</td> <td>GE0005 001</td> <td>A</td> <td>11 di 42</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	11 di 42
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	11 di 42								

3.5 – Sicurezza del Cantiere Geofisico

Preliminarmente all'inizio dei lavori per la prospezione geofisica sono stati redatti, dalla funzione preposta, i seguenti documenti:

- *Piano operativo di sicurezza per le indagini di superficie (P.O.S.);*
- *Ordine di servizio per l'impiego dell'esplosivo.*

3.6 – Sistema Qualità

Per l'espletamento della prospezione è stato redatto, in conformità alle specifiche Italferr, uno specifico "piano della Qualità" che è stato, in contemporanea all'inizio dei lavori, trasmesso alla Committenza.

In relazione alle "procedure di qualità" la prospezione geofisica è stata eseguita in riferimento alle specifiche SP0302 – SP0901 e all'istruzione IS09001 .

Per la registrazione delle varie attività sono stati utilizzati i moduli del sistema qualità in uso presso questo studio.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

4 - RILIEVO ELETTROMAGNETICO

4.1 – Caratteri generali del rilievo

La prospezione elettromagnetica FDEM, è stata eseguita nel dicembre 2014, come verifica preventiva del sottosuolo della piazzola ove è stato eseguito il sondaggio profondo S1.

L'indagine elettromagnetica è stata finalizzata alla ricerca di masse metalliche sepolte nei primi 5 metri di suolo.

Tabella indagini svolte

sondaggio geognostico di riferimento	indagine geofisica	griglia delle misure	n° misure
S1	profili elettromagnetici con EM34-3 Geonics	2,5 x 2,5m	81

4.2 – Metodologia esecutiva del rilievo

Al fine di garantire un'ottima copertura fino a 5 metri di profondità da piano campagna, l'indagine elettromagnetica è stata eseguita con elettromagnetometro EM34-3 Geonics, con accoppiamento orizzontale dei dipoli, Tx ed Rx, operando con intercoil fisso pari a 10 metri. L'utilizzo di detta spaziatura, congiuntamente all'utilizzo delle bobine riceventi e trasmettenti in assetto verticale (dipoli orizzontali), garantisce, infatti, un'ottima risoluzione delle misure di conducibilità elettrica fino a 5-6 metri di profondità.

L'elettromagnetometro EM34-3 Geonics è uno strumento multifrequenza; l'uso di un intercoil di 10 metri applica una frequenza di indagine pari a 6400Hz (fig 4.1).

Nella piazzola oggetto di indagine è stata adottata una griglia di lettura pari a 2,5x2,5m. Ciascuna lettura della conducibilità elettrica, espressa in mmhos/m, è stata tabellata e conseguentemente interpretata con l'uso di software di surface-map contouring.

Measured Quantities	Apparent conductivity in millisiemens per metre (mS/m)
Primary Field Source	Self-contained dipole transmitter
Sensor	Self-contained dipole receiver
Reference Cable	Lightweight, 2 wire shielded cable
Inter-coil Spacing Operating Frequency	10m at 6.4 kHz 20m at 1.6 kHz 40m at 0.4 kHz
Power Supply	Transmitter: 8 disposable or rechargeable 'D' cells Receiver: 8 disposable or rechargeable 'C' cells
Conductivity Ranges	10, 100, 1000 mS/m
Measurement Resolution	+/- 0.1% of full scale
Measurement Accuracy	+/- 5% at 20 mS/m
Noise Levels	0.2 mS/m (can be greater in regions of high power line interference)
Dimensions	Receiver Console: 19 x 13.5 x 26 cm Transmitter Console: 15.5 x 8 x 26 cm Receiver & Transmitter Coil: 63 cm dia. Shipping Case: 27.5 x 75 x 75 cm
Weight	Instrument: 20.5 kg Shipping: 43 kg

Fig 4.1 – Specifiche tecniche dell'elettromagnetometro EM34-3 Geonics.

4.3 – Metodologia interpretativa

Le indagini elettromagnetiche nel dominio della frequenza (FDEM) rappresentano uno strumento di indagine speditivo per l'identificazione di anomalie riconducibili alla presenza di corpi sepolti con caratteristiche di elevata conducibilità elettrica. In questo specifico caso, l'indagine elettromagnetica è stata rivolta alla ricerca di eventuali masse metalliche sepolte.

I valori di conducibilità elettrica (in mmhos/m) acquisiti, unitamente alla loro posizione spaziale, sono stati tabellati su foglio elettronico ed elaborati con software di *surface map contouring* – SURFER.

Per ciascun sito è stata realizzata una carta della conducibilità elettrica, così da rendere visivamente efficaci i risultati dell'indagine FDEM e permettere l'ubicazione dei sondaggi geognostici in zone prive della presenza di masse metalliche sepolte. Il perimetro delle zone prive di masse metalliche è evidenziato con soprassegno sulla mappa di conducibilità elettrica.

I vertici delle aree investigate sono stati picchettati sul terreno e le coordinate dei vertici sono riportate nelle schede dei certificati, secondo il sistema di coordinate geografiche WGS84.

4.4 – Analisi dei risultati

L'indagine elettromagnetica FDEM è stata condotta per caratterizzare la piazzola del sondaggio S1 nei primi 5 metri di suolo, al fine di evidenziare anomalie di conducibilità elettrica potenzialmente riconducibili a masse metalliche sepolte.

A seguito della prospezione elettromagnetica è stato inviato, celermente, il certificato relativo alla piazzola (riportato in appendice).

La carta di conducibilità elettrica derivata, con apposita scala colorimetrica, è riportata di seguito (fig 4.2). Per la piazzola è stata evidenziata con un rettangolo l'area sgombra da eventuali masse metalliche sepolte nei primi 5 metri di suolo.

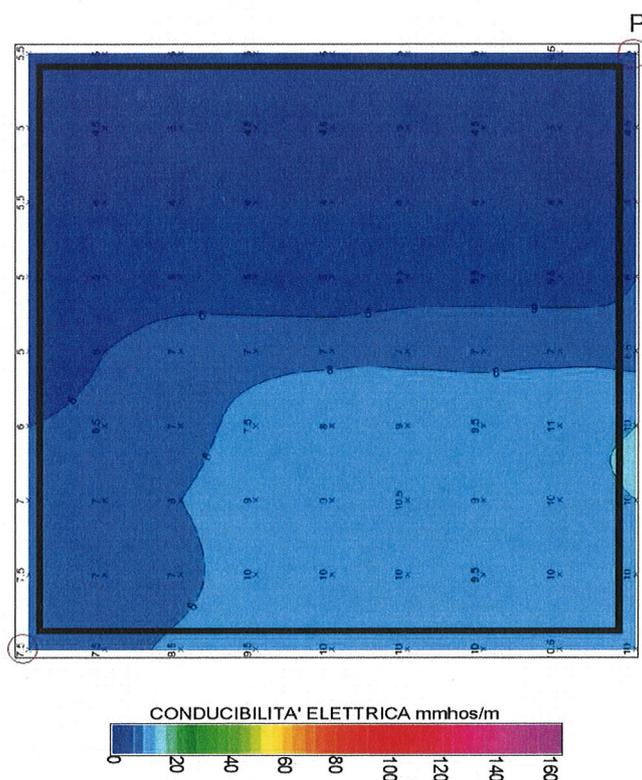


Fig 4.2 – Carte della conducibilità elettrica eseguita nella piazzola del Sondaggio S1

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

5 RILIEVO SISMICO A RIFRAZIONE

5.1 – Caratteri generali del rilievo

Lo scopo della prova consiste nel determinare il profilo di rigidezza del sito attraverso la misura indiretta della velocità di propagazione delle onde di compressione (V_P) e delle onde di taglio (V_{S_H}), in maniera tale da determinare le geometrie sepolte (spessori e superfici di contatto) dei sismostrati individuati.

