

# **INTERCONNECTOR ITALIA-SVIZZERA**

## **“All’Acqua-Pallanzeno-Baggio”**

### **STAZIONE ELETTRICA DI CONVERSIONE E NUOVA SEZIONE 380 kV DI BAGGIO (MI)**

#### **PIANO TECNICO DELLE OPERE**

#### **CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI**

#### **MISURE DI CAMPO MAGNETICO ED ELETTRICO A FREQUENZA**

#### **INDUSTRIALE E DI CAMPO ELETTROMAGNETICO A**

#### **RADIOFREQUENZA PER LA CARATTERIZZAZIONE DI UNA**

#### **STAZIONE DI COVERSIONE, ASSERVITA AD UNA LINEA IN CAVO**

#### **SOTTOMARINO, FINALIZZATA ALLA VALUTAZIONE**

#### **DELL’ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE**

#### *Stato delle revisioni*

Rev.01	31/01/14	AGGIORNAMENTO PTO
Rev.00	06/02/12	EMISSIONE PER PTO

Redatto		Verificato		Approvato	
F.PEDE		M.PAZIENZA		R.DE ZAN	
ING-REA-APRI CC.PS		ING-REA-APRI CC.PS		ING-REA-APRI CC. PS	

<b>Cliente</b>	TERNA SpA
<b>Oggetto</b>	Misure di campo magnetico ed elettrico a frequenza industriale e di campo elettromagnetico a radiofrequenza per la caratterizzazione di una stazione di conversione, asservita ad una linea in cavo sottomarino, finalizzata alla valutazione dell'esposizione della popolazione.
<b>Ordine</b>	Contratto per la fornitura di servizi di ricerca tra TERNA SpA e CESI SpA (2004)
<b>Note</b>	SCHEDA– TERNA- RIS 05 - CEM-TRASM-2004- Attività 6850J

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

<b>N. pagine</b>	13	<b>N. pagine fuori testo</b>	//
<b>Data</b>	17/12/2004		

<b>Elaborato</b>	STA-EMF	Daniela Heltai Giampaolo Pollini
<b>Verificato</b>	STA	Renato Conti
<b>Approvato</b>	STA	Antonio Nicola Negri

*Indice*

<b>SOMMARIO</b> .....	<b>3</b>
<b>1 INTRODUZIONE</b> .....	<b>3</b>
1.1 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO .....	3
<b>2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>4</b>
2.1 LIMITI DI RIFERIMENTO PER L'ESPOSIZIONE DEL PUBBLICO IN GENERALE .....	5
<b>3 MISURE DI CAMPO ELETTROMAGNETICO A RADIOFREQUENZA</b> .....	<b>5</b>
<b>4 MISURE DI INDUZIONE MAGNETICA E DI CAMPO ELETTRICO</b> .....	<b>6</b>
4.1 STRUMENTI UTILIZZATI.....	6
4.1.1 <i>Induzione magnetica a frequenza industriale</i> .....	6
4.1.2 <i>Induzione magnetica statica</i> .....	6
4.1.3 <i>Campo elettrico</i> .....	6
4.1.4 <i>Standard di misura</i> .....	6
4.2 INDUZIONE MAGNETICA A FREQUENZA INDUSTRIALE .....	7
4.2.1 <i>Misure lungo il tratto di recinzione sottostante alle linee AT 400 kVca</i> .....	7
4.2.2 <i>Misure lungo il tratto di recinzione sottostante alle linee AT 150 kVca</i> .....	9
4.3 INDUZIONE MAGNETICA STATICA.....	10
4.4 MISURE DI CAMPO ELETTRICO A FREQUENZA INDUSTRIALE.....	11
4.4.1 <i>Misure lungo il tratto di recinzione sottostante alle linee AT 400 kVca</i> .....	11
4.4.2 <i>Misure lungo il tratto di recinzione sottostante alle linee AT 150 kVca</i> .....	12
<b>5 CONCLUSIONI</b> .....	<b>13</b>

## STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	17/12/2004	A4523449	Prima emissione

## SOMMARIO

Sono presentati i risultati di una campagna di rilievi sperimentali effettuata per caratterizzare, dal punto di vista dei campi elettromagnetici, la stazione di conversione “Galatina - HVDC”, situata sul territorio comunale di Galatina in provincia di Lecce.

I risultati delle misure effettuate costituiscono una base per la valutazione dei livelli di esposizione della popolazione e consentono, laddove necessario, di individuare le opportune azioni mitigative per ridurre l’esposizione stessa.

Inoltre, poiché la stazione di conversione di Galatina rappresenta, allo stato attuale, lo schema standard per questo tipo di impianti, la sua caratterizzazione rispetto ai campi elettrici e magnetici è estrapolabile ad altri futuri impianti relativi a collegamenti HVDC in cavo sottomarino dello stesso tipo.

## 1 INTRODUZIONE

La campagna di rilievi sperimentali, illustrata e documentata nel presente rapporto, riguarda la misura del campo elettrico a frequenza industriale e dell’induzione magnetica statica e a frequenza industriale, associati alla stazione di conversione di Galatina (LE) per la linea in cavo sottomarino HVDC Italia – Grecia.

Per completare il quadro delle informazioni necessarie ai fini di un’esauriente valutazione delle possibili esposizioni della popolazione, si è inoltre provveduto ad effettuare misure di campo elettromagnetico a radiofrequenza (100 kHz ÷ 3 GHz). Tali misure sono state eseguite in alcuni punti presso la recinzione perimetrale della stazione, tenendo presente che le uniche fonti di radiofrequenza esistenti all’interno sono gli apparati e le antenne paraboliche di un ponte radio.

