

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## DIREZIONE TECNICA

### U.O. TECNOLOGIE SUD

### PROGETTO DEFINITIVO

#### LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO

#### TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO.

#### LF04 – FERMATA M10 E STAZIONE FS DI PONTECAGNANO

#### LF04-E CABINA MT/BT

RELAZIONE DI CALCOLO DELL'IMPIANTO DI TERRA DELLA CABINA MT/BT

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
NN1X	00	D	67	CL	LF04E1	059	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	F. Massari	12/2020	O. Di Berti	12/2020	M. D'Avino	12/2020	A. Presta 12/2020

File:rete di terra.docx

n. Elab.: -

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO</b> <b>TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO</b> COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO.						
Relazione di Calcolo dell'Impianto di Terra della Cabina MT/BT	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA NN1X</td> <td>LOTTO 00</td> <td>CODIFICA D 67</td> <td>DOCUMENTO CL LF 04 E1 059</td> <td>REV. A</td> <td>FOGLIO 2 di 11</td> </tr> </table>	COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D 67	DOCUMENTO CL LF 04 E1 059	REV. A	FOGLIO 2 di 11
COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D 67	DOCUMENTO CL LF 04 E1 059	REV. A	FOGLIO 2 di 11		

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>SCOPO</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>IMPIANTI DI TERRA</b> .....	<b>5</b>
3.1	SIMBOLOGIA E TERMINOLOGIA ADOTTATE .....	5
3.2	DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA.....	6
3.3	CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA DISPERDENTE .....	9
3.3.1	<i>Anello Perimetrale Fabbricato</i> .....	10

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO</b> <b>TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO</b> COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO.												
Relazione di Calcolo dell'Impianto di Terra della Cabina MT/BT	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>NN1X</td> <td>00</td> <td>D 67</td> <td>CL LF 04 E1 059</td> <td>A</td> <td>3 di 11</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NN1X	00	D 67	CL LF 04 E1 059	A	3 di 11
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NN1X	00	D 67	CL LF 04 E1 059	A	3 di 11								

## 1 SCOPO

Scopo del presente documento è quello di riportare le modalità di progettazione, le indicazioni e le prescrizioni per il dimensionamento dell'impianto di terra della cabina MT/BT ubicata alla Fermata M10 e Stazione FS di Pontecagnano.

In aderenza alla Cabina MT/BT si trova il Fabbricato Tecnologico e pertanto la rete di terra, come da normativa vigente, è unica e si collega, mediante doppio cavo GV da 120 mm<sup>2</sup> interrato in tubo in PVC, alla rete di terra della Cabina di Consegna che si trova a circa 200 metri, nei pressi dell'ingresso del parcheggio.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO</b> <b>TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO</b> COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO.						
Relazione di Calcolo dell'Impianto di Terra della Cabina MT/BT	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA NN1X</td> <td>LOTTO 00</td> <td>CODIFICA D 67</td> <td>DOCUMENTO CL LF 04 E1 059</td> <td>REV. A</td> <td>FOGLIO 4 di 11</td> </tr> </table>	COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D 67	DOCUMENTO CL LF 04 E1 059	REV. A	FOGLIO 4 di 11
COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D 67	DOCUMENTO CL LF 04 E1 059	REV. A	FOGLIO 4 di 11		

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Per l'esecuzione del presente progetto sono state adottate le Norme CEI nella loro edizione più recente nonché le NT, Istruzioni e Circolari RFI vigenti, delle quali si elencano qui di seguito le principali:

- **Norma CEI 0-16:** “Condizioni tecniche per la connessione alle reti di distribuzione dell'energia elettrica a tensione nominale superiore ad 1 kV”
- **Norma CEI EN50119 (9.2):** “Linee di Trazione Elettrica”;
- **Norma CEI EN50122-1 (9.6):** “Applicazioni ferroviarie – Installazioni fisse; Parte 1a: Provvedimenti concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra”;
- **Norma CEI 99-3 (EN50522):** “Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.”
- **Norma CEI 11-1:** “Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata”;
- **Norma CEI 11.17:** “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo”;
- **Norma CEI EN60865-1 (11-26):** “Correnti di corto circuito – Calcolo degli effetti; parte 1a: Definizioni e metodi di calcolo”;
- **DPR n° 547 del 27/4/1955:** “Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro”.