Teoricamente si suppone che, nell'ambito della porzione di sottosuolo indagata, la distribuzione delle velocità sismiche sia crescente con la profondità; questa, infatti, è la condizione necessaria affinché si verifichi il fenomeno della doppia rifrazione, attraverso il quale il treno d'onde sismico generato è in grado di essere registrato dai geofoni posti in superficie. In caso contrario avviene il fenomeno cosiddetto dell'*orizzonte muto* o *cieco*, ossia si è nell'impossibilità di poter distinguere ed individuare strati con velocità di propagazione delle onde sismiche inferiori rispetto ai livelli sovrastanti.

Il rilievo sismico a rifrazione consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, delle sollecitazioni per la generazione delle onde P ed S_H e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori (geofoni). Di seguito si riporta lo schema dell'array sismico tipo realizzato con sistema ricevente semplificato composto da 24 geofoni utilizzati per lo svolgimento dell'indagine:

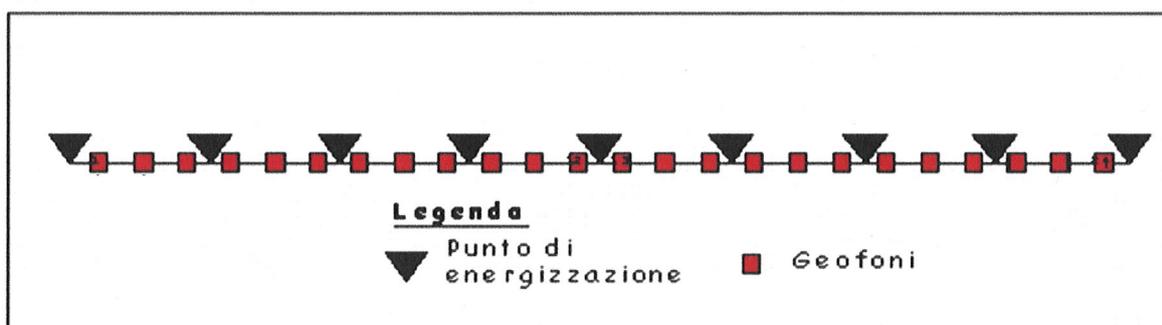


Fig 5.1 – Rappresentazione schematica di array sismico a rifrazione.

5.2 – Profili sismici a rifrazione (in onde P)

Come sistema energizzante per la generazione delle onde di compressione è stato utilizzato il fucile sismico Isotta (ESI). L'energizzazione agisce in direzione verticale sulla superficie del terreno. Un apposito sistema trigger (*hammer switch*), aziona la registrazione sul sismografo. Il sistema d'acquisizione dati impiegato è di tipo multicanale ed è quindi in grado di registrare, su ciascun canale, in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 24 bit. I profili sismici a rifrazione ad onde P, presentano le seguenti caratteristiche:

- n°1 sismografo digitale GEODE a 24 bit*
- n°24 ricevitori verticali a frequenza propria di 14Hz;*
- spaziatura dei geofoni: 5,0 e 10,0 metri;*
- numero degli shots: minimo 9;*
- sorgenti energizzanti: energizzatore ESI;*
- campionamento del segnale: 0.250ms;*
- finestra di registrazione: 2.000ms.*

5.3 – Profili sismici a rifrazione (in onde S_H)

Come sistema energizzante per la generazione delle onde di taglio polarizzate S_H è stata utilizzato, in funzione delle condizioni logistiche del sito, un sistema di colpi (destro e sinistro) realizzati ortogonalmente rispetto alla direzione dell'array sismico con massa battente da 5kg o fucile sismico ESI.

La generazione di **onde S_H polarizzate** è avvenuta secondo la procedura seguente:

- a) disposizione dei geofoni di tipo orizzontale lungo la linea, con il sensore (geofono) libero di vibrare lungo l'asse orizzontale ortogonale alla linea dello stendimento
- b) esecuzione di una piccola buca/foro allungata ortogonalmente alla direzione dell'array sismico

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	17 di 42

- c) STACK1: battuta con massa battente da 5 kg sul "lato destro" della buca o con fucile sismico ESI inclinato con un angolo pari a 45°, acquisita con polarità del sismografo *positiva (battuta destra)*
- d) inversione della polarità di acquisizione sul sismografo (da positiva a negativa)
- e) STACK2: battuta con massa battente da 5 kg sul "lato sinistro" della buca o con fucile sismico ESI inclinato con un angolo pari a 45°, acquisita con polarità del sismografo *negativa (battuta sinistra)*
- f) acquisizione del file generato dalla somma dello STACK1+STACK2

Il sistema d'acquisizione dati impiegato è di tipo multicanale ed è quindi in grado di registrare, su ciascun canale, in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 24 bit. I profili sismici a rifrazione ad onde P, presentano le seguenti caratteristiche:

n°1 sismografo digitale GEODE a 24 bit

n°24 ricevitori orizzontali a frequenza propria di 10Hz;

spaziatura dei geofoni: 5,0 e 10,0 metri;

numero degli shots: minimo 9;

sorgente energizzante: doppio stack con inversione della polarità

campionamento del segnale: 0.250 ms;

finestra di registrazione: 2.000 ms.



Fig 5.2 Strumentazione sismica a rifrazione



Fig 5.3 Fucile sismico Isotta

5.4 – Analisi di velocità delle onde di volume (onde P)

Preliminarmente all'interpretazione tomografica dei dati, si procede con l'inserimento delle coordinate plano-altimetriche (x, y, z) di tutti i geofoni e punti di scoppio. I tempi d'arrivo delle onde P sono letti attraverso uno specifico programma di *picking*, SEISOPTPICKER, ed in seguito tabellati. Tale programma permette di apprezzare variazioni di tempo dell'ordine di 0,1 millisecondi. Quindi, per mezzo dello specifico programma SEISOPTPRO v5.0, è eseguita un'interpretazione con metodologia tomografica del profilo sismico.