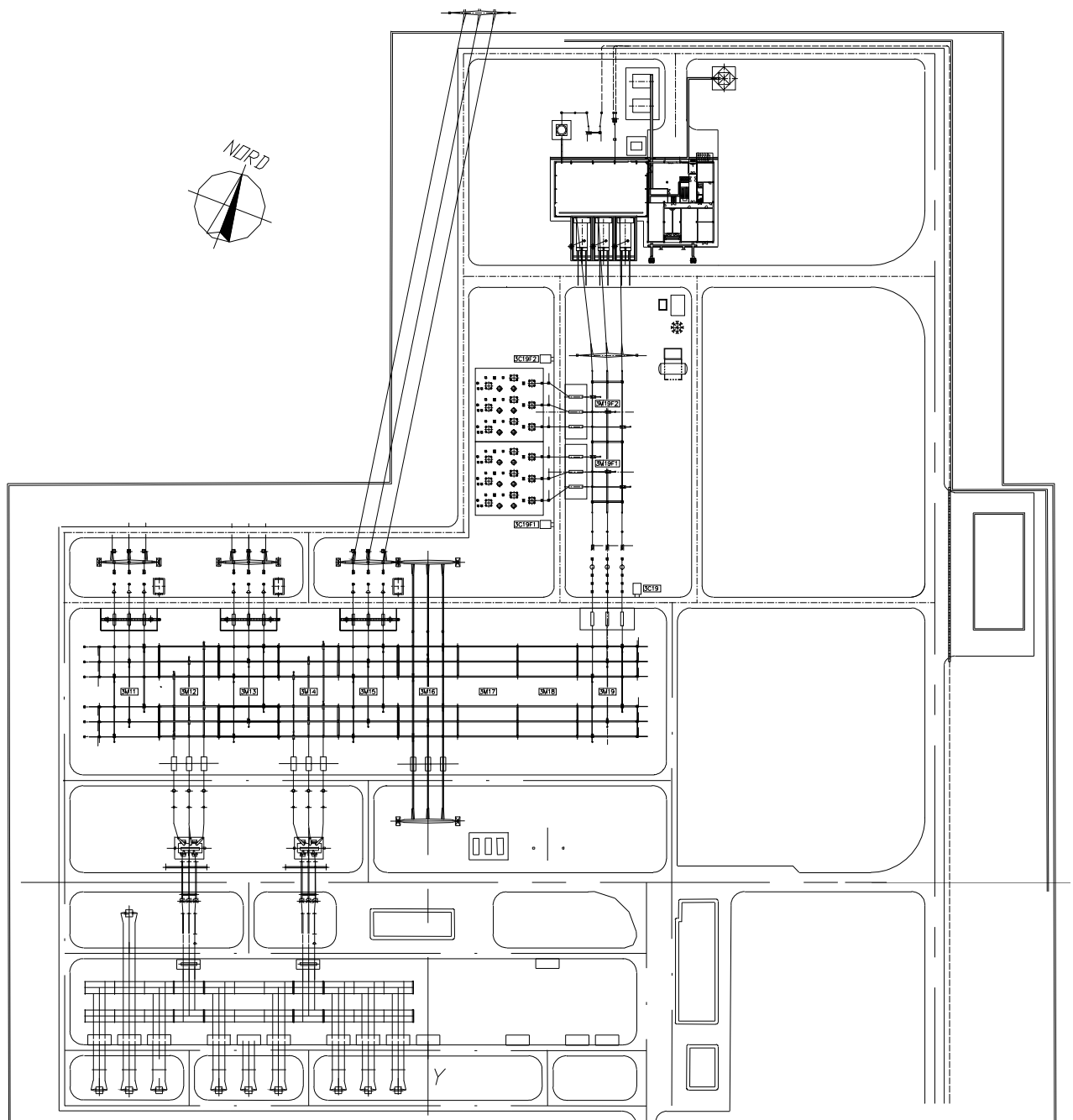
La stazione è costituita da una sezione convenzionale di trasformazione 400 / 150 kVca e da una sezione di conversione 400 kVca / 400 kVcc.

### 1.1 Descrizione dell’impianto

La planimetria della stazione elettrica, situata in un territorio ad uso agricolo, è mostrata in Figura 1.

Dal punto di vista delle possibili esposizioni della popolazione ai campi elettrici e magnetici, si sono individuate le seguenti fonti:

- ◆ n. 2 linee aeree entra-esca da 400 kVca a singola terna, rispettivamente connesse con le stazioni di trasformazione di “Brindisi Sud” e “Taranto Nord”;
- ◆ n. 7 linee aeree da 150 kVca a singola terna, connesse con le sottostazioni di “Carpignano”, “Casarano”, “Galatina D1”, “Galatina D3”, “Galatone”, “Lecce” e “Porto Cesareo”;
- ◆ n. 1 linea interrata in cavo a corrente continua, consistente in n. 1 cavo da 400 kVcc, posato a -1.30 m dal livello stradale e da n. 2 cavi di ritorno MT a basso potenziale, posati a -0.80 m.



**Figura 1** Planimetria della stazione elettrica

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- ◆ Norma CEI 211-6:2001 “Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell’intervallo di frequenza 0 Hz÷100 kHz, con riferimento all’esposizione umana”.
- ◆ Norma CEI 211-7 (01-2001) “Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell’intervallo di frequenza 10 kHz÷300 GHz, con riferimento all’esposizione umana”.
- ◆ “Legge quadro 22 febbraio 2001, n° 36 sulla protezione dalle esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”. Gazzetta Ufficiale, serie generale n° 55 del 7/3/2001.

- ◆ ICNIRP: Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Physics*, 1998, vol. 74, p.494-522.
- ◆ “Raccomandazione del Consiglio del 12 luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz (1999/519/CE)”, Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee, 12/7/1999, L199. (recepisce i suggerimenti delle linee guida ICNIRP).
- ◆ DPCM 8 luglio 2003 – “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati dagli elettrodotti”, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 200 del 29/8/2003.
- ◆ DPCM 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300GHz”.

