

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:

HIRPINIA - ORSARA AV

SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



## PROGETTO ESECUTIVO

**ITINERARIO NAPOLI - BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA  
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA  
IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE  
IE01 – FABBRICATI TECNICI FA01**

Relazione di Calcolo impianto di terra

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA - ORSARA AV Il Direttore Tecnico Ing. P. M. Gianvecchio 08/06/2022	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing. V. Moro

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

IF3A    02    E    ZZ    RO    LF0100    002    B    -

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	C 08.00 - Emissione 180gg	N. Di Stefano	08/02/2022	C. Piccardo	08/02/2022	V. Moro	08/02/2022	Ing. S. Eandi    08/06/2022
B	C 08.01 – A valle del contraddittorio	N. Di Stefano	08/06/2022	C. Piccardo	08/06/2022	V. Moro	08/06/2022	

File: IF3A02EZZROLF0100002B.docx

n. Elab.: -

APPALTATORE: Consorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	PIZZAROTTI				<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER	PINI	GCF	M-INGEGNERIA		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Calcolo impianto di terra	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO LF0100 002	REV. B	

## Indice

<b>1</b>	<b>GENERALITA' .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>SIGLE E DEFINIZIONI .....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>IMPIANTO DI TERRA PRIMARIO (DISPERSORE).....</b>	<b>5</b>
4.1	REQUISITI DELL'IMPIANTO CON RIFERIMENTO ALLE SOLLECITAZIONI MECCANICHE, ALLA CORROSIONE ED ALLE SOLLECITAZIONI TERMICHE .....	5
4.2	REQUISITI DELL'IMPIANTO CON RIFERIMENTO ALLA SICUREZZA DELLE PERSONE .....	6
4.3	VERIFICA MECCANICA E TERMICA DELL'IMPIANTO DI TERRA DISPERDENTE.....	7
4.4	VERIFICA DEL DISPERSORE NEI CONFRONTI DELLE TENSIONI DI CONTATTO E DI PASSO.....	7
<b>5</b>	<b>IMPIANTO DI TERRA SECONDARIO (O IMPIANTO DI TERRA INTERNO) .....</b>	<b>8</b>
5.1	GENERALITÀ .....	8
5.2	SEZIONI MINIME .....	11
5.3	DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO CON RIFERIMENTO ALLE SOLLECITAZIONI TERMICHE...11	
<b>6</b>	<b>IMPIANTO DI TERRA DEI BYPASS TECNOLOGICI.....</b>	<b>15</b>
6.1	REQUISITI DELL'IMPIANTO CON RIFERIMENTO ALLA SICUREZZA DELLE PERSONE .....	15
6.2	VERIFICA DEI COLLETTORI NEI CONFRONTI DELLE TENSIONI DI CONTATTO E DI PASSO .....	16
<b>7</b>	<b>CONDUTTORE DI PROTEZIONE LUNGO LA TRATTA.....</b>	<b>16</b>
<b>8</b>	<b>CONSIDERAZIONI AGGIUNTIVE .....</b>	<b>17</b>
<b>9</b>	<b>ALLEGATI.....</b>	<b>17</b>
<b>10</b>	<b>ALLEGATO 1 – DIMENSIONAMENTO E VERIFICA IMPIANTO DI TERRA.....</b>	<b>18</b>
10.1	GENERALITÀ .....	18
10.2	VERIFICA DISPERSORI DEL FABBRICATO .....	18
10.3	FABBRICATI FA01.....	19
<b>11</b>	<b>ALLEGATO 2 – VERIFICA DELL'IMPIANTO DI TERRA DEI BYPASS TECNOLOGICI ..</b>	<b>23</b>
11.1	GENERALITÀ .....	24
11.2	VERIFICA IMPIANTO DI TERRA IN CORRISPONDENZA DEI COLLETTORI DEI BYPASS TECNOLOGICI .....	24
11.3	BYPASS TECNOLOGICO BPT 3.....	25

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>M-INGEGNERIA</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di Calcolo impianto di terra</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ RO</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>LF0100 002</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>3 di 29</b>

## 1 GENERALITA'

L'intervento in oggetto è parte del più complesso ed esteso progetto di potenziamento dell'intero itinerario Roma-Napoli-Bari, finalizzato al miglioramento della competitività del trasporto su ferro ottenuto riducendo tempi di percorrenza e incrementando i livelli prestazionali.