Per quanto non esplicitamente indicato, dovranno in ogni caso essere sempre adottate tutte le indicazioni normative e di legge atte a garantire la realizzazione del sistema a regola d'arte e nel rispetto della sicurezza.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO</b> <b>TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO</b> COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO.						
Relazione di Calcolo dell'Impianto di Terra della Cabina MT/BT	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA NN1X</td> <td>LOTTO 00</td> <td>CODIFICA D 67</td> <td>DOCUMENTO CL LF 04 E1 059</td> <td>REV. A</td> <td>FOGLIO 5 di 11</td> </tr> </table>	COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D 67	DOCUMENTO CL LF 04 E1 059	REV. A	FOGLIO 5 di 11
COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D 67	DOCUMENTO CL LF 04 E1 059	REV. A	FOGLIO 5 di 11		

### 3 IMPIANTI DI TERRA

In tutte le aree di competenza sarà previsto un impianto di terra secondo quanto previsto dalle norme CEI e dalla Specifica Tecnica IS728 ed.1999, ed in particolare sarà realizzato un anello intorno al fabbricato, costituito da corda di rame da 120 mm<sup>2</sup> nuda direttamente interrata, integrato da dispersori verticali in acciaio ramato, ubicati in appositi pozzetti ispezionabili. L'impianto di terra sarà attestato ai collettori di terra interni al fabbricato, al quale si attesteranno i conduttori di protezione delle varie linee di alimentazione.

Inoltre, saranno eseguiti i collegamenti equipotenziali delle tubazioni metalliche e delle masse estranee.

Gli aspetti tecnici inerenti la progettazione, la realizzazione e le verifiche degli impianti di terra sono stati sviluppati mediante studi teorici ed applicati che sono stati recepiti nelle normative tecniche, normative che sono state aggiornate ed integrate in relazione agli sviluppi delle conoscenze tecniche;

- CEI 99-2 “Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- CEI 99-3 “Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in corrente alternata”
- CEI 64/8 “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500 in corrente continua” Parte4: Prescrizioni per la sicurezza;

Per quanto non esplicitamente indicato, dovranno in ogni caso essere sempre adottate tutte le indicazioni normative e di legge atte a garantire la realizzazione del sistema a regola d'arte e nel rispetto della sicurezza.

#### 3.1 Simbologia e Terminologia Adottate

Di seguito si riportano i simboli ed i termini più frequentemente usati nel presente capitolo:

GRANDEZZA	DEFINIZIONE	SIMBOLO
Terra di riferimento (terra lontana)	Zona della superficie del terreno al di fuori dell'area di influenza di un dispersore o di un impianto di terra	-
Dispersore di fatto	Parte metallica in contatto elettrico con il terreno, direttamente o tramite calcestruzzo, il cui scopo	-

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO</b> <b>TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO</b> COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO.												
Relazione di Calcolo dell'Impianto di Terra della Cabina MT/BT	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>NN1X</td> <td>00</td> <td>D 67</td> <td>CL LF 04 E1 059</td> <td>A</td> <td>6 di 11</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NN1X	00	D 67	CL LF 04 E1 059	A	6 di 11
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NN1X	00	D 67	CL LF 04 E1 059	A	6 di 11								