## 2.1 Limiti di riferimento per l'esposizione del pubblico in generale.

I limiti a cui si fa riferimento nella presente relazione sono quelli prescritti dai DPCM del 8 Luglio 2003 per i campi a frequenza industriale e a radiofrequenza.

In particolare, i limiti di esposizione fissati per la frequenza industriale coincidono con quelli suggeriti dall'International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection – ICNIRP (5 kV/m per il campo elettrico e 100  $\mu$ T per l'induzione magnetica). Per i soli campi magnetici prodotti dagli elettrodotti<sup>1</sup> vengono inoltre fissati il valore di 10  $\mu$ T, quale valore d'attenzione, e quello di 3  $\mu$ T come obiettivo di qualità da applicare ai nuovi elettrodotti. Sia il valore d'attenzione che l'obiettivo di qualità sono da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Per l'esposizione ai campi elettromagnetici nelle frequenze 100 kHz÷300 GHz, i limiti di esposizione sono, per le frequenze da 100 kHz a 3 MHz pari a 60 V/m, mentre per le frequenze da 3 MHz a 3 GHz pari a 20 V/m. Lo stesso DPCM dell'8 luglio 2003 definisce i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità fissandoli a 6 V/m. Si ricorda che i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità sono applicati alle aree intensamente frequentate tra le quali sono comprese anche superfici edificate ovvero attrezzate permanentemente per il soddisfacimento di bisogni sociali, sanitari e ricreativi in cui è prevista la permanenza per periodi non inferiori alle quattro ore giornaliere.

Per il campo magnetico statico, in ottemperanza alla legge 36/2001 ci si deve riferire alla Raccomandazione Europea del 1999 che per questo tipo di campi individua un limite di base pari a 40 mT.

## 3 MISURE DI CAMPO ELETTROMAGNETICO A RADIOFREQUENZA

Le misure di campo elettromagnetico a radiofrequenza, eseguite in alcuni punti lungo la recinzione dell'impianto, hanno fornito risultati inferiori o prossimi alla sensibilità dello strumento utilizzato (0.3 V/m), dimostrando l'assenza di livelli significativi di campo elettromagnetico. Pertanto, nel seguito della relazione l'argomento non sarà più trattato.

---

<sup>1</sup> Si rammenta che la legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (Legge 36/2001) definisce gli elettrodotti come l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.

## 4 MISURE DI INDUZIONE MAGNETICA E DI CAMPO ELETTRICO

Al fine della valutazione dell'esposizione della popolazione, le misure di campo elettrico e di induzione magnetica sono state effettuate, alla quota di 1 m dal suolo, lungo percorsi a ridosso della recinzione della stazione e in prossimità delle sorgenti di campo maggiormente significative. Tale approccio consente di individuare i livelli massimi dei campi che la stazione genera all'esterno delle proprie pertinenze.

### 4.1 Strumenti utilizzati

#### 4.1.1 Induzione magnetica a frequenza industriale

Le misure di induzione magnetica a frequenza industriale sono state effettuate utilizzando misuratori Emdex II. Questo tipo di strumento misura i valori efficaci delle tre componenti ortogonali del vettore induzione magnetica, chiamato anche densità di flusso magnetico, e ne ricava il valore efficace del corrispondente campo ellittico  $B$  (espresso in Tesla o suoi sottomultipli  $\mu$ Tesla). L'induzione magnetica è una grandezza di uso più comune del campo magnetico  $H$  (espresso in A/m) ed è direttamente correlata a quest'ultimo attraverso la relazione  $B=\mu H$  dove  $\mu$  rappresenta la permeabilità magnetica del mezzo (per l'aria  $\mu$  assume il valore di  $4\pi \cdot 10^{-7}$  henry/m).

L'Emdex II determina il valore dell'induzione magnetica per frequenze comprese tra 40 Hz e 800 Hz.

#### 4.1.2 Induzione magnetica statica

Le misure di induzione magnetica statica sono state condotte con lo strumento del tipo a sonda di Hall isotropa ETM-1 Hall Teslameter della Metrolab Instruments SA, in grado di determinare valori di induzione magnetica nel range 0÷1999 mT (milliTesla) con una risoluzione di 0.01 mT nel range 0÷19.99 mT.

#### 4.1.3 Campo elettrico

Le misure di campo elettrico sono state condotte tramite misuratore EFA-3 della Wandel & Goltermann collegato mediante fibra ottica ad una sonda triassiale, posta su apposito cavalletto realizzato in materiale isolante, che fornisce, in accordo con la normativa tecnica di riferimento, la misura del valore efficace del campo elettrico  $E$  espresso come:

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$$

dove  $E_x$ ,  $E_y$  ed  $E_z$  sono i valori efficaci delle tre componenti ortogonali del campo.

Lo strumento impiegato misura il campo elettrico con frequenza compresa nel range 5 Hz ÷ 30 kHz e di intensità tra 0.1 V/m e 100 kV/m con un'incertezza del 5 %.

Si rammenta come le misure di campo elettrico a frequenza industriale siano fortemente influenzate dalla presenza di oggetti conduttori (compreso il corpo umano) e da costruzioni, vegetazione, ecc.

#### 4.1.4 Standard di misura

Le misure sono state eseguite in accordo con i seguenti standard nazionali ed internazionali:

- ◆ CEI 211-6 (2001): "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana";
- ◆ IEC 61786 (1998): "Measurements of low frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings - Special requirements for instruments and guidance for measurements".

I certificati di verifica di taratura della strumentazione utilizzata sono archiviati presso il laboratorio metrologico CESI.

## 4.2 Induzione magnetica a frequenza industriale

Al fine della valutazione dell'esposizione della popolazione, il monitoraggio dell'induzione magnetica è stato effettuato nei giorni 26 e 27 ottobre 2004 mediante misure lungo percorsi, montando lo strumento su apposita ruota metrica, alla quota di 1 m dal suolo.