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. Il programma calcola quindi il tempo di transito dell'onda sismica attraverso le maglie del modello e 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 è sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropa, la quale fornisce, in seguito ad un'elaborazione con metodologie iterative R.T.C. e ad algoritmi di ricostruzione tomografica, il campo delle velocità sismiche del sottosuolo attraverso la suddivisione dello spazio in celle regolari. Nel caso specifico è stata utilizzata una maglia rettangolare 1.4x0.7m; nella restituzione grafica i valori di velocità sismica attribuiti alla singola cella sono rappresentati con scala colorimetrica 0-3.000 m/s. Inoltre, per facilitare la lettura delle velocità sulle sezioni, sono state riportate le curve di isovelocità sismica con equidistanza pari a 250 m/s. Per la determinazione del modello d'interpretazione, il software utilizza il metodo d'inversione controllato MONTE CARLO, basato su una modellizzazione avanzata, dove i modelli derivati dagli algoritmi propri del programma sono accettati o rifiutati basandosi su un criterio statistico. I risultati, in termini di affidabilità statistica dell'interpretazione operata, risultano essere i seguenti:

profilo sismico	Precisione sui tempi (sec ²)	iterazioni n°
R1	1.3x10 ⁻⁴	62.075
R2	2.0x10 ⁻⁵	38.198
R3	2.5x10 ⁻⁵	30.001

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

dove per *precisione* si intende la sommatoria degli scarti al quadrato tra i valori sperimentali dei tempi di transito sperimentali e calcolati sui singoli geofoni sulle dromocrone diviso il numero dei punti; per *iterazioni* il numero di volte che il programma ha eseguito la verifica del modello totale.

5.5 – Analisi di velocità delle onde di taglio (onde S_H)

Preliminarmente all'interpretazione tomografica dei dati, si procede con l'inserimento delle coordinate plano-altimetriche (x, y, z) di tutti i geofoni e punti di scoppio. I tempi d'arrivo delle onde S sono letti attraverso uno specifico programma di *picking*, SEISOPTPICKER, ed in seguito tabellati. Tale programma permette di apprezzare variazioni di tempo dell'ordine di 0,1 millisecondi. Quindi, per mezzo dello specifico programma SEISOPTPRO v5.0, è eseguita un'interpretazione con metodologia tomografica del profilo sismico con onde polarizzate SH.

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. Il programma calcola quindi il tempo di transito dell'onda sismica attraverso le maglie del modello e 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 è sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropa, la quale fornisce, in seguito ad un'elaborazione con metodologie iterative R.T.C. e ad algoritmi di ricostruzione tomografica, il campo delle velocità sismiche del sottosuolo attraverso la suddivisione dello spazio in celle regolari. Nel caso specifico è stata utilizzata una maglia rettangolare di dimensioni 1.4x0.7m; nella restituzione grafica i valori di velocità sismica attribuiti alla singola cella sono rappresentati con scala colorimetrica 0-1500 m/s. Inoltre, per facilitare la lettura delle velocità sulle sezioni, sono state riportate le curve di isovelocità sismica con equidistanza pari a 100 m/s.

Per la determinazione del modello d'interpretazione, il software utilizza il metodo d'inversione controllato MONTE CARLO, basato su una modellizzazione avanzata, dove i modelli derivati dagli algoritmi propri del programma sono accettati o rifiutati su un criterio statistico. I risultati, in termini di affidabilità statistica dell'interpretazione operata, risultano essere i seguenti:

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	20 di 42

profilo sismico	Precisione sui tempi (s ²)	Iterazioni n°
R1	5.6x10 ⁻⁴	103.156
R2	1.0x10 ⁻⁴	139.495
R3	1.4x10 ⁻⁴	127.137

dove per *precisione* si intende la sommatoria degli scarti al quadrato tra i valori sperimentali dei tempi di transito sperimentali e calcolati sui singoli geofoni sulle dromocrone diviso il numero dei punti; per *iterazioni* il numero di volte che il programma ha eseguito la verifica del modello.

5.6 – Profili sismici a rifrazione

Come precedentemente affermato sugli imbocchi della futura galleria sono stati eseguiti dei profili sismici a rifrazione i quali hanno permesso una caratterizzazione del terreno attraverso la distribuzione delle velocità delle onde di volume (onde P) e delle onde di taglio (onde SH). Qui di seguito vengono dettagliatamente descritti i risultati della prospezione a rifrazione suddivisi per imbocco:

IMBOCCO SUD tavola IF0F00D69IGGE005003;

In questa zona sono stati eseguiti due profili sismici a rifrazione R2 e R3 della lunghezza ciascuno di 120 ml con equidistanza geofonica pari a 5 metri ed acquisizione di Onde P e di Onde Sh. I due profili sismici sono stati eseguiti con direzione perpendicolare all'asse.

Profilo R2

L'interpretazione delle Onde P su questo profilo evidenzia un primo sismostrato con velocità sismica media di circa 500 m/sec e con spessore minimo di 4 metri in corrispondenza del punto di scoppio 1, spessore che va gradualmente aumentando procedendo verso il punto di scoppio 9 raggiungendo uno spessore massimo di circa 8 metri, associabili a litotipi superficiali allentati. Inferiormente si evidenzia un secondo sismostrato con velocità sismiche crescenti senza variazioni significative e valori di velocità compresi tra 500 e 1.750 m/sec. e con una profondità di circa 13 metri in corrispondenza dello shot 1 e profondità di circa 25 metri in corrispondenza dello shot 9. Al di sotto di questo sismostrato i terreni sono caratterizzati da velocità sismiche medio alti con valori massimi di circa 2.800 m/sec associabili a litotipi più compatti.

L'interpretazione delle Onde Sh evidenzia un primo sismostrato con valori medi di velocità sismica di circa 200 m/sec, inferiormente le velocità aumentano raggiungendo un

massimi di 500 m/sec .

Profilo R3

Questo profilo è stato eseguito ad una distanza di circa 230 ml dal profilo R2 in direzione sud in allontanamento dall'affioramento.

L'interpretazione evidenzia un modello simile al precedente ma con la differenza che non si è stato individuato il sismostrato profondo con velocità sismica medio alta associabile a litotipi più compatti.

Su questo profilo l'interpretazione ha evidenziato il primo sismostrato, associabile a litotipi allentati, con spessore compreso tra 7 e 13 metri e velocità sismica media di 500 m/sec .

Inferiormente le velocità sismiche aumentano con gradiente sismico costante fino ad un massimo di 1.250 m/sec .

L'interpretazione delle Onde Sh evidenzia velocità sismiche comprese tra 200 e 400 m/sec.

IMBOCCO NORD tavola IF0F00D69IGGE005004

In questa zona è stato eseguito un profilo sismico a rifrazione R1 della lunghezza di 210 ml con equidistanza geofonica pari a 10 metri ed acquisizione di Onde P e di Onde Sh. Questo profilo è stato eseguito, per tutta la sua lunghezza, in corrispondenza dell'asse della galleria.

Profilo R1

L'interpretazione delle Onde P evidenzia un primo sismostrato con velocità sismica media di circa 500 m/sec e con spessore di 0 metri in corrispondenza del punto di scoppio 2, spessore che va gradualmente aumentando procedendo verso il punto di scoppio 8 raggiungendo uno spessore massimo di circa 8 metri, associabili a litotipi superficiali allentati.

Inferiormente si evidenzia un secondo sismostrato con velocità sismiche crescenti senza variazioni significative e valori di velocità compresi tra 500 e 1.750 m/sec. e con una profondità compresa tra un minimo di 26 metri nella parte centrale del profilo, che aumenta ai due estremi con un massimo di 36 metri . Al di sotto di questo sismostrato i terreni sono caratterizzato da velocità sismiche medio alti con valori massimi superiori a 3.000 m/sec associabili a litotipi più compatti.

