

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI  
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI  
DIRETTRICE SUD – PROGETTO ADRIATICA

PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. GEOLOGIA

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA

(Infrastrutture strategiche legge n.443/2001)

Lotto 1: Ripalta - Lesina

INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE IN SITU

Indagini geognostiche 2009: prospezioni geoelettriche

SCALA:

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

L100    01    D    69    IG    GE0005    004    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Emissione esecutiva	W. RIVOLA	Mar 2016	A. PELLEGRINO	Mar 2016	F. GERNONE	Mar 2016	

**ITALFERR S.p.A.**  
 Dott. Geologo Francesco MARCHESI  
 Resp. U.O. GEOLOGIA  
 Ordine Geologi Lazio n. 179 ES

Stampato dal Service  
di plottaggio ITALFERR S.p.A.  
ALBA s.r.l.

File: \_\_\_\_\_ n. Elab.: \_\_\_\_\_





DIREZIONE INVESTIMENTI  
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI  
DIRETTRICE SUD – PROGETTO ADRIATICA

LINEA PESCARA-BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 1: RIPALTA - LESINA

PROSPEZIONI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L100	01	D 69 IG GE0005 004	A	2 DI 10

## INDICE

1. PREMESSA \_\_\_\_\_ PAG. 2

2. TOMPOGRAFIA ELETTRICA \_\_\_\_\_ PAG. 3

2.1 ACQUISIZIONE DEI DATI \_\_\_\_\_ pag. 4

2.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA \_\_\_\_\_ pag. 5

2.3 PROCEDURE DI ACQUISIZIONE DATI \_\_\_\_\_ pag. 7

2.4 PROCEDURE DI ELABORAZIONE DATI \_\_\_\_\_ pag. 7

3. ANALISI DEI RISULTATI \_\_\_\_\_ PAG. 8

  <p>DIREZIONE INVESTIMENTI DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI DIRETTRICE SUD – PROGETTO ADRIATICA</p>	<p>LINEA PESCARA-BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 1: RIPALTA - LESINA</p>										
<p>PROSPEZIONI GEOFISICHE</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L100</td> <td>01</td> <td>D 69 IG GE0005 004</td> <td>A</td> <td>3 DI 10</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	L100	01	D 69 IG GE0005 004	A	3 DI 10
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
L100	01	D 69 IG GE0005 004	A	3 DI 10							

## 1. PREMESSA

Il rapporto illustra i risultati delle prospezioni geofisiche realizzate a supporto del progetto definitivo degli interventi di messa in sicurezza della linea ferroviaria Adriatica (tratta Chieti-Lesina), in corrispondenza della piana del Fiume Fortore (variante in viadotto tra le progressive Km 466- Km 470).

Le attività svolte sono relative all'acquisizione di due profili elettrotomografici.

Sono parte integrante del Rapporto, oltre le sezioni elettrotomografiche, la planimetria di riferimento e le sezioni litostratigrafiche interpretative.

## 2. TOMOGRAFIA ELETTRICA

La metodologia generalmente definita “geoelettrica” rappresenta uno dei metodi geofisici più utilizzati per la caratterizzazione dei materiali e in particolare del sottosuolo. I recenti sviluppi della miniaturizzazione elettronica e delle procedure di acquisizione dati gestite “via” software, hanno consentito di applicare questa metodologia, un tempo lenta e laboriosa, ai più disparati settori dello studio del sottosuolo con tempistica e dettaglio un tempo impensabili. Il parametro di base è la resistività elettrica, proprietà fisica che esprime la “resistenza” che i materiali offrono al passaggio della corrente.