I risultati sono visualizzati mediante grafico {x,y} (distanza/induzione magnetica).

### 4.2.1 Misure lungo il tratto di recinzione sottostante alle linee AT 400 kVca

La Figura 2 mostra l'ubicazione dei percorsi di misura sotto le linee AT in uscita, il *percorso 1* sotto i conduttori della linea "Brindisi SUD", il *percorso 2* sotto i conduttori della linea "Taranto NORD", mentre i grafici di Figura 3 e Figura 4 illustrano i risultati delle relative misure; nella Tabella 1 sono riportati i dati statistici riassuntivi delle misure stesse ed i carichi di corrente forniti dal centro tecnico di Bari.

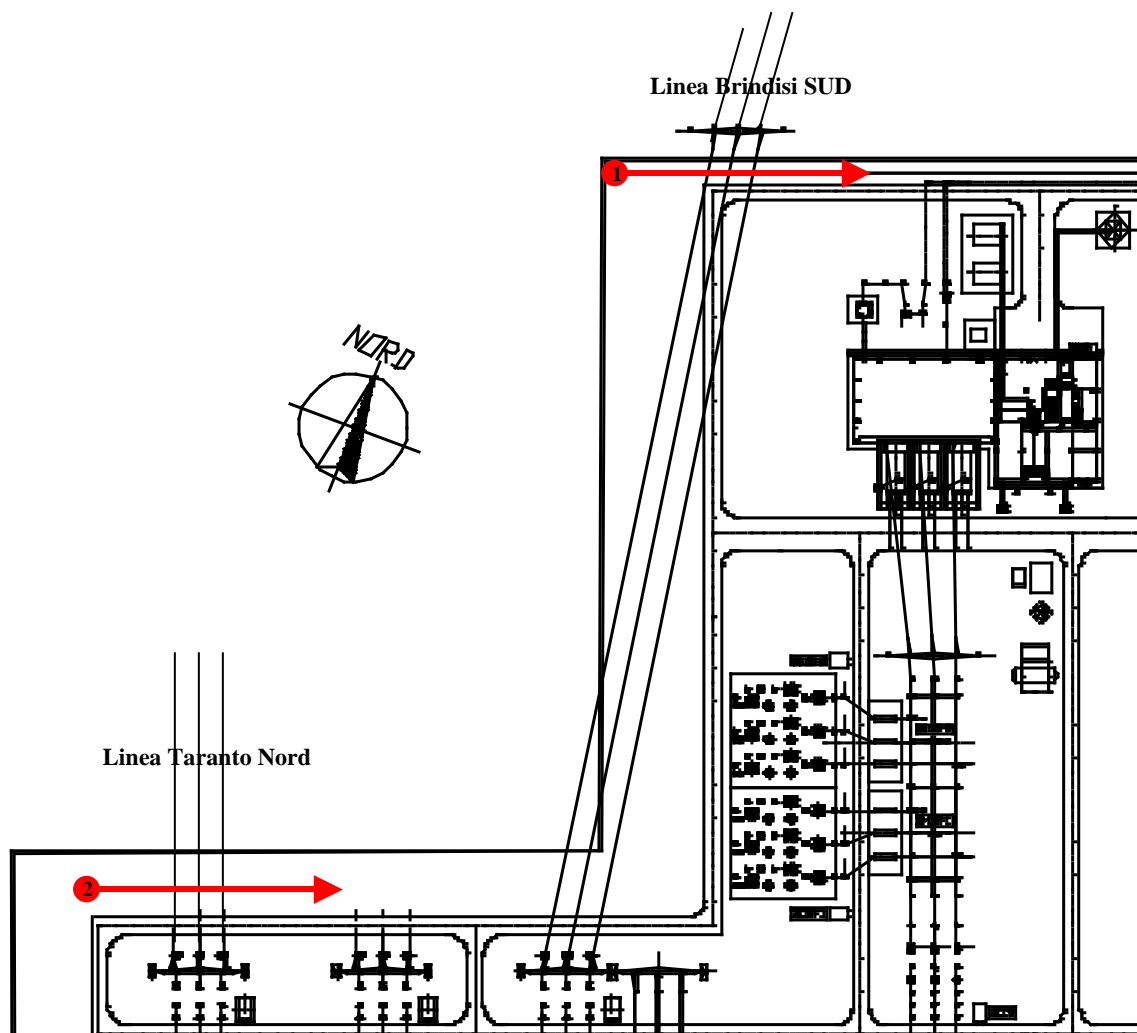
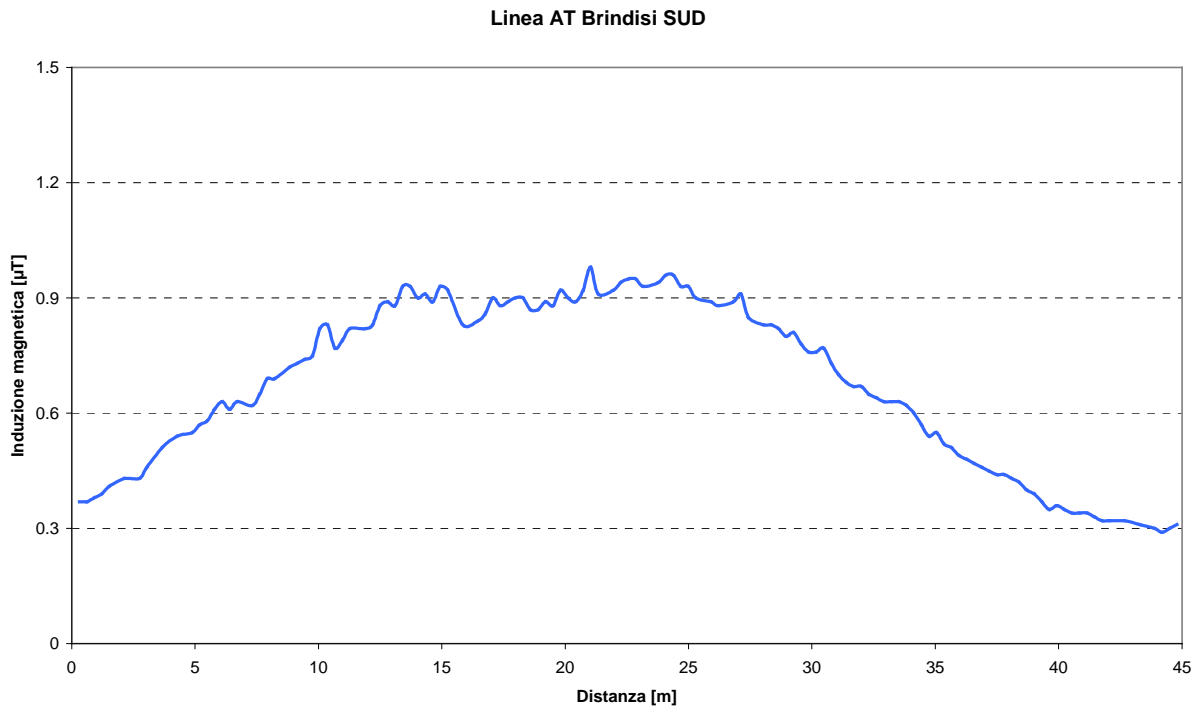
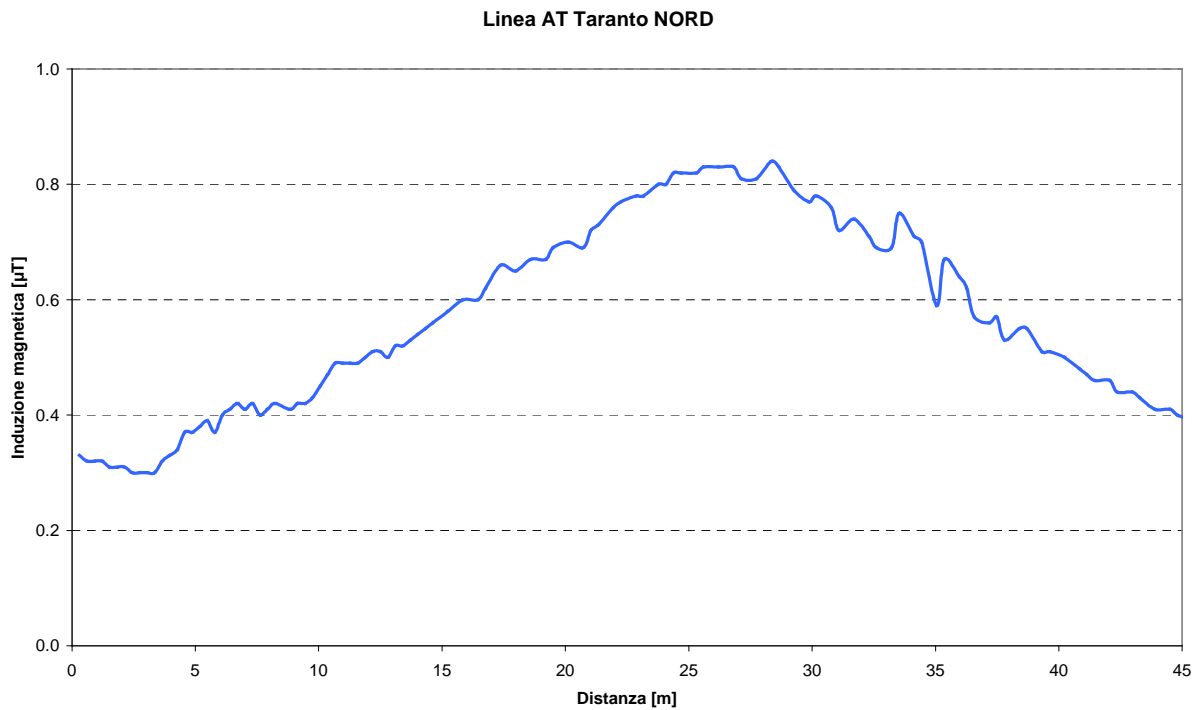