L'interpretazione delle Onde Sh evidenzia un primo sismostrato con valori medi di velocità sismica di circa 200 m/sec , inferiormente le velocità aumentano raggiungendo un massimi di 500 m/sec .

6 RILIEVO SISMICO A RIFLESSIONE

6.1 – Operazioni preliminari

La prima fase, preliminarmente all'esecuzione dei profili sismici, è stata preceduta da una capillare ricerca tramite il Catasto terreni on-line dei nominativi dei proprietari interessati dalla prospezione sismica.

Successivamente un nostro collaboratore ha contattato ed informato i vari proprietari dei lavori da eseguire sulle loro proprietà.

Nella fase successiva è stata operato il tracciamento a terra della linea sismica a riflessione, utilizzando un apparecchiatura GPS Ashtech.

Tutte le posizione geofoniche sono state evidenziate mediante l'apposizione di appositi segnali.

Quando la linea sismica ha interessato attraversamenti di strade sono stati utilizzati apposite protezioni passa-cavo da apporre in concomitanza con l'attraversamento delle strade, senza porre ostacoli all' eventuale passaggio di veicoli.

I fori per l'alloggiamento dell'esplosivo sono stati realizzati, una parte, preliminarmente alla fase di acquisizione e registrazione dei dati sismici. Tali fori sono stati realizzati fino alla profondità richiesta di circa 1,0 metro da piano campagna utilizzando una trivella portatile a scoppio.

Per l'energizzazione è stato utilizzato esplosivo gelatinato, innescato da detonatori elettrici ad alta intensità "tempo 0".

L'esplosivo, posto in fondo agli appositi fori è stato borrato fino in superficie, in modo da limitare l'effetto detonante e produrre il massimo di energia meccanica trasmessa alle rocce.

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	23 di 42

6.2 – Esecuzione del rilievo

Il rilievo sismico a riflessione è consistito nell'acquisizione di un profilo della lunghezza totale di 3.330 ml la cui disposizione è riportata in tavola IF0F00D69IGGE0005002

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

- *n°3 sismografi digitali GEODE a 24 bit*
- *Gruppi di geofoni attivi simultaneamente: n° 72*
- *Gruppi composti da stringhe con 4 geofoni in serie;*
- *n° totale di geofoni 333;*
- *Spaziatura tra i gruppi di geofoni: 10 metri;*
- *Spaziatura dei tiri ((shot) : 10 metri;*
- *Copertura nominale: 36a;*
- *Sorgente sismica: esplosivo gelatinato .*



Fig 6.1 Acquisizione in corrispondenza dello shot 189

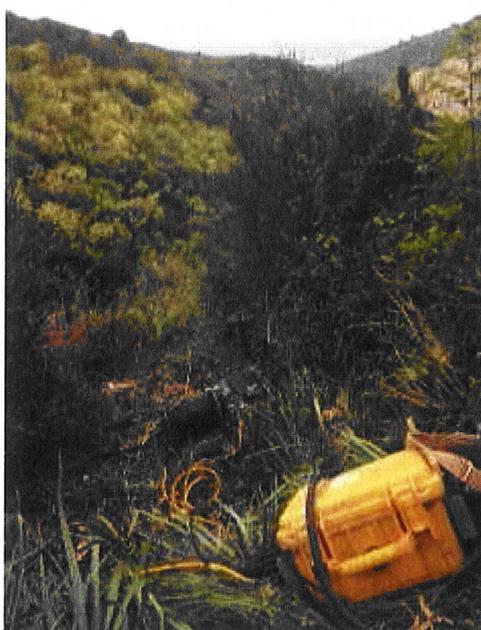


Fig 6.2 Acquisizione in corrispondenza dello shot 210

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

6.3 – File di registrazione

Come precedentemente affermato nel paragrafo 3 “Strumentazioni ed attrezzature impiegate” per l’acquisizione in campagna del profilo a riflessione, è stata utilizzata una configurazione che prevedeva l’utilizzo di 3 sismografi ognuno da 24 canali per un totale di 72 geofoni attivi

Nella fase interpretativa i file acquisiti, una volta convertiti separatamente in formato PCSEGY, vengono combinati in un unico file mediante un modulo automatico di combinazione sequenziale dei dati SEG Y all’interno del software Vista.

Tutte le operazioni di processing possono essere eseguite per singolo shot oppure per gruppi di shot; generalmente si segue questa seconda modalità quando la procedura di elaborazione è uguale e non necessità di parametri diversi.

6.4 – Metodologia interpretativa

La sequenza di elaborazione utilizzata ha tenuto in considerazione le specifiche tecniche della Committenza, adattandole tuttavia alle caratteristiche del dato acquisito. I dati sono stati elaborati prevalentemente con il software Vista 1.1 ; alcune operazioni sono state infine condotte con l’uso del software Geosoft Visualsunt.

Le caratteristiche specifiche del dato sono legate al fatto che l’acquisizione è avvenuta su tracciati con ampia escursione altimetrica, substrato roccioso e presenza di coperture variabili da detriti grossolani a suoli humici. Questa notevole variabilità ha determinato l’utilizzo di una sequenza base di elaborazione con alcune varianti a seconda dell’aspetto geologico-ambientale prevalente.

La normale sequenza di elaborazione dati può essere segmentata in tre fasi distinte:

- Fase 1) *Pre-processing*
- Fase 2) *Processing nel dominio dei tiri*
- Fase 3) *Processing nel dominio delle C.D.P.*

	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

FASE 1

Nella prima fase di *pre-processing* i dati vengono predisposti per l'elaborazione vera e propria. La sequenza di operazioni, costante per tutti profili della presente indagine, è la seguente:

- a) conversione di formato
- b) *input* geometria
- c) *trace killing*

Nel primo step (1a) i dati vengono convertiti dal formato creato dal sismografo, convenzionalmente indicato come SEG2, al formato standard di elaborazione sismica convenzionalmente indicato come PC-SEG2.

Nel secondo step (1b) la geometria di acquisizione viene caricata nella header di ogni registrazione. La geometria viene definita in base all'ubicazione del punto di energizzazione e dei geofoni per ogni singola registrazione (shot), utilizzando una coordinata progressiva sul profilo. Le informazioni sulla geometria permangono nel record di ogni singola traccia e vengono quindi mantenute anche dopo le operazioni di sorting in qualunque dominio (offset, geofono, CDP).

Nel terzo step (1c) si procede ad eliminare manualmente le tracce morte e/o rumorose. L'operazione di *killing* azzerava la traccia di partenza ed essa viene ricostruita in seguito tramite *mixing* con le tracce contigue.

FASE 2

La seconda fase di elaborazione avviene sui dati organizzati nel dominio dei tiri, che è il dominio di acquisizione. Le operazioni possono avvenire in blocco su tutti i record contemporaneamente, oppure singolarmente tiro per tiro.

L'obiettivo di questa fase di elaborazione consiste nell'elevare il rapporto segnale-disturbo, e quindi aumentare la qualità delle singole tracce. La sequenza generale di elaborazione utilizzata è la seguente:

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IFOF	01 D 69	IG	GE0005 001	A	26 di 42

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| a) RMS gain | g) <i>Mixing</i> |
| b) Analisi spettrale | h) Deconvoluzione "spiking" |
| c) Pre-filtraggio passabanda | i) AGC gain |
| d) Ricampionamento | j) <i>Muting</i> |
| e) Filtraggio passabanda | k) Filtraggio passabanda |
| f) Gain esponenziale | l) <i>Sorting</i> |

Nel primo step (2a) si procede ad un equalizzazione dell'ampiezza su tutto il record dei dati, che vengono riportati ad un valore medio analogo in modo da risultare confrontabili.