Il presente documento ha come oggetto l'impianto di terra dei fabbricati FA01, asserviti agli impianti tecnologici della galleria Hirpinia, nell'ambito degli interventi per la realizzazione della nuova linea ferroviaria Hirpinia-Orsara.

Nel caso di cui trattasi, sia la porzione di impianto in Media Tensione che la sezione di impianto in Bassa Tensione saranno collegate ad un unico impianto di terra.

Inoltre, con riferimento al modo di collegamento a terra, il sistema di distribuzione BT risulta classificato come sistema TN.

In particolare, quanto segue intende evidenziare:

- la normativa tecnica utilizzata per il dimensionamento;
- i criteri di dimensionamento, tenendo conto dei vincoli impiantistici e della normativa vigente;
- i dati di ingresso;
- le verifiche ed i risultati di calcolo.

Si precisa che i dati di progetto ed i risultati delle verifiche, ottenute con software dedicati o tramite fogli di calcolo, sono riportati negli allegati.

Nel seguito si riportano invece alcune considerazioni aventi lo scopo di inquadrare il problema e di semplificare la comprensione di quanto evidenziato negli allegati.

## 2 LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO

Nel seguito vengono elencati i principali riferimenti legislativi e normativi che sono stati considerati nello sviluppo del presente progetto:

- Norma CEI 99-2 (CEI EN 61936-1) Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. – Parte 1: Prescrizioni comuni
- Norma CEI 99-3 (CEI EN 50522) Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV
- Guida CEI 11-37: Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV
- Norma CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
- Norma CEI EN50122-1: "Applicazioni ferroviarie – Installazioni fisse; Parte 1a: Provvedimenti concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra"
- Norma CEI 0-16: "Condizioni tecniche per la connessione alle reti di distribuzione dell'energia elettrica a tensione nominale superiore ad 1 kV"

## 3 SIGLE E DEFINIZIONI

Vengono introdotte le seguenti sigle:

APPALTATORE: Consortio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	PIZZAROTTI				<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER	PINI	GCF	M-INGEGNERIA		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Calcolo impianto di terra	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO LF0100 002	REV. B	

- ac Corrente alternata
- AD Azienda distributrice di energia elettrica (nel caso specifico ENEL)
- BT Bassa Tensione in c.a. (400/230V)
- CEI Comitato Elettrotecnico Italiano
- MT Media Tensione in c.a.: nel caso specifico 20kV
- RE resistenza di terra del dispersore
- UE tensione totale di terra
- UTP massima tensione di contatto effettiva ammessa dalla norma
- USP massima tensione di passo effettiva ammessa dalla norma
- VL tensione limite di contatto in BT
- IE corrente di guasto dispersa a terra
- tf tempo di intervento delle protezioni
- I<sub>dn</sub> corrente differenziale nominale
- ρ resistività del mezzo disperdente

Eventuali altre sigle potranno essere introdotte solo dopo che siano stati definiti, tra parentesi, accanto alla definizione estesa del proprio significato.

Saranno inoltre utilizzati i seguenti termini:

**Dispersore o impianto di terra primario (ai sensi della Norma CEI 99-2, 99-3 e CEI 64-8):** insieme di conduttori in contatto elettrico diretto con il terreno o annegati nel calcestruzzo a contatto con il terreno.

**Impianto di terra secondario** (o impianto di terra interno): insieme di conduttori comprendente:

- conduttori di protezione (ai sensi della Norma CEI 99-2, 99-3 e CEI 64-8);
- conduttori che collegano le masse di apparecchiature ad un collettore di terra ai fini della protezione contro i contatti indiretti;
- collettore principale di terra (ai sensi della Norma CEI 64-8): elemento a cui fanno capo i diversi conduttori di protezione, i conduttori equipotenziali principali, i conduttori di terra ed i conduttori di terra funzionali. Il collettore di terra è collegato al dispersore con uno o più conduttori di terra;
- conduttori di terra (ai sensi della Norma CEI 99-2 e 99-3): conduttori, non in contatto col terreno, che collegano parti dell'impianto (neutri dei sistemi elettrici, masse di apparecchiature e collettori di terra) direttamente al dispersore oppure conduttori, non in contatto col terreno, che collegano tra loro due dispersori;
- conduttori di terra (ai sensi della Norma CEI 64-8): conduttori, non in contatto col terreno, che collegano il collettore (o nodo) al dispersore oppure conduttori, non in contatto col terreno, che collegano tra loro due dispersori;
- conduttori equipotenziali (ai sensi della Norma CEI 99-3 e CEI 64-8): conduttore di protezione che mette diverse masse e masse estranee al medesimo potenziale (funzione di collegamento equipotenziale).