Figura 2 Percorsi di misura del campo magnetico ed elettrico sotto le linee AT 400 kV





**Figura 3** Risultati delle misure di induzione magnetica lungo il percorso 1, sotto la linea “Brindisi SUD”



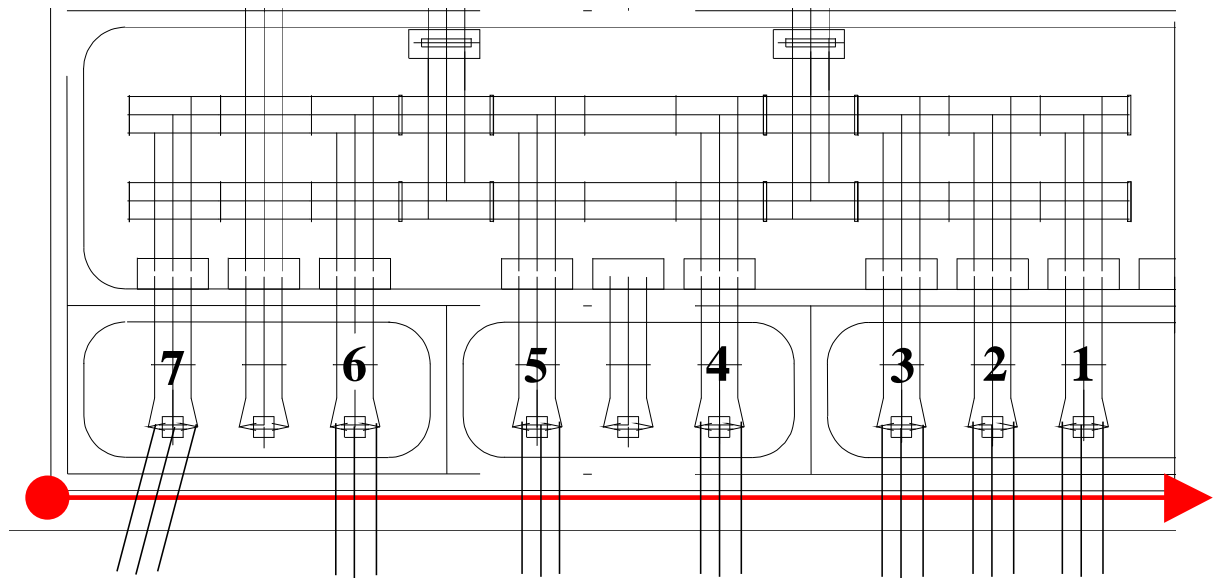
**Figura 4** Risultati delle misure di induzione magnetica lungo il percorso 2, sotto la linea “Taranto NORD”