Nel secondo step (2b) viene calcolato lo spettro di ampiezza, in modo da valutare la distribuzione del segnale nelle diverse bande di frequenza. Si rileva che il segnale è prevalentemente concentrato nella banda di frequenza compresa tra 20 e 150/200 Hz.

Nel terzo step (2c) si esegue un prefiltraggio di preparazione al ricampionamento successivo, al solo scopo di evitare l'aliasing delle alte frequenze. Il passabanda utilizzato è 0/5 Hz 950/955 Hz

Nel quarto step (2d) i dati vengono ricampionati da 0,25 msec (max frequenza 2000 Hz) a 0,5 msec (max frequenza 1000 Hz). Il ricampionamento è giustificato dal contenuto di frequenza medio del dato, che come specificato al punto 2b è spostato, come di consueto, sul range inferiore ai 200 Hz.

Nel quinto step (2e) i dati ricampionati vengono filtrati nel passabanda d'interesse che è 15/25 Hz sulle basse frequenze e 350/355 Hz sulle alte frequenze. L'applicazione di questo filtro passabanda consente una prima attenuazione dei disturbi coerenti aventi bassa velocità apparente (*ground-roll*) concentrati su frequenze intorno ai 10-15 Hz.

Nel sesto step (2f) viene recuperata la divergenza sferica, ossia l'attenuazione dell'energia con l'aumentare della profondità (e quindi dei tempi), attraverso l'applicazione di un guadagno di ampiezza esponenziale in funzione del tempo.

Nel settimo step (2g) si procede ad un'operazione di simulazione dell'array di geofoni mediante il mixing di cinque tracce contigue con pesi 5-10-70-10-5. Questo permette di simulare un array di acquisizione di 20 m, pari a quattro interdistanze tra i geofoni, e quindi contribuisce

	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI				
INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. FOGLIO A 27 di 42

ad abbattere ulteriormente i disturbi coerenti come il groundroll. L'operazione di mixing viene fatta sugli shot separati, per evitare contaminazione tra punti di sparo diversi.

Nell'ottavo step (2h) viene applicata una deconvoluzione tipo spiking; questa operazione mira ad attenuare la ripetitività della traccia (presenza di multiple) e di riportare il segnale riflesso il più possibile ad un'ondina semplice priva di oscillazioni successive (forma del treno d'onda riflesso). I parametri della deconvoluzione sono la finestra temporale di applicazione, estesa generalmente a tutto il dato; la lunghezza dell'operatore e la percentuale di sbiancamento dello spettro.

Il parametro critico è la lunghezza dell'operatore che viene definita attraverso il calcolo dell'autocorrelazione della traccia, una funzione che mostra la dimensione delle ripetizioni in termini di distanza di lobi laterali rispetto al lobo principale. Nello specifico è stato calcolato un operatore di 35 msec di lunghezza. La percentuale di sbiancamento dello spettro è l'incremento che l'operatore della deconvoluzione comporta sullo spettro di ampiezza, e varia da 0,1 ad 1. Sui dati di questa indagine si è lavorato con una percentuale del 20% (fattore 0,2).

Nel nono step (2i) si è applicato un guadagno di ampiezza di tipo AGC (automatic gain control) con finestra temporale di 200 msec.

Nel decimo step (2j) si è proceduto a tagliare (muting) la parte di dato che non interessa (primi arrivi diretti). In particolare si è applicato un top mute per eliminare tutto il rumore presente prima dei primi arrivi, quest'ultimi compresi. L'operatore è stato applicato manualmente seguendo per ogni singolo shot la pendenza dei primi arrivi. Si è inoltre applicato un mute interno sugli offset corti con pendenza dell'onda sonora (330 msec).

Nell'undicesimo step (2k) si è proceduto ad un ulteriore filtraggio passabanda nel range 20/25 Hz sulle basse frequenze e 250/255 Hz sulle alte frequenze. Questo intervallo di frequenze rappresenta la porzione significativa del segnale.

Il dodicesimo step (2l) consiste nel sorting dei dati dal dominio degli shot al dominio delle CDP.

Fase 3

Successivamente si procede con la terza fase di elaborazione da cui deriva la sezione sismica definitiva; la sequenza di operazioni avviene secondo il seguente schema :

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IFOF	LOTTO 01 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

1. Fase pre-stack

- a) correzioni statiche aerato
- b) analisi di velocità ogni 10 C.D.P.
- c) correzione *Normal Move-Out*
- d) correzioni statiche residuali

2. Stack

- a) sommatoria C.D.P. (Stack)
- b) riduzione al datum
- c) RMS *gain*

3. Fase post-stack

- a) migrazione
- b) *mixing*

Nello step 3.1a vengono applicate le correzioni statiche relative al contributo dello strato aerato, di segno negativo; le correzioni statiche sono legate alle variabili caratteristiche di spessore e velocità dello strato aerato che rallenta i tempi di transito. Questo primo contributo viene denominato piccole statiche.

Nel caso delle piccole statiche viene letta una velocità V_0 ed un tempo intercetto su ogni shot. Viceversa la velocità del substrato viene assunta costante lungo il profilo. L'entità della correzione viene quindi calcolata mediante la formula

$$t_{\text{int}} \times \text{rad}2[V_{\text{sub}} - V_0] / (V_{\text{sub}} + V_0).$$

Nello step 3.1b vengono eseguite le analisi di velocità ad intervalli di 10 C.D.P. con tecnica "semblance" o "CVS (*Constant Velocity Stack*)" nell'intervallo di velocità da 1.000 a 5.000 m/s, con incremento di 200 msec. Le velocità vengono scelte in funzione della coerenza dello stack; esse corrispondono cioè al valore di velocità che meglio corregge il *Move Out* delle riflessioni, ossia l'effetto freccia delle riflessioni in CDP legato all'aumento della distanza sorgente-ricevitore. Collegando i picchi di coerenza di ciascuna analisi di velocità si ottiene una funzione di velocità verticale; successivamente viene creata una sezione di velocità interpolando lungo il tracciato di un profilo le funzioni di velocità, ottenendo una funzione di velocità per ciascuna CDP. Una volta corretto il *Move Out* si ha la sezione sismica *stack*, dove cioè ciascuna CDP viene ridotta ad una traccia singola.

Le velocità di *stack* calcolate nell'area in esame sono mediamente comprese tra 2.500 e 3.500 m/s, in buon accordo con la presenza di un substrato roccioso più o meno alterato. Il

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

significato fisico delle velocità così ottenute è comunque di tipo sismico, guidato cioè da parametri di coerenza del segnale ottenuto, e quindi la sua interpretazione geologica deve necessariamente limitarsi ad una valutazione in termini relativi (aree di diminuzione o di incremento). Dalle velocità medie sono state calcolate le velocità intervallo con la semplice formula di Dix.