GRANDEZZA	DEFINIZIONE	SIMBOLO
	originale non è di mettere a terra ma soddisfa tutti i requisiti di un dispersore.	
Resistività del terreno	Resistenza elettrica specifica del terreno	$\rho_E$
Resistenza di terra	Resistenza tra il dispersore e la terra di riferimento	$R_E$
Tensione totale di terra	Tensione tra un impianto di terra e la terra di riferimento	$U_E$
Tensione di contatto	Parte della tensione totale di terra a cui può essere sottoposta una persona assumendo che la corrente fluisca attraverso il corpo umano da una mano ai piedi	$U_T$
Tensione di passo	Parte della tensione totale di terra a cui può essere sottoposta una persona con un passo di ampiezza 1m, assumendo che la corrente fluisca attraverso il corpo umano da piede a piede	$U_S$
Corrente di guasto a terra	Corrente che fluisce dal circuito principale verso terra o verso parti collegate a terra, nel punto di guasto (a terra)	$I_F$
Corrente di terra	Corrente che fluisce a terra tramite la resistenza di terra e determina quindi la tensione Tensione totale di terra $U_E$	$I_E$

### 3.2 Dimensionamento dell'Impianto di Terra

Nei sistemi di 2° e 3° categoria il progetto dell'impianto di terra deve soddisfare le seguenti esigenze:

- Garantire la sicurezza delle persone contro le tensioni di contatto e le tensioni di passo che si manifestano a causa delle correnti di guasto a terra.
- Presentare una sufficiente resistenza meccanica.
- Presentare una sufficiente resistenza nei confronti della corrosione.
- Essere in grado di sopportare termicamente le più elevate correnti di guasto prevedibili.

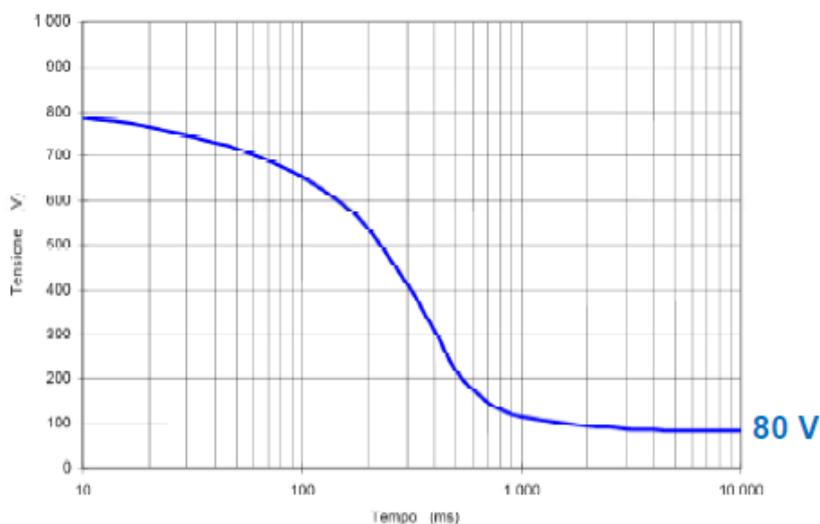
Le prestazioni devono essere garantite per ciascuno dei diversi livelli di tensione presenti nel sistema MT e BT.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO</b> <b>TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO</b> COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO.						
Relazione di Calcolo dell'Impianto di Terra della Cabina MT/BT	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA NN1X</td> <td>LOTTO 00</td> <td>CODIFICA D 67</td> <td>DOCUMENTO CL LF 04 E1 059</td> <td>REV. A</td> <td>FOGLIO 7 di 11</td> </tr> </table>	COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D 67	DOCUMENTO CL LF 04 E1 059	REV. A	FOGLIO 7 di 11
COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D 67	DOCUMENTO CL LF 04 E1 059	REV. A	FOGLIO 7 di 11		

Non è invece necessario prendere in considerazione la contemporaneità dei guasti in sistemi con differenti livelli di tensione.

La rete italiana di distribuzione MT è configurata con neutro isolato, ciò limita i valori delle correnti di guasto a terra a poche centinaia di Ampere.