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Calcolo impianto di terra	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO LF0100 002	REV. FOGLIO B 5 di 29

## 4 IMPIANTO DI TERRA PRIMARIO (DISPERSORE)

### 4.1 REQUISITI DELL'IMPIANTO CON RIFERIMENTO ALLE SOLLECITAZIONI MECCANICHE, ALLA CORROSIONE ED ALLE SOLLECITAZIONI TERMICHE

Per quanto riguarda la resistenza meccanica, la resistenza alla corrosione e la resistenza alle sollecitazioni termiche, la Norma CEI 99-3 raccomanda di adottare per il dispersore le dimensioni minime riportate nella tabella seguente:

Materiale	Tipo di dispersore	Dimensione minima					
		Corpo			Rivestimento/guaina		
		Diametro [mm]	Sezione trasversale [mm <sup>2</sup> ]	Spessore [mm]	Valori singoli [µm]	Valori medi [µm]	
Acciaio	zincato a caldo	Piattina <sup>(2)</sup>		90	3	63	70
		Profilato (inclusi i piatti)		90 (250)	3 (5)	63	70
		Tubo	25		2	47	55
		Barra tonda per picchetto	16 (20)			63	70
		Tondo per dispersore orizzontale	10				50
	con guaina di piombo <sup>(1)</sup>	Tondo per dispersore orizzontale	8			1000	
	con guaina di rame estrusa	Barra tonda per picchetto	15			2000 (500)	
	con guaina di rame elettrolitico	Barra tonda per picchetto	14.2 (15)			90	100
Rame	nudo	Piattina		50	2		
		Tondo per dispersore orizzontale		25 <sup>(3)</sup>			
		Corda	1,8 <sup>(*)</sup>	25			
	stagnato	Tubo	20		2		
		Corda	1,8 <sup>(*)</sup>	25		1	5
		Piattina		50	2	20	40
		Corda	1,8 <sup>(*)</sup>	25		1000	
con guaina di piombo <sup>(1)</sup>	Filo tondo		25		1000		

(\*) per cavetti singoli  
(1) non idoneo per posa diretta in calcestruzzo  
(2) piattina, arrotondata o tagliata con angoli arrotondati  
(3) in condizioni eccezionali, dove l'esperienza mostra che il rischio di corrosione e di danno meccanico è estremamente basso, si può usare 16 mm<sup>2</sup>.  
Nota I valori riportati tra parentesi sono comunemente utilizzati in Italia.

Tabella 1 - Dimensioni minime degli elementi del dispersore (rif. Allegato C CEI 99-3)

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PIZZAROTTI						
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER	PINI	GCF			
M-INGEGNERIA						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Calcolo impianto di terra	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO LF0100 002	REV. B	FOGLIO 6 di 29

## 4.2 REQUISITI DELL'IMPIANTO CON RIFERIMENTO ALLA SICUREZZA DELLE PERSONE

In base alla normativa cogente, l'impianto di terra disperdente è da considerarsi correttamente dimensionato, nei confronti della sicurezza delle persone, se in caso di guasto lato MT si verifica che la tensione totale di terra  $U_E$  risulta inferiore al limite ammesso per le tensioni di contatto  $U_{TP}$ , secondo la seguente condizione:

$$U_E = R_E \cdot I_E \leq F \cdot U_{TP}$$

dove:

$R_E$  [ $\Omega$ ]: è la resistenza di terra del dispersore;

$I_E$  [A]: è la corrente di guasto a terra;

F: coefficiente di sicurezza secondo Tabella 2 CEI 99-3;

$U_{TP}$  [V]: valore fornito dalla figura 4 della Norma CEI 99-3 in funzione della durata di guasto a terra (vedi figura sotto)