Le misure geoelettriche consentono quindi, studiando le deformazioni del flusso di corrente causate dalle diverse strutture presenti nel sottosuolo, di caratterizzare le strutture stesse e ricostruirne la distribuzione spaziale. La resistività delle diverse formazioni geolitologiche è determinata essenzialmente dai seguenti fattori:

- Porosità; forma, dimensione e continuità dei pori;
- Percentuale di contenuto d’acqua dei pori;
- Salinità del liquido di saturazione dei pori;
- Presenza di matrice a granulometria fine;
- Conducibilità intrinseca dei minerali di base;

A titolo indicativo si riportano di seguito i valori di resistività dei più comuni materiali:

Materiale	Resistività (ohm x m) (materiali saturi)	Resistività (ohm x m) assoluta
Aria		$\infty$
Acqua di mare		<0.2
Acqua di falda	0.5	$3 \cdot 10^2$
Calcari	$10^2$	$10^6$
Dolomie	$10^2$	$10^4$
Arenarie	10	$10^6$
Argille (acqua dolce)	10	120
Argille (acqua salata)	1	10
Marne	2	50
Sabbie	10	$10^3$
Scisti	20	2000
Graniti	$10^2$	$10^6$
Basalti	$10^2$	$10^7$



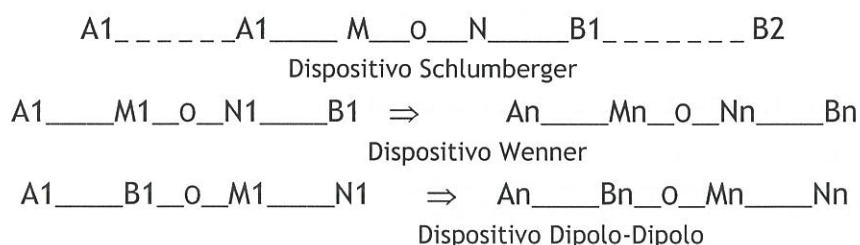
  <p>DIREZIONE INVESTIMENTI DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI DIRETTRICE SUD – PROGETTO ADRIATICA</p>	<p>LINEA PESCARA-BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 1: RIPALTA - LESINA</p>										
<p>PROSPEZIONI GEOFISICHE</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 30%;">CODIFICA DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 25%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L100</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">D 69 IG GE0005 004</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">5 DI 10</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	L100	01	D 69 IG GE0005 004	A	5 DI 10
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
L100	01	D 69 IG GE0005 004	A	5 DI 10							

E' quindi evidente che gli ammassi rocciosi più compatti presentano i valori più elevati, mentre i materiali più disgregati se associati a matrice argillosa o presenza d'acqua di saturazione hanno resistività certamente inferiore.

## 2.1 ACQUISIZIONE DEI DATI

Come accennato la misura del valore di resistività elettrica dei materiali si realizza creando un campo elettrico artificiale nel mezzo da indagare e studiandone la distribuzione nel sottosuolo.

Il dispositivo di misura classico è costituito quindi da due coppie di elettrodi metallici infissi nel terreno a distanze opportune (dispositivo quadripolare). Generalmente i dispositivi utilizzati sono simmetrici rispetto ad un punto centrale O al quale si riferisce il valore misurato.



La coppia (A-B) costituisce il circuito con il quale s'immette corrente nel terreno, la coppia (M-N) è il circuito di misura della differenza di potenziale generata nel terreno stesso dal passaggio della corrente.

Si misurano così le variazioni del campo elettrico, indotte dalle eterogeneità litologiche presenti nel sottosuolo: queste variazioni sono più o meno marcate in funzione del contrasto di resistività elettrica esistente fra mezzi con caratteristiche differenti.