L'impianto di terra deve essere dimensionato e strutturato in modo da evitare che eventuali tensioni di contatto, stante i tempi di intervento dei dispositivi di protezione contro i guasti omopolari a terra, non superino i valori indicati dalla curva di sicurezza Tensione -Tempo riportata dalla norma CEI 99-3.



**Figura 1 - Curva tensione – tempo**

Durata del guasto a terra tF	Tensione di contatto ammissibile UTP
10	80
1,10	100
0,72	125
0,64	150
0,49	220
0,39	300
0,29	400
0,20	500

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO</b> <b>TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO</b> COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO.					
	Relazione di Calcolo dell'Impianto di Terra della Cabina MT/BT	COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D 67	DOCUMENTO CL LF 04 E1 059	REV. A

Durata del guasto a terra tF	Tensione di contatto ammissibile UTp
0,14	600
0,08	700
0,04	800

**Tabella dei valori limite**

La procedura per il dimensionamento inizia con l'acquisizione presso il gestore della rete dei dati relativi al punto di allaccio alla rete elettrica di distribuzione. I dati utilizzati per il dimensionamento sono:

- IF: corrente di guasto omopolare a terra 50 [A]
- TF: tempo massimo di intervento delle protezioni contro i guasti a terra >>10 [s]

In relazione al tempo massimo di intervento delle protezioni si ricavano le tensioni di contatto ammissibile  $U_{TP}$  (dalla curva di sicurezza tensione-tempo):

$$U_{TP-TERR} = 80 V$$

Quest' ultimo valore deve essere confrontato con la tensione totale di terra  $U_E$  che può essere espressa applicando la formula:

$$U_E = R_E * I_E$$

Imponendo che sia verificata la seguente disuguaglianza, si ricava il valore della resistenza di terra che si deve conseguire in modo da garantire la limitazione della tensione di contatto  $U_{TP}$ :

$$U_E = R_E * I_E \leq U_{TP}$$

$$R_E \leq \frac{U_{TP}}{I_E}$$

Si ottiene quindi, essendo rispettivamente:

$$I_E = 50; \quad U_{TP} = 80; \quad \rightarrow R_E \leq 1,6 \Omega$$

Questa condizione rappresenta una condizione sufficiente ma non necessaria.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO</b> <b>TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO</b> COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO.					
	Relazione di Calcolo dell'Impianto di Terra della Cabina MT/BT	COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D 67	DOCUMENTO CL LF 04 E1 059	REV. A

### 3.3 Configurazione del Sistema Disperdente

Occorre stabilire in relazione alle caratteristiche del terreno, e alla pianta del fabbricato, quali siano i dispersori ed i tipi di posa che permettano di ottenere la limitazione delle tensioni di passo e contatto e dei potenziali trasferiti.

La resistività del terreno rappresenta il parametro di maggior aleatorietà nella trattazione esposta. Essa infatti oltre a dipendere dalla natura del terreno come riportato nella seguente tabella, è anche fortemente legata alle fluttuazioni dei parametri ambientali, soprattutto umidità:

Tipo di terreno	Resistività del terreno $\rho_E$
Terreno paludoso	Da 5 a 40
Terriccio, argilla, humus	Da 20 a 200
Sabbia	Da 200 a 2500
Ghiaretto	Da 2000 a 3000
Pietrisco	Generalmente inferiore a 2000
Arenaria	Da 2000 a 3000
Granito	Da 15000 a 30000
Asfalto bituminoso	Da 20000 a 30000

Per caratterizzare il sito dal punto di vista della resistività potrebbe risultare opportuna una campagna di misure con il metodo di Wenner.

Tuttavia si può pensare di fissare il valore della resistività a:

$$\rho_E = 100 \Omega m$$

Qualora le condizioni del terreno risultassero avverse questo valore può essere facilmente ottenuto asportando il terreno intorno al dispersore e sostituendolo con terreno vegetale ad elevata conducibilità.