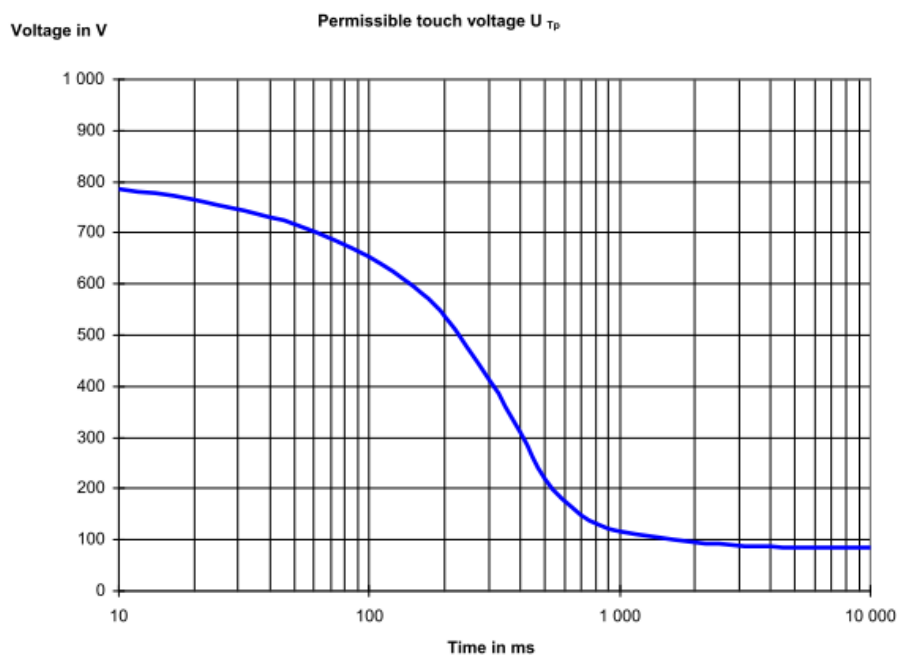


Figura 1: Massima tensione di contatto ammissibile

Si consideri, infatti, che devono essere rispettati i requisiti minimi per l'interconnessione di impianti di bassa e alta tensione basati sui limiti della EPR (Earth Potential Rise, secondo Tabella 2 CEI 99-3); nel caso in oggetto, risulta necessario impostare il coefficiente  $F=1$ .

Il dimensionamento di un impianto di terra richiede quindi, tra i dati di ingresso, il valore della massima corrente che l'impianto è chiamato a disperdere, in caso di guasto a terra ( $I_E$ ), e la durata del guasto stesso ( $t_f$ ).

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Calcolo impianto di terra	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO LF0100 002	REV. FOGLIO B 7 di 29

I calcoli di progetto sono eseguiti sulla base di valori di corrente di guasto a terra in linea con quelli normalmente riscontrabili in impianti connessi alle reti di distribuzione pubblica. Il tempo di eliminazione del guasto, per il caso specifico della verifica della rete di terra nel piazzale di emergenza, viene fissato a 200 ms, in quanto sono presenti nell'impianto delle protezioni che consentono un backup a quelle chiamate ad intervenire primariamente in caso di guasto, determinando così un tempo di pulizia dello stesso che non supera il valore proposto.

Regime di neutro	I <sub>E</sub> [A]	tf [s]
Neutro compensato a 20 kV	50	0,2

Noti i tempi di eliminazione del guasto, dalla figura 4 della Norma CEI 99-3 si possono determinare i valori di U<sub>TP</sub> (limite massimo per la tensione di contatto ammessa)

I valori di tensione di passo limite U<sub>SP</sub> non sono considerati dallo Standard poiché si assume che, se nel sistema disperdente le tensioni di contatto risultano inferiori ai suddetti limiti, non risulta presente alcuna tensione di passo pericolosa.