Nello step 3.1c viene eseguita la correzione NMO utilizzando le velocità RMS. Durante la correzione di NMO i dati vengono tagliati (muting) se la percentuale di stretching supera il 30%.

I dati vengono quindi filtrati secondo il passabanda 20/25 Hz – 250/255 Hz in accordo con lo step 2k e successivamente viene applicata un'equalizzazione del gain sul valore medio.

Nello step 3.1d viene eseguita una correzione delle statiche residuali attraverso un algoritmo "surface consistent", che cioè mantiene costante la correzione per in funzione delle coordinate degli shot e dei ricevitori. Questa operazione viene eseguita con un criterio di minima convergenza onde evitare di forzare eccessivamente la coerenza degli eventi riflessi.

Si procede quindi con lo stack step 3.2a, ossia con la sommatoria in un'unica traccia di tutte le tracce di una stessa famiglia CDP.

Successivamente con lo step 3.2b, cioè la riduzione al datum, che consiste il secondo contributo delle correzioni statiche, di segno positivo. Essa consiste nel tener conto che le tracce sono state acquisite non su di un piano ma lungo un profilo dalla morfologia variabile. Il contributo viene calcolato con la $(Q_{\text{datum}} - Q_{\text{sub}}) / V_{\text{sub}}$ per ogni CDP. La velocità di riduzione al datum viene assunta costante lungo il profilo, mentre la quota di riferimento è variabile.

I dati vengono quindi equalizzati nello step 3.2c con un gain RMS.

Segue una fase post-stack con una migrazione tempi (step 3.3a) utilizzando un algoritmo di migrazione di fase.

Infine viene uno step cosmetico con un mixing a tre tracce (step 3.3b) con peso 10 – 80 - 10, volto ad aumentare la continuità degli eventi riflessi.

Fase 4 : ATTRIBUTI COMPLESSI

Le sezioni migrate finali sono state utilizzate per ricavare gli attributi complessi della traccia, quali fase istantanea, ampiezza involuppo e frequenza istantanea. Questi parametri

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	30 di 42

hanno la capacità d'incrementare la risoluzione verticale del dato, in particolare per quanto attiene l'assetto geometrico dei riflettori con la fase istantanea, e per quanto attiene la variazione delle caratteristiche del segnale lungo la stessa riflessione per quanto concerne l'ampiezza involuppo e la frequenza istantanea. La fase di calcolo è stata eseguita su di una finestra di 200 - 250 msec posta nell'intorno verticale della quota galleria di progetto, mediante implementazione di routine di calcolo presenti nella suite di processing del Vista. Queste routine di calcolo non comportano la selezione di parametri da parte dell'operatore e si adattano quindi automaticamente alle caratteristiche del dato.

I risultati di questa elaborazione sono mostrati in elaborati distinti, in scala temporale doppia rispetto alle sezioni complete.

6.5 – Analisi dei risultati

Le elaborazioni eseguite e riportate nelle tavole in scala 1: 5.000 consentono di evidenziare vari elementi strutturali e geologici che successivamente hanno contribuito all'interpretazione finale del profilo. Sinteticamente i vari apporti possono così essere descritti :

- SEZIONE TRACE ENVELOPE (tavola 07 in alto) : rappresenta un attributo fisico usato per discriminare le seguenti caratteristiche:
 - *I più importanti contrasti di impedenza acustica e quindi la riflettività delle rocce;*
 - *Contatti geologici;*
 - *Correlazioni spaziali tra porosità ed alter variazioni litologiche.*

- SEZIONE FREQUENZA ISTANTANEA (tavola 07: la seconda dall'alto) : Il calcolo della frequenza istantanea al tempo della derivata di fase ed i suoi significati sono stati oggetto di numerose pubblicazioni (Cohen, 1995, Barnes, 1991, 1992). L'attributo frequenza istantanea è legato agli effetti di propagazione dell'onda sismica ed alle caratteristiche deposizionali, pertanto anche questo è un attributo fisico e può essere usato come discriminante; nello specifico mette in evidenza le zone fratturate (in quanto le zone fratturate appaiono come zone a bassa frequenza).

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	31 di 42

- SEZIONE FASE Istantanea (tavola 07: la seconda dal basso) : Poichè I fronti di onda sono definiti come linee a fase costante, l'attributo fase è quindi anche un attributo fisico è può essere effettivamente utilizzato come un discriminante per il riconoscimento di forme geometriche. Pertanto queste indicazioni possono così essere utilizzate :
 - come buon indicatore di continuità laterali,
 - per visualizzare in maniera dettagliata elementi stratigrafici
- SEZIONE FATTORE DI QUALITÀ (tavola 07: in basso) : È indice di qualità della roccia che viene espresso in DB (decibel), i valori prossimi allo 0 indicano una qualità migliore.

Passando ad analizzare l'interpretazione complessiva del profilo (tavola 6 in alto: sezione migrata convertita in profondità) si osservano i seguenti elementi :

1. il contatto tra i soprastanti calcari e le sottostanti argilliti risulta abbastanza profondo e comunque sempre ad una quota inferiore, di alcune decine di metri, rispetto al piano della futura galleria;
2. nella zona dell'imbocco nord il contatto tra i calcari e le sottostanti argilliti viene a giorno ed intercetta il profilo di scavo della galleria circa alla progressiva 6+120 km ;
3. nella zona dell'imbocco sud il contatto tra i calcari e le sottostanti argilliti è prossimo alla quota della futura galleria nel tratto compreso tra la progressiva 3+300 e 3+440 km ;
4. nella parte più superficiale e comunque ad una quota da non intercettare la galleria, si segnala un contatto stratigrafico conformato sempre a sinclinale. Tale contatto dovrebbe risultare esposto nell'incisione del fosso alla progressiva 5+180 km ;
5. sono altresì presente alcune faglie generalmente dirette il cui andamento in profondità intercetterà sicuramente la futura galleria; alcune di queste faglie sono indicate come certe (alla progressiva 4+480, 4+820 km), ed altre come incerte e/o probabili (progressiva 4+030, 4+215, 5+220, 5+ 295, 5+410 km) ;

6. si segnalano altresì due zone, sempre comprese tra due lineazioni, ove però la roccia risulta estremamente fratturata; tali zone sono così ubicate: dalla progressiva 5+815 a 5+920 km e dalla progressiva 6+310 a 6+380 km .

6.6 – Correlazione tra i valori di RQD del sondaggio geognostico e la velocità di stak

Al fine di fornire un ulteriore elemento circa la qualità della roccia è stata tentata una correlazione tra i valori di RQD (%) ottenuti con il sondaggio geognostico eseguito sulla sommità del Monte Aglio ed i valori della “ velocità intervallo” (tavola 6 in basso) ottenuti con l’elaborazione delle tracce sismica. Si ricorda che questi valori di velocità non sono assimilabili direttamente con la velocità sismica della roccia ma rappresentano comunque un elemento indicativo delle sue caratteristiche di resistenza.

I vari valori di RQD registrati con l’osservazione delle carote e riportatai sulla stratigrafia del citato sondaggio sono stati posti in profondità e per ogni tratto è stata assunto il valore significativo della “velocità intervallo”. Dall’interpolazione di tali valori si è ottenuto il grafico di figura 6.3 ed è stata altresì individuata la curva di involuppo di tutti i punti.