Dal momento che “la maggior parte” della resistenza di terra è concentrata nei pressi del dispersore la quantità di terreno da sostituire non è eccessiva.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO</b> <b>TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO</b> COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO.						
Relazione di Calcolo dell'Impianto di Terra della Cabina MT/BT	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA NN1X</td> <td>LOTTO 00</td> <td>CODIFICA D 67</td> <td>DOCUMENTO CL LF 04 E1 059</td> <td>REV. A</td> <td>FOGLIO 10 di 11</td> </tr> </table>	COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D 67	DOCUMENTO CL LF 04 E1 059	REV. A	FOGLIO 10 di 11
COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D 67	DOCUMENTO CL LF 04 E1 059	REV. A	FOGLIO 10 di 11		

### 3.3.1 Anello Perimetrale Fabbricato

Si è scelta per la realizzazione dell'impianto disperdente, in relazione alle esigenze funzionali ed alla pianta del fabbricato, una tipologia di impianto costituita:

- Dispersore a maglia in corda di rame ricotto da 120 mm<sup>2</sup> di sezione, interrato ad una profondità di circa 100 cm lungo tutto il perimetro del fabbricato. Le dimensioni dell'anello di terra sono 155 m di perimetro che racchiudono un'area di circa 647 m<sup>2</sup>;
- Sistema di n° 6 dispersori puntuali rappresentati da picchetti di acciaio componibili di lunghezza almeno pari a 3 m, dotati di pozzetti per ispezione e morsetto di collegamento, infissi nel terreno e connessi al dispersore perimetrale.

Profondità di infissione del picchetto:  $L_p = 3 \text{ m}$

Diametro del picchetto:  $D_p = 0,03 \text{ m}$

Il calcolo rigoroso della resistenza di terra per un impianto così configurato richiede un approccio analitico molto complesso, in quanto i dispersori non si possono considerare indipendenti tra loro ma si influenzano reciprocamente.

Tuttavia, in prima approssimazione, la resistenza totale può essere calcolata come risultante delle resistenze in parallelo dell'anello perimetrale e dei picchetti.

#### Calcolo della resistenza dell'anello perimetrale

$$R_{anelloT} = \frac{\rho_E}{\pi^2 D} \ln \frac{2\pi D}{d}$$

Dove:

L = lunghezza piattina in m

$$D = \frac{L}{\pi} = 49,34 \text{ m (diametro equivalente del dispersore ad anello)}$$

d = diametro del dispersore realizzato con conduttori in corda (0,014 m)

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO</b> <b>TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO</b> COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO.						
Relazione di Calcolo dell'Impianto di Terra della Cabina MT/BT	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA NN1X</td> <td>LOTTO 00</td> <td>CODIFICA D 67</td> <td>DOCUMENTO CL LF 04 E1 059</td> <td>REV. A</td> <td>FOGLIO 11 di 11</td> </tr> </table>	COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D 67	DOCUMENTO CL LF 04 E1 059	REV. A	FOGLIO 11 di 11
COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D 67	DOCUMENTO CL LF 04 E1 059	REV. A	FOGLIO 11 di 11		

Sostituendo i valori numerici si ottiene:

$$R_{anelloT} = 2,05 \Omega$$

Calcolo della resistenza di un singolo picchetto

Resistenza di un singolo picchetto:

$$R_p = \frac{\rho_E}{2\pi L_p} \ln \frac{4L_p}{D_p} = 31,79 \Omega$$

Considerando i picchetti in parallelo tra loro e trascurando la presenza della corda, si ha:

$$R_{ptot//} = R_p/6 = 5,30 \Omega$$

La resistenza totale (picchetti e corda di rame) del dispersore sarà pari a:

$$R_E = \frac{R_{pTOT} * R_{anelloT}}{R_{pTOT} + R_{anelloT}} = 1,48 \Omega \leq 1,6 \Omega$$

Si prescrive di eseguire le misure della resistenza di terra ad ultimazione dei lavori, al fine di verificare i valori qui calcolati in approssimazione e eventualmente adottare azioni correttive.