Nelle normative proprie di alcuni paesi europei viene comunque specificata una modalità per determinare le tensioni limite di passo ovvero

$$U_{SP} = 3U_{TP}$$

Con riferimento ai tempi di eliminazione del guasto riportati precedentemente, i limiti delle tensioni di contatto e di passo assumono i seguenti valori:

Regime di neutro	U <sub>TP</sub> [V]	U <sub>SP</sub> [V]
Neutro compensato a 20 kV	537	1611

### 4.3 VERIFICA MECCANICA E TERMICA DELL'IMPIANTO DI TERRA DISPERDENTE

Per quanto concerne il comportamento meccanico e termico del dispersore i requisiti di progetto sopra indicati risultano soddisfatti in quanto per il fabbricato si prevedono dispersori costituiti da:

- corda di rame nudo da 120 mm<sup>2</sup> nei piazzali e nei cunicoli asserviti alle finestre (vedi allegato 01 ed elaborati grafici)

Secondo le indicazioni della specifica tecnica RFI DPRIM STS IFS LF610C sono inoltre previsti dei cavi FG18M16 in rame di sezione 120 mm<sup>2</sup>, posati nei cavidotti sotto marciapiede del tunnel, lungo il binario dispari e lungo il binario pari. Tali cavi collegano i quadri di tratta (QdT) e le maglie di terra dei vari fabbricati (tramite apposite corde nude stese lungo la finestra di emergenza nel caso del collegamento alle maglie di terra dei fabbricati FA01).

### 4.4 VERIFICA DEL DISPERSORE NEI CONFRONTI DELLE TENSIONI DI CONTATTO E DI PASSO

La verifica dell'impianto di terra disperdente, nei confronti della sicurezza delle persone, è stata condotta utilizzando il software GSA\_FD® (Grounding System Analysis in the Frequency Domain), sviluppato da SINT Srl.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Calcolo impianto di terra	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO LF0100 002	REV. FOGLIO B 8 di 29

## 5 IMPIANTO DI TERRA SECONDARIO (O IMPIANTO DI TERRA INTERNO)

### 5.1 GENERALITÀ

All'interno della cabina, tutte le parti metalliche accessibili delle macchine e delle apparecchiature, suscettibili di entrare in contatto con elementi in tensione in seguito a guasti o di introdurre il potenziale di terra, devono essere collegate al dispersore o al collettore di terra, normalmente per mezzo di conduttori di terra. A queste connessioni realizzate ai fini della sicurezza, si aggiungono i collegamenti di tipo funzionale quale, ad esempio, la messa a terra del neutro sul lato BT dei trasformatori.

I nodi di terra (collettori) sono costituiti da piatti di rame nudo da 500x50x5mm installati alla parete dei vari locali mediante appositi distanziatori fissati a parete con tasselli e viti in acciaio.

La figura seguente rappresenta alcuni esempi tipici di collegamenti al collettore.