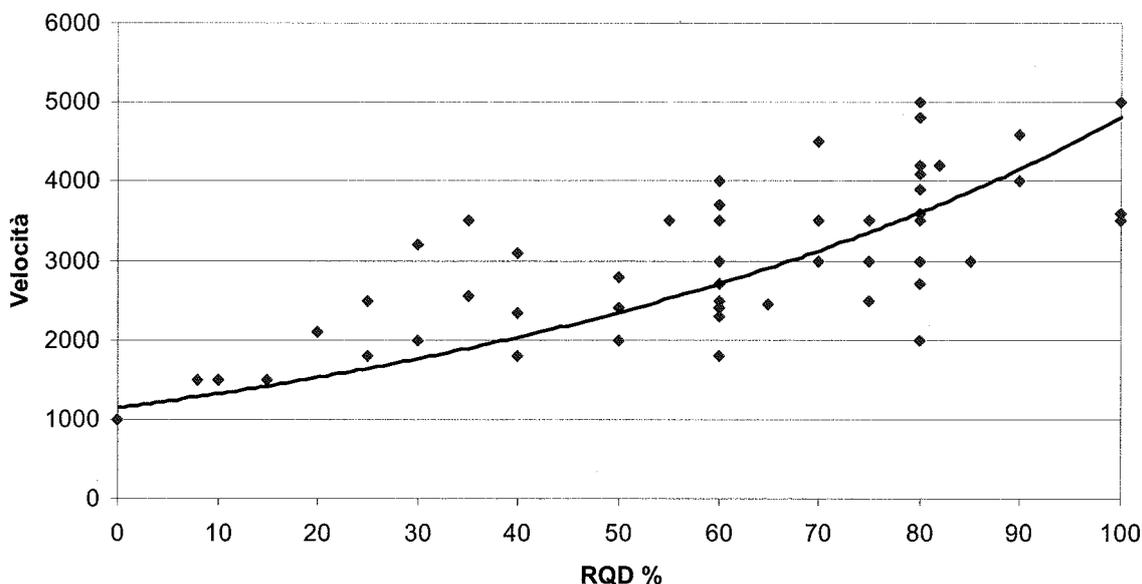


Fig 6.3 Grafico di correlazione tra RQD del sondaggio e la velocità intervallo in corrispondenza dello stesso.

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	33 di 42

Successivamente i contenuti del grafico soprariportato sono stati estesi al tracciato della galleria al fine di ottenere delle informazioni circa le caratteristiche della roccia da scavare; nello specifico sono stati assunti i valori della velocità intervallo in corrispondenza della posizione della galleria e per tali valori è stato definito, ricorrendo al grafico in questione, il valore presunto della RQD della roccia.

Tale procedimento è da ritenersi affetto da un certo grado di approssimazione, ma comunque i valori di RQD riportati sono comunque da intendersi come indicativi delle caratteristiche della roccia.

Dalla progressiva km	Alla progressiva km	RQD %
3+350	3+380	15
3+380	3+420	40-50
3+420	3+440	15
3+440	3+495	55-80
3+495	3+520	15
3+520	3+565	<65
3+565	3+615	15
3+615	3+625	30
3+625	3+740	15
3+740	3+780	40-60
3+780	3+805	60
3+805	3+835	65-85
3+835	3+910	30-50
3+910	3+950	40-50
3+950	4+035	<75
4+035	4+105	65-80

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	34 di 42

Dalla progressiva km	Alla progressiva km	RQD %
4+105	4+150	15-20
4+150	4+225	<70
4+225	4+250	50
4+250	4+280	>40
4+280	4+315	<70
4+315	4+350	20
4+350	4+430	65-85
4+430	4+495	20
4+495	4+560	55-75
4+560	4+620	<70
4+620	4+705	20
4+705	4+740	<70
4+740	4+780	20
4+780	4+820	<70
4+820	4+840	20
4+840	4+860	70
4+860	4+875	20
4+875	4+900	50
4+900	4+925	<80
4+925	4+940	55
4+940	4+985	20
4+985	5+015	55-75
5+015	5+045	20
5+045	5+060	55
5+060	5+160	<80

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	35 di 42

Dalla progressiva km	Alla progressiva km	RQD %
5+160	5+205	45-70
5+205	5+220	20
5+220	5+260	<50
5+260	5+315	20
5+315	5+355	50-70
5+355	5+420	20
5+420	5+470	<70
5+470	5+525	20
5+525	5+580	20-30
5+580	5+620	60-80
5+620	5+685	<85
5+685	5+705	60
5+705	5+725	<85
5+725	5+880	40-50
5+880	5+925	20
5+925	5+960	55
5+960	5+980	<80
5+980	5+995	70
5+995	6+070	40-60
6+070	6+085	65
6+085	6+105	50
6+105	6+425	<20
6+425	6+540	20-30

	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI					
INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IFOF	LOTTO 01 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A	FOGLIO 36 di 42

6.7 – Profilo geofisico della galleria

Il complesso delle indagini geofisiche eseguito ha consentito la redazione del profilo geofisico, in scala 1:2.000, lungo l'asse della futura galleria che è stato illustrato in tavola IFOF00D69IGGE0005008.

La tavola in oggetto illustra l'andamento geofisico e la conseguente ricostruzione geologica lungo l'asse della futura galleria, nel tratto compreso tra la progressiva chilometrica dello scavo 3+348 e quella 6+500; tale tavola si divide sostanzialmente in due parti: in quella superiore è riportato il profilo geofisico in corrispondenza dell'asse e nella parte inferiore tutti gli elementi che sono derivati dall'elaborazione geofisica e dall'attribuzione geologica. Circa questi ultimi elementi nella tavola sono riportati :

- La litologia più probabile in riferimento agli elementi fornitici dalla Committenza;
- Le faglie distinte in certe ed incerte con indicato un certo margine di incertezza che tiene conto delle caratteristiche strutturali e di assetto. In particolare tale fascia geometrica di incertezza in cui le probabilità variano in % tra 0 e 100. Le dimensioni di dette fasce variano tra i 5, i 10 ed i 15 m ;
- Velocità sismica di intervallo ricavata dalla sismica a riflessione, espressa mediante una scala colorimetrica sempre in m/sec. I valori variano tra un minimo di 1.500 ed un massimo di 5.000 m/sec .

Passando ad analizzare in dettaglio il tracciato si ottengono in relazione ai sopraccitati elementi le seguenti indicazioni :

Dalla progressiva 3+450 km

Alla progressiva 3+470 km

LITOLOGIA : calcare

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : medie con RQD stimato inferiore a 50%

La galleria corre circa in prossimità del contatto tra i soprasanti calcarei con le argilliti a letto.

La pendenza di tale contatto esclude la presenza di una falda idrica consistente.