**Tabella 1** Dati riassuntivi delle misure di induzione magnetica sotto le linee AT 400 kV

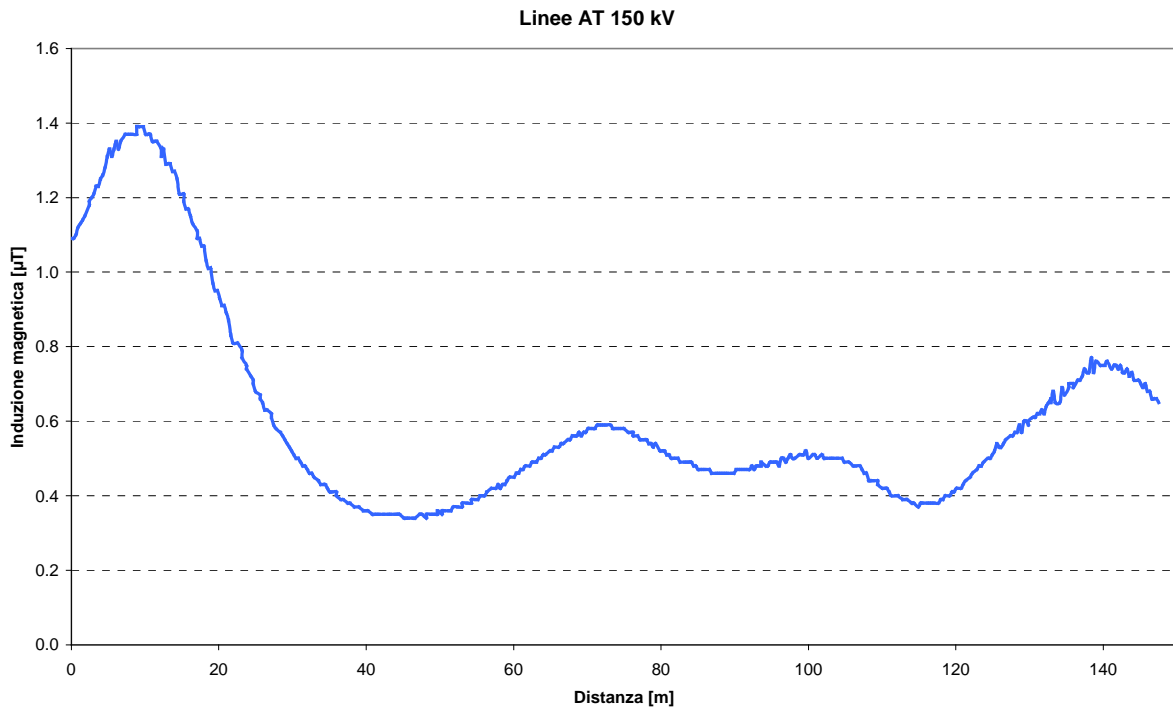
Zona esaminata	Corrente [A]	Induzione magnetica $B_{eff}$ [ $\mu T$ ]			
		min	max	media	dev. std.
Linea Brindisi SUD	57	0.29	0.98	0.67	0.22
Linea Taranto NORD	128	0.30	0.84	0.40	0.09

**4.2.2 Misure lungo il tratto di recinzione sottostante alle linee AT 150 kVca.**

La zona interessata dalle misure sotto le linee a 150 kV è il lato Sud della recinzione. La Figura 5 mostra l'ubicazione del percorso, mentre il grafico di Figura 6 illustra i risultati delle relative misure; nella Tabella 2 sono presentati i risultati delle elaborazioni statistiche. Infine, nella Tabella 3 sono riportate le misure di corrente sulle linee rilevate in sala quadri e confermate dal CT Terna di Bari.



**F i g 5** **R e a c o r s o** **d i** **m i s u r a** **d e l** **c**  
**1** **L I N E A** **“** **L e c c e** **”**  
**2** **L I N E A** **“** **G a l a t i n a** **D 3** **”**  
**3** **L I N E A** **“** **C a r p i g n a n o** **”**  
**4** **L I N E A** **“** **G a l a t i n a** **D 1** **”**  
**5** **L I N E A** **“** **C a s a r a n o** **”**  
**6** **L I** **“** **E A a t o n e** **”**  
**7** **L I** **“** **E A t** **”** **o** **C e s a r e o**



**Figura 6** Risultati delle misure di induzione magnetica, sotto le linee a 150 kV

**Tabella 2** Dati riassuntivi delle misure di induzione magnetica sotto le linee AT 150 kV

Zona esaminata	Induzione magnetica $B_{eff}$ [ $\mu T$ ]			
	min	max	media	dev. std.
Linee 150 kV	0.34	1.39	0.62	0.28

**Tabella 3** Misure di corrente sulle linee 150 kV

Nome Linea	Corrente linea CA misurate [A]	Corrente linea CA CT BARI [A]
(1) Lecce	250	263
(2) Galatina D3	63	70
(3) Carpignano	225	226
(4) Galatina D1	63	63
(5) Casarano	188	196
(6) Galatone	281	273
(7) Porto Cesareo	5	5

### 4.3 Induzione magnetica statica

Il giorno 26/10/2004 dalle 16.30 alle 17.30 circa, sono state effettuate misure di induzione magnetica statica nella zona circostante l'uscita dei cavi interrati dalla stazione di conversione.