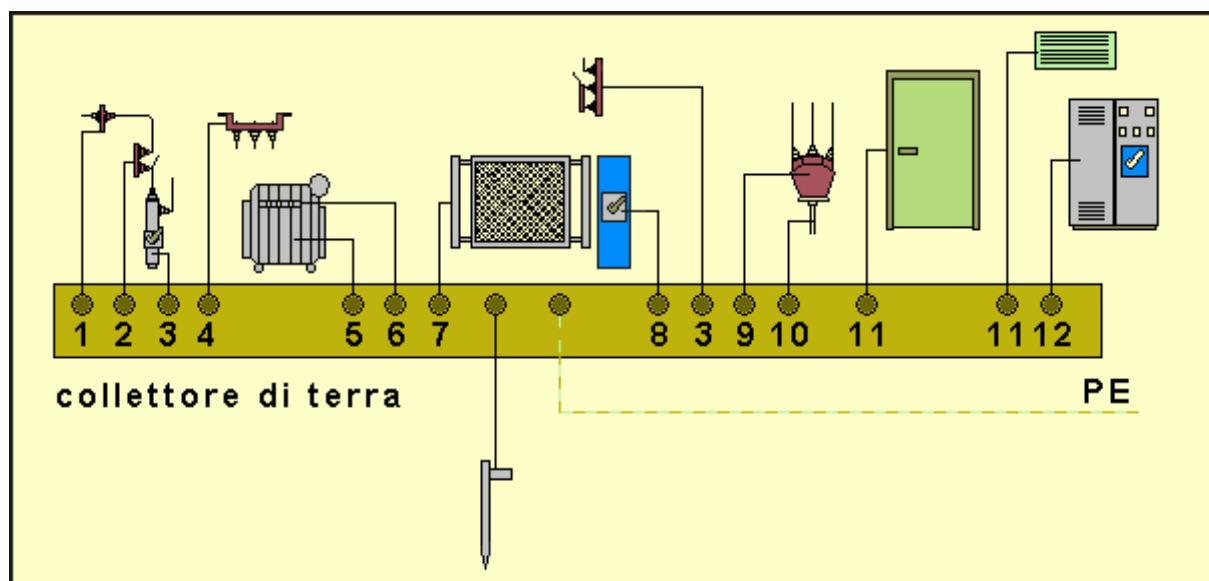


Figura 2 – Esempi di collegamenti a terra in cabina

1. cornici, telai e flange degli isolatori passanti
2. intelaiature e supporti di ogni tipo di isolatore
3. intelaiature dei sezionatori, dei portafusibili e degli interruttori
4. involucri e supporti metallici dell'interruttore automatico MT e di ogni altro apparecchio di controllo e misura
5. massa del trasformatore (da dimensionare in funzione della corrente di guasto sul lato BT)
6. morsetto del neutro del lato BT del trasformatore (da dimensionare in funzione della corrente di guasto sul lato BT)
7. ripari metallici e le relative incastellature
8. organi di comando manuale di interruttori e sezionatori
9. muffole metalliche
10. schermi metallici dei cavi MT



<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>M-INGEGNERIA</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di Calcolo impianto di terra</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ RO</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>LF0100 002</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>9 di 29</b>

11. intelaiature metalliche di porte, finestre e griglie di aerazione

12. armadi metallici delle cabine prefabbricate o altri involucri contenenti apparecchiature MT o BT (per gli armadi contenenti apparecchiature in BT dimensionare in funzione della corrente di guasto in BT)

I ferri di armatura della struttura non saranno connessi all'impianto di terra.

Con riferimento alla figura seguente e alle definizioni riportate in precedenza (conduttori di terra, conduttori di protezione e conduttori equipotenziali), i conduttori principali, oggetto di dimensionamento, sono i seguenti:

- CT1: conduttore di collegamento della carcassa del trasformatore MT/BT al nodo di terra;
- CT2: conduttore di collegamento del nodo di terra al dispersore;
- PE1: conduttore di collegamento a terra del centro stella del trasformatore MT/BT;
- PE2: conduttore di collegamento della carpenteria del quadro generale di bassa tensione al nodo di terra (valido, cautelativamente, anche per gli altri quadri BT di cabina).

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Calcolo impianto di terra		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO LF0100 002	REV. B FOGLIO 10 di 29