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	37 di 42

Dalla progressiva 3+470 km

Alla progressiva 3+950 km

LITOLOGIA : calcare

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : medie con RQD stimato <50%

Dalla progressiva 3+950 km

Alla progressiva 4+015 km

LITOLOGIA : calcare

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : buone con RQD stimato superiore a 75%

Dalla progressiva 4+015 km

Alla progressiva 4+035 km

LITOLOGIA : calcare

Presenza di una faglia incerta diretta che ribassa il lato meridionale

Dalla progressiva 4+035 km

Alla progressiva 4+105 km

LITOLOGIA : calcare

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : buone con RQD stimato compreso tra 65 ed 80

Dalla progressiva 4+105 km

Alla progressiva 4+140 km

LITOLOGIA : calcare

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : più scadenti con RQD stimato inferiore a 20

Dalla progressiva 4+140 km

Alla progressiva 4+190 km

LITOLOGIA : calcare

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : migliori rispetto al tratto precedente con RQD stimato superiori a 70

Dalla progressiva 4+190 km

Alla progressiva 4+ 250km

LITOLOGIA : calcare

Presenza di una faglia incerta diretta che ribassa il lato meridionale

Dalla progressiva 4+250 km

Alla progressiva 4+ 440km

LITOLOGIA : calcare

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : medio buone

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	38 di 42

Dalla progressiva 4+440 km

Alla progressiva 4+500 km

LITOLOGIA : calcare

Presenza di una faglia certa diretta che ribassa il lato meridionale

Dalla progressiva 4+500 km

Alla progressiva 4+620 km

LITOLOGIA : calcare

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : medie con RQD stimato da 55 ad 80

Dalla progressiva 4+620 km

Alla progressiva 4+705 km

LITOLOGIA : calcare

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : scarse con RQD stimato molto basso

Dalla progressiva 4+705 km

Alla progressiva 4+740 km

LITOLOGIA : calcare

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : buone con RQD stimato superiore a 70

Dalla progressiva 4+740 km

Alla progressiva 4+800 km

LITOLOGIA : calcare

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : scadenti con RQD stimato intorno a 20

Dalla progressiva 4+800 km

Alla progressiva 4+830 km

LITOLOGIA : calcare

Presenza di una faglia certa inversa che ribassa il lato settentrionale

Dalla progressiva 4+830 km

Alla progressiva 5+015 km

LITOLOGIA : calcare

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : nel complesso buona con RQD stimato superiore a 40 ma con zone di spessore limitato più fratturate

Dalla progressiva 5+015 km

Alla progressiva 5+060 km

LITOLOGIA : calcare

Presenza di una faglia certa diretta che ribassa il lato meridionale

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	39 di 42

Dalla progressiva 5+060 km

Alla progressiva 5+195 km

LITOLOGIA : calcare

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : medie alte con valori di RQD stimato anche superiori ad 80

Dalla progressiva 5+195 km

Alla progressiva 5+225 km

LITOLOGIA : calcare

Presenza di una faglia incerta diretta che ribassa il lato meridionale

Dalla progressiva 5+225 km

Alla progressiva 5+285 km

LITOLOGIA : calcare

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : medie con RQD stimato superiore a 50

Dalla progressiva 5+285 km

Alla progressiva 5+315 km

LITOLOGIA : calcare

Presenza di una faglia incerta diretta che ribassa il lato settentrionale

Dalla progressiva 5+315 km

Alla progressiva 5+365 km

LITOLOGIA : calcare

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : medie con RQD stimato compreso tra 50 e 70

Dalla progressiva 5+365 km

Alla progressiva 5+420 km

LITOLOGIA : calcare

Presenza di una faglia incerta diretta che ribassa il lato settentrionale

Dalla progressiva 5+420 km

Alla progressiva 5+470 km

LITOLOGIA : calcare

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : buone con RQD stimato superiore a 70

Dalla progressiva 5+470 km

Alla progressiva 5+580 km

LITOLOGIA : calcare

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : più scadenti rispetto al precedente con RQD stimato intorno tra 20 e 30

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	40 di 42

Dalla progressiva 5+580 km

Alla progressiva 5+790 km

LITOLOGIA : calcare

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : medie alte con RQD stimato tra 60 ed 85

Dalla progressiva 5+790 km

Alla progressiva 5+920 km

LITOLOGIA : calcare

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : medie con RQD stimato

Presenza di una zona di forte alterazione della roccia; tale zona è compresa tra due faglie poste circa a 5+315 e 5+400

Dalla progressiva 5 +920 km

Alla progressiva 6+115 km

LITOLOGIA : calcare

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : medio alte con RQD stimato tra 55 ed 80

Dalla progressiva 6+115 km

Alla progressiva 6+280 km

LITOLOGIA : argilliti

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : scadenti con RQD stimato inferiore a 20

Dalla progressiva 6+280 km

Alla progressiva 6+410 km

LITOLOGIA : argilliti

Presenza di una zona di forte alterazione della roccia tenera; tale zona è compresa tra due faglie poste circa a 6+300 e 6+380

Dalla progressiva 6+410 km

Alla progressiva 6+500 km

LITOLOGIA : argilliti

CARATTERISTICHE DELLA ROCCIA : scadenti con RQD stimato intorno a 20

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	41 di 42

APPENDICE:

Carta di conducibilità elettrica

INDAGINI GEOFISICHE

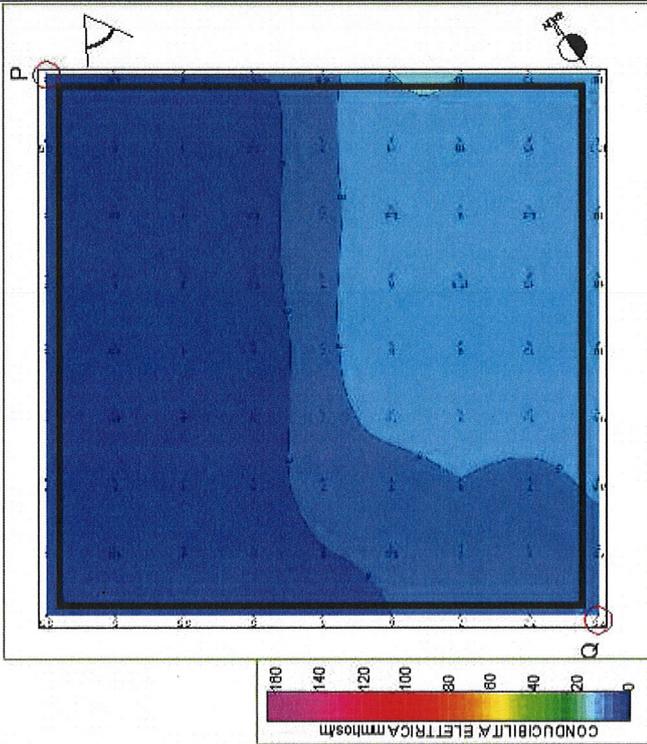
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0F	01 D 69	IG	GE0005 001	A	42 di 42

272

Prat. 6782/014
CARTA DELLA CONDUCIBILITÀ ELETTRICA scala 1:200

AREA SONDAGGIO S1

PLANIMETRIA GENERALE UBICATIVA



Vertice P- Latitudine Nord 41°03'11,86"
Longitudine Est 14°24'38,95"
Vertice Q- Latitudine Nord 41°03'10,96"
Longitudine Est 14°24'39,06"

12 X
Punti di misura (maglia 2,5x2,5 metri) e valore della conducibilità elettrica (mhos/m)

Vertice del rettangolo investigato e lettere identificative

Area priva di masse metalliche sepolte e ritenuta idonea per il sondaggio.

Punto di vista fotografico

per la SGG srl

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