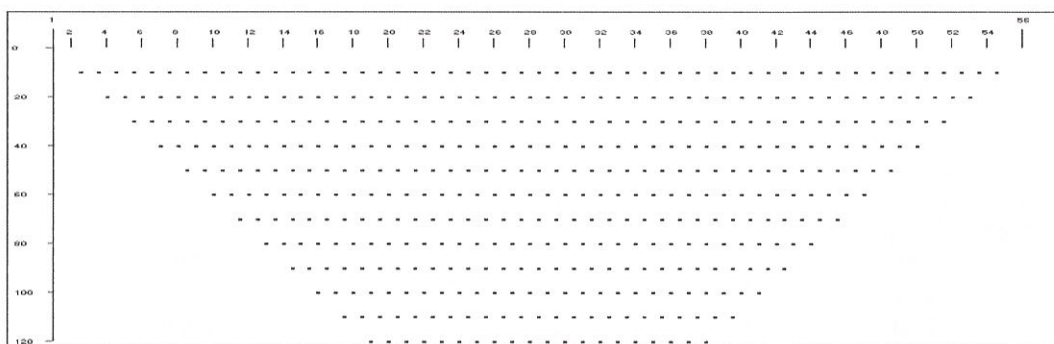


Figura 1 - Tomografia elettrica - Schema misure

 <b>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</b>   <b>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</b>  DIREZIONE INVESTIMENTI DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI DIRETTRICE SUD – PROGETTO ADRIATICA	LINEA PESCARA-BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 1: RIPALTA - LESINA										
PROSPEZIONI GEOFISICHE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L100</td> <td>01</td> <td>D 69 IG GE0005 004</td> <td>A</td> <td>6 DI 10</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	L100	01	D 69 IG GE0005 004	A	6 DI 10
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
L100	01	D 69 IG GE0005 004	A	6 DI 10							

La distribuzione della corrente in profondità e quindi la profondità dell'esplorazione è essenzialmente legata alla distanza tra i due elettrodi A e B e alle caratteristiche intrinseche del mezzo esplorato. La scelta del dispositivo più opportuno è legata alle condizioni dell'area da indagare, sia in termini strutturali sia di rapporto segnale-rumore (S/N). Dalla misura dell'intensità di corrente che fluisce tra gli elettrodi A-B e della differenza di potenziale tra gli elettrodi M-N è possibile quindi calcolare la resistività apparente e riferirla generalmente al centro del quadripolo ad una profondità che è funzione della distanza AB.

L'acquisizione tomografica consiste quindi nella misura dei valori di resistività in corrispondenza di un elevato numero di punti lungo la sezione d'indagine (Figura 1). La densità dei punti consente quindi di ricostruire con estremo dettaglio, anche tramite l'applicazione di algoritmi di calcolo bidimensionali, la sezione definendo in particolare gli effetti delle "variazioni laterali" e quindi restituendo una rappresentazione finale maggiormente corrispondente alla situazione reale. Come accennato, l'intervento è stato quindi sviluppato tramite la realizzazione di n. 2 profili di n. 252 elettrodi, intervallati di 5 metri.

## 2.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

- I dati sono stati acquisiti con l'utilizzo della seguente strumentazione:
  - # 1 Georesistivimetro digitale AGI - STING R1/IP (Figura 2);
  - # 1 Dispositivo di gestione automatica degli elettrodi AGI - SWIFT;
  - # 70 Elettrodi (smart electrodes) dotati di elettronica interna
  - # 70 Picchetti in acciaio.



Figura 2 - Resistivimetro "STING R1/IP"



  DIREZIONE INVESTIMENTI DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI DIRETTRICE SUD – PROGETTO ADRIATICA	LINEA PESCARA-BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 1: RIPALTA - LESINA										
PROSPEZIONI GEOFISICHE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L100</td> <td>01</td> <td>D 69 IG GE0005 004</td> <td>A</td> <td>7 DI 10</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	L100	01	D 69 IG GE0005 004	A	7 DI 10
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
L100	01	D 69 IG GE0005 004	A	7 DI 10							

La principale innovazione introdotta dalla strumentazione utilizzata è rappresentata dalla gestione totalmente automatizzata delle misure, realizzata tramite un georesistivimetro multicanale di ultima generazione, con il quale è possibile l’acquisizione in tempi brevi di un elevato numero di punti, sfruttando la tecnologia dei cosiddetti “elettrodi intelligenti” (smart electrodes) che consente ad ogni elettrodo, dotato di un’elettronica interna, di essere utilizzato sia per l’invio della corrente sia per la misura del potenziale.