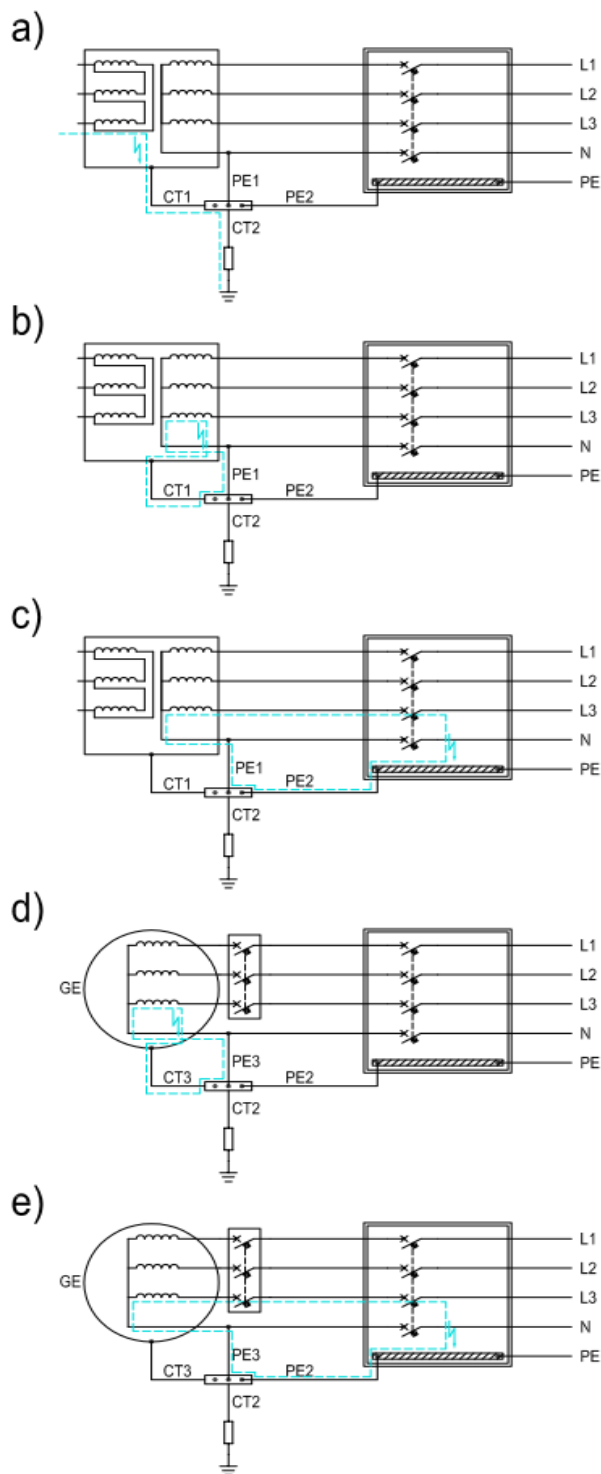


Figura 3 - Collegamenti a terra in cabina

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Calcolo impianto di terra	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO LF0100 002	REV. FOGLIO B 11 di 29

Tali conduttori vanno dimensionati verificando la loro “tenuta termica” nei confronti della corrente di guasto a terra che sono chiamati a condurre verso l’impianto disperdente verificando inoltre che le sezioni così risultanti siano superiori alle sezioni minime ammesse.

Le sezioni dei conduttori sono riportate negli elaborati grafici di progetto e fanno riferimento ai criteri esposti nei presenti paragrafi.

## 5.2 SEZIONI MINIME

Per quanto concerne i conduttori di terra ed i conduttori equipotenziali a Norma CEI 99-3 prescrive le seguenti sezioni minime:

- rame: 16 mm<sup>2</sup>;
- alluminio: 35 mm<sup>2</sup>;
- acciaio: 50 mm<sup>2</sup>

## 5.3 DIMENSIONAMENTO DELL’IMPIANTO CON RIFERIMENTO ALLE SOLLECITAZIONI TERMICHE

I valori minimi indicati nei paragrafi precedenti possono risultare inutilmente onerosi come, ad esempio, nel caso di conduttori di fase di grossa sezione. In tali casi, fatte salve le sezioni minime indicate, la sezione dei conduttori di terra può essere calcolata con la seguente formula (formula dell’integrale di Joule) che garantisce la “tenuta termica” del conduttore:

$$A = \frac{I}{K} \sqrt{\frac{t}{\ln \frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}}} \quad (\text{IEC 60724:1984 Equazione F1})$$

dove:

- A: è la sezione minima del conduttore (mm<sup>2</sup>)
- I: è il valore efficace della corrente di guasto che fluisce nel conduttore (A)
- t: è la durata della corrente di guasto (s)
- K: è una costante dello specifico materiale conduttore usato (As<sup>1/2</sup>/mm<sup>-2</sup>)
- β: è una costante dello specifico materiale conduttore usato (°C)
- θ<sub>i</sub>: è la temperatura ambiente o iniziale del conduttore (°C)
- θ<sub>f</sub>: è la massima temperatura ammessa per il conduttore (°C)

Per le costanti dei materiali si può fare riferimento ai seguenti valori indicati nelle norme:

- rame: K = 226 (As<sup>1/2</sup>/mm<sup>-2</sup>), β = 234,5 (°C)
- acciaio: K = 78 (As<sup>1/2</sup>/mm<sup>-2</sup>), β = 202 (°C)
- alluminio: K = 148 (As<sup>1/2</sup>/mm<sup>-2</sup>), β = 228 (°C)

La formula precedente può essere così semplificata:

$$A = \frac{I}{Kt} \sqrt{t}$$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>M-INGEGNERIA</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di Calcolo impianto di terra</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO LF0100 002	REV. B	FOGLIO 12 di 29

in cui  $Kt$  è funzione del tipo di materiale e delle temperature iniziali e finali del conduttore e, con riferimento alla formula precedente, vale:

$$Kt = K \cdot \sqrt{\ln \frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}}$$