Nonostante il valore non trascurabile della corrente nel cavo (circa 720 A cc), i livelli di campo riscontrati non si discostano in modo apprezzabile dal valore di fondo, rilevabile anche lontano dai cavi e riconducibile al campo magnetico terrestre.

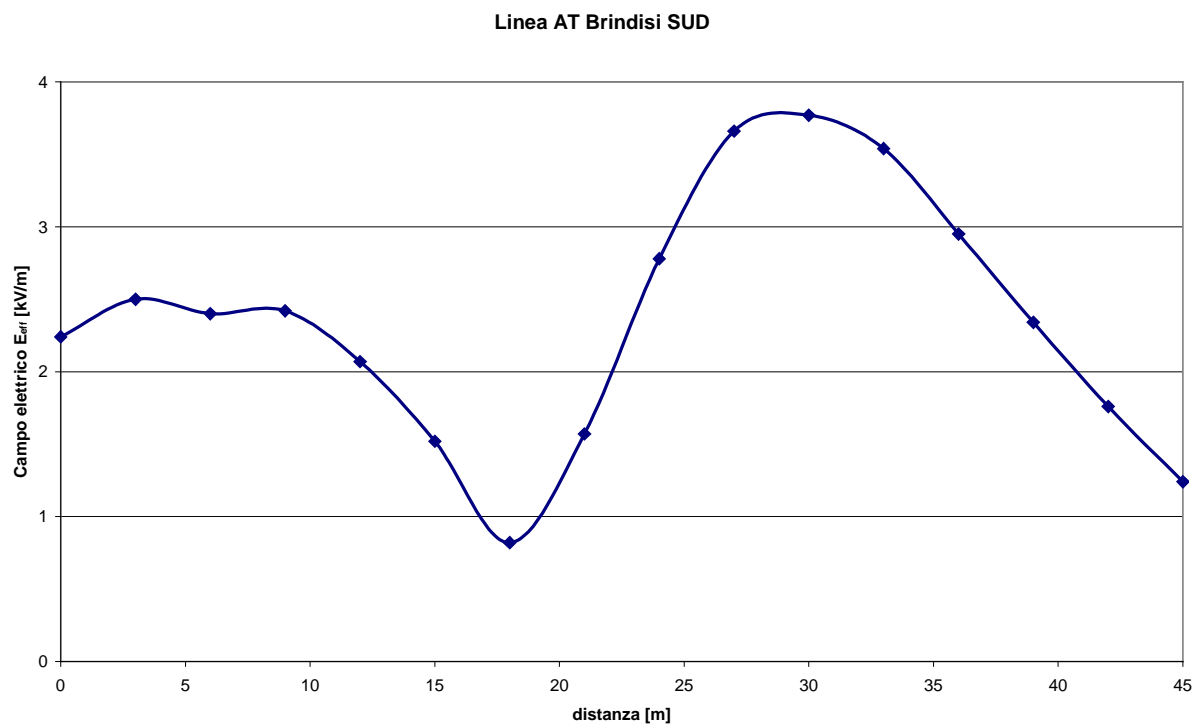
#### 4.4 Misure di campo elettrico a frequenza industriale

Le attività di misura sono state svolte nei giorni 26 e 27 ottobre 2004 posizionando il cavalletto con la sonda (h = 1 m) in punti equispaziati su una sezione parallela alla recinzione; il ricevitore era collegato alla sonda tramite fibra ottica in modo tale che l'operatore potesse rimanere a distanza appropriata dalla sonda per non influenzare la misura.

I risultati delle misure sono presentati sotto forma di grafico {x,y} (distanza/campo elettrico).

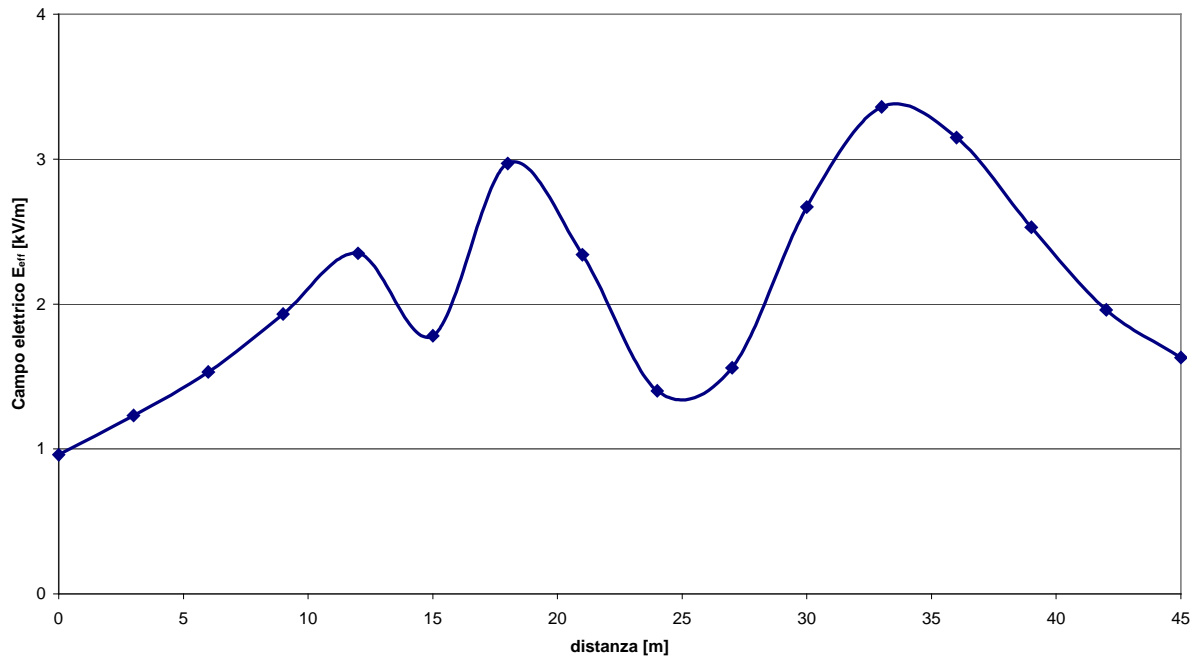
##### 4.4.1 Misure lungo il tratto di recinzione sottostante alle linee AT 400 kVca