*Figura 3 - Particolare “Smart Electrode”*

Lo strumento è in grado, infatti, di gestire, tramite un’opportuna interfaccia, fino a 254 elettrodi contemporaneamente collegati. A loro volta gli elettrodi sono a contatto con il terreno tramite adeguati picchetti metallici.

Il resistivimetro gestisce tramite software tutte le operazioni relative al controllo di qualità dei dati acquisiti attraverso le seguenti fasi:

- controllo del dispositivo di misura tramite verifica della resistenza di contatto degli elettrodi;
- azzeramento dei potenziali spontanei;
- iniezione di corrente in quantità, periodo e sequenza opportune;
- misura della differenza di potenziale e verifica della qualità del dato tramite il calcolo della “deviazione standard”;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all’acquisizione

L’acquisizione automatica dei dati garantisce, come accennato, un’elevata velocità di esecuzione. In tale situazione per la miglior qualità dei dati è di fondamentale importanza un “layout” ottimale della linea degli elettrodi.

In particolare è necessario verificare la “resistenza di contatto” tra gli elettrodi e il terreno, ed eventualmente adottare le adeguate procedure di riduzione di tale parametro prima dell’inizio del processo di acquisizione.



  <p>DIREZIONE INVESTIMENTI DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI DIRETTRICE SUD – PROGETTO ADRIATICA</p>	<p>LINEA PESCARA-BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 1: RIPALTA - LESINA</p>				
<p>PROSPEZIONI GEOFISICHE</p>	<p>COMMESSA L100</p>	<p>LOTTO 01</p>	<p>CODIFICA DOCUMENTO D 69 IG GE0005 004</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 8 DI 10</p>

### 2.3 PROCEDURE DI ACQUISIZIONE DATI

Prima dell'avvio delle misure, tramite la stessa strumentazione, si procede quindi alla verifica dei valori di resistenza di contatto che sono registrati per il successivo controllo di qualità.

Ogni misura di resistività è effettuata con una ripetizione del ciclo “+--+” di cui è calcolato il valore della **deviazione standard**.

### 2.4 PROCEDURE DI ELABORAZIONE DATI

L'elaborazione dei dati registrati ha seguito il seguente schema:

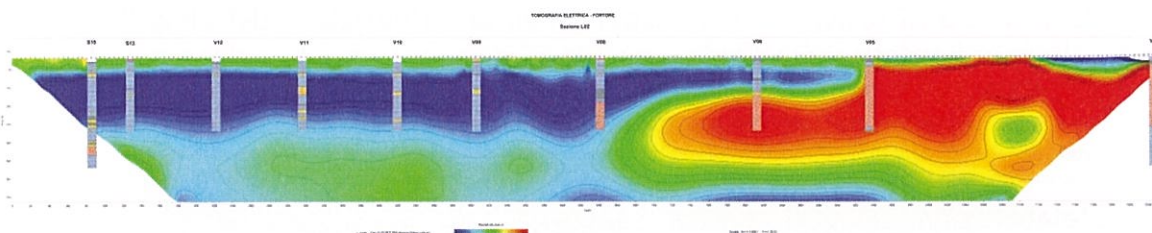
- editing per l'individuazione e rimozione dei valori caratterizzati da un errore elevato (deviazione standard non superiore a 2%);
- ricostruzione della sezione di pseudoresistività apparente misurata;
- definizione delle dimensioni della griglia da utilizzare per l'inversione 2D;
- inversione 2D e la ricostruzione della sezione di resistività tramite iterazioni successive condotte sulla base del confronto delle pseudosezioni di resistività misurata e calcolata.

In merito alla qualità dei dati si precisa che il processo di inversione, per le sezioni qui presentate, ha raggiunto un errore medio “RMS” di circa il 3 % con 4 cicli di inversione.

 <b>RFI</b> RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	LINEA PESCARA-BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 1: RIPALTA - LESINA				
DIREZIONE INVESTIMENTI DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI DIRETTRICE SUD – PROGETTO ADRIATICA		COMMESSA <b>L100</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA DOCUMENTO <b>D 69 IG GE0005 004</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>9 DI 10</b>

### 3. ANALISI DEI DATI

L'elaborazione dei dati acquisiti ha consentito la ricostruzione delle sezioni allegare nelle quali, tramite le diverse gradazioni di colore, è stata rappresentata la distribuzione dei valori di resistività elettrica.



Tali valori consentono di evidenziare la presenza di diverse **unità geofisiche** che, facendo riferimento ai litotipi desunti dalle stratigrafie dei sondaggi meccanici realizzate nell'area d'interesse, è possibile descrivere come segue:

- **Unità molto conduttiva**, associabile a materiali a granulometria fine (argille e limi), definita da valori di resistività elettrica generalmente inferiori a 4-5 ohm.m
- **Unità conduttiva**, correlabile sempre a materiali prevalentemente fini con locali e molto subordinate intercalazioni di materiale più grossolano, con valori di resistività elettrica attorno a 5-10 ohm.m
- **Unità resistiva**, associabile a materiali grossolani (ghiaie e sabbie), con valori di resistività superiori 20 ohm.m.

Dall'esame delle sezioni geoelettriche, interpretate in chiave litostratigrafica, si possono evidenziare i seguenti aspetti:

- ✓ La distribuzione dei valori di resistività registrati, piuttosto bassi anche per i litotipi grossolani, potrebbe essere dovuta alla presenza di acqua di falda ad elevato contenuto salino;
- ✓ Presenza di due settori con caratteristiche geoelettriche, e quindi litologiche, molto diverse, il cui passaggio si può collocare intorno alla progressiva 600 m;
- ✓ Il settore nord-occidentale, dalla progressiva 0 alla progressiva 600m, come documentato dai sondaggi: V09, V10, V11, V12, V13 e V15, è caratterizzato dalla netta prevalenza di litotipi conduttivi a granulometria fine (argille e limi);

 <b>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</b>  <b>ITOLFERR</b> <b>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</b>  DIREZIONE INVESTIMENTI DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI DIRETTRICE SUD – PROGETTO ADRIATICA	LINEA PESCARA-BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 1: RIPALTA - LESINA										
PROSPEZIONI GEOFISICHE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L100</td> <td>01</td> <td>D 69 IG GE0005 004</td> <td>A</td> <td>10 DI 10</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	L100	01	D 69 IG GE0005 004	A	10 DI 10
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
L100	01	D 69 IG GE0005 004	A	10 DI 10							

- ✓ Più in profondità, sempre nel lato nord-occidentale, in profondità (oltre i 50-55 m dal p.c.) si ha un leggero aumento di resistività imputabile alla presenza di locali e molto subordinate intercalazioni più grossolane, all'interno dei depositi argilloso-limosi;
- ✓ Fra le progressive 600 e 900m, all'interno dei depositi fini si ha una potente intercalazione (25-30 m) di materiali ghiaiosi come evidenziato anche dalle stratigrafie: V06 e V08;
- ✓ In profondità (oltre i 50m dal p.c.), fra le progressive 600 e 900m, si evidenzia la presenza di materiale conduttivo a granulometria fine;
- ✓ Nel settore sud-orientale, fra le progressive 900 e 1250m, fino a 35-40m dal p.c., sono nettamente prevalenti i litotipi grossolani ad elevata resistività, come indicato dalle stratigrafie: V01 e V05;;
- ✓ Sempre nel settore sud-orientale, oltre i 35-45 m dal p.c. sono nettamente prevalenti i materiali conduttivi a granulometria fine.