La Figura 2 mostra l'ubicazione dei percorsi di misura (gli stessi del campo magnetico) sotto le linee AT in uscita, il *percorso 1* sotto i conduttori della linea "Brindisi SUD", il *percorso 2* sotto i conduttori della linea "Taranto NORD". I grafici di Figura 7 e Figura 8 illustrano i risultati delle relative misure.



**Figura 7** Risultati delle misure di campo elettrico lungo il percorso 1, sotto la linea "Brindisi SUD"

Linea AT Taranto NORD

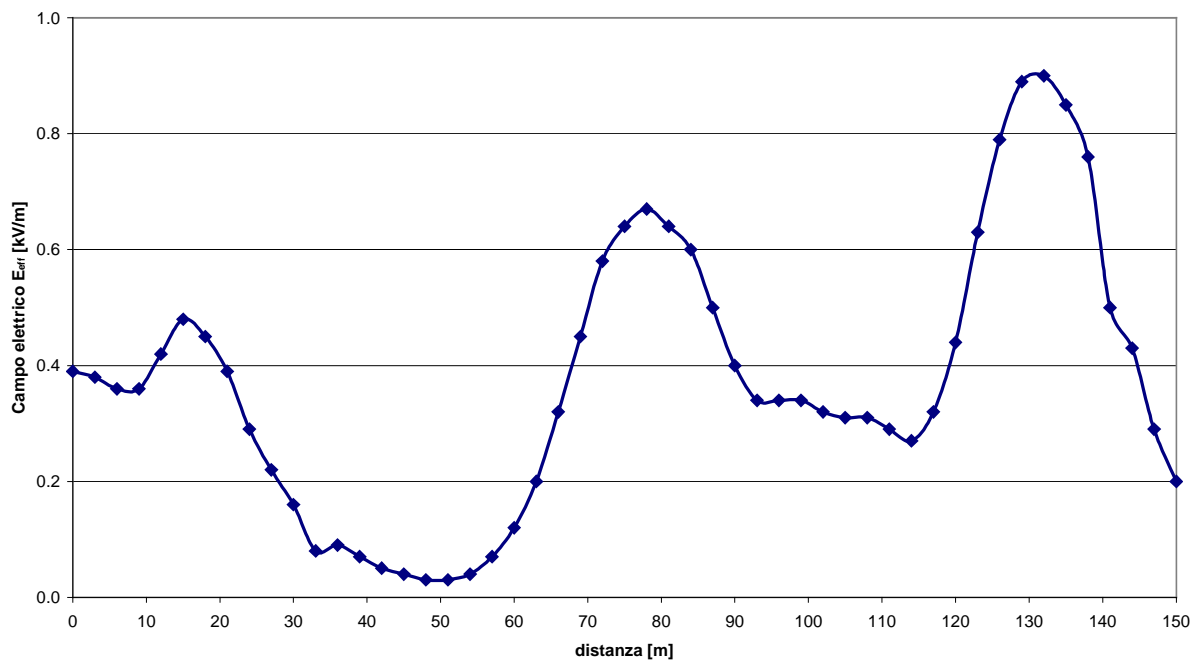


**Figura 8** Risultati delle misure di campo elettrico lungo il percorso 2, sotto la linea “Taranto NORD”

**4.4.2 Misure lungo il tratto di recinzione sottostante alle linee AT 150 kVca.**

La zona interessata dalle misure sotto le linee a 150 kV è il lato Sud della recinzione. La Figura 5 mostra l’ubicazione del percorso, mentre il grafico di Figura 9 illustra i risultati delle relative misure.

Linee AT 150 kV



**Figura 9** Risultati delle misure di campo elettrico, sotto le linee a 150 kV

## 5 CONCLUSIONI

Le attività oggetto del presente rapporto hanno riguardato le misure dei campi magnetici ed elettrici tipicamente associati ai componenti della Stazione Elettrica HVDC di Galatina (LE).

Alla luce dei risultati ottenuti, nelle condizioni d'esercizio della stazione al momento delle misure (che si possono considerare rappresentative del normale funzionamento della stazione stessa), si può giungere alle conclusioni illustrate di seguito.

I livelli di campo magnetico ed elettrico a frequenza industriale misurati al fine di caratterizzare le aree esterne alla stazione e accessibili alla popolazione, sono ampiamente compatibili con tutte le prescrizioni, incluse quelle a carattere di maggior cautela e di natura urbanistica, della normativa a cui si è fatto riferimento.

Tali risultati confermano, in particolare, che i valori più significativi dei campi elettrici e magnetici a f.i. riscontrabili all'esterno di stazioni elettriche sono esclusivamente dovuti alle linee in entrata ed uscita.

I livelli di induzione magnetica statica rilevati nella zona dei cavi in corrente continua, sono di poco superiori ai livelli dovuti al campo magnetico terrestre e tre ordini di grandezza inferiori al limite stabilito dalla Raccomandazione europea del 1999 (40 mT).