Con riferimento alla Figura 3, a seconda delle tipologie di guasto che interessano i diversi tipi di conduttori, i parametri  $I$  e  $t$  assumono i valori nel seguito descritti:

- CT1 + CT2: sono interessati dalla corrente di guasto a terra in media tensione (Figura 3-a): il valore ( $I$ ) corrisponde al valore massimo riscontrabile (generalmente doppio guasto a terra su rete a neutro compensato), mentre  $t$  corrisponde al tempo di intervento della protezione MT;
- CT1 + PE1 sono interessati da un guasto sull'avvolgimento BT del trasformatore (Figura 3-b): il valore ( $I$ ) è la corrente di guasto fase-terra lato BT, mentre  $t$  è il tempo di intervento della protezione MT in corrispondenza della corrente di guasto rilevata sul lato MT;
- PE1 + PE2 sono interessati da un guasto a valle del quadro generale di bassa tensione (Figura 3-c): il valore ( $I$ ) è la massima corrente di guasto fase terra a valle del quadro, mentre  $t$  è il tempo di intervento per corto circuito della protezione generale. Si precisa che non si contempla il caso di guasto sulla linea tra il trasformatore e la protezione generale BT (vedi CEI 64-8/4 art. 473.2.3 e commento art. 413.2.1.1)
- CT3+PE3 e PE3+PE2 sono interessati dalla corrente di guasto nel funzionamento da gruppo elettrogeno (Figura 3-d e 3-e): il tempo di intervento può essere assunto cautelativamente pari al tempo di intervento della protezione di massima frequenza installata a bordo del quadro di controllo del GE.

Ciascun conduttore deve essere verificato nella condizione più gravosa.

Nella tabella che segue si riportano i calcoli, valutati prudenzialmente tenendo conto nelle massime taglie delle macchine presenti nell'impianto.

Il conduttore di collegamento a terra degli schermi dei cavi MT può essere dimensionato sulla base della sezione degli schermi stessi. Tuttavia si assume, prudenzialmente, una sezione pari a 25 mm<sup>2</sup>.

Inoltre, i conduttori di protezione dei quadri BT secondari (non considerati nei calcoli seguenti), saranno scelti in accordo alla Norma CEI 64-8-par. 543.1.2 sulla base della sezione di fase (pari alla sezione del conduttore di fase o metà, se questa è maggiore di 35 mm<sup>2</sup>).

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Calcolo impianto di terra	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO LF0100 002	REV. FOGLIO B 13 di 29

Funzionamento da rete			
<b>Dati di ingresso</b>			
Trasformatore MT/bt			
Tensione nominale primario V1n [V]	20.000		
Tensione nominale secondario V2n [V]	400		
Potenza nominale [kVA]	630		
Impedenza di cto cto [%]	6,00		
Zcc [ohm]	0,0152		
Corrente di guasto trifase I <sub>k</sub> [A]	16.670,99		
<b>Dati impianto</b>			
Impedenza cavo trasf-QBT [ohm]	-		
Tipo Conduttore CT1 (Kt)	FG17	175,8269	
Tipo Conduttore CT2 (Kt)	FG17	175,8269	
Tipo Conduttore PE1 (Kt)	FG17	175,8269	
Tipo Conduttore PE2 (Kt)	FG17	175,8269	
<b>Guasto a terra lato MT</b>			
Corrente di doppio guasto a terra lato MT [A] con rete a neutro compensato I <sub>KEE</sub>	13.856,41		
Tempo di intervento della protezione [s]	0,50	(1)	
i <sub>t</sub> <sup>2</sup>	9,60E+07		
<b>Guasto fase-terra lato bt a monte del quadro BT</b>			
Corrente di guasto a terra lato bt [A]	16.670,99		
Corrente di guasto lato bt trasferita lato MT [A]	192,50		
Tempo di intervento della protezione MT [s] (eliminazione del guasto)	0,50	(2)	
i <sub>t</sub> <sup>2</sup>	1,39E+08		
<b>Guasto fase-terra a valle del quadro BT</b>			
Corrente di guasto a valle dell'interruttore generale [A]	16.670,99		
Tempo di intervento della protezione [s]	0,20	(3)	
i <sub>t</sub> <sup>2</sup>	5,56E+07		
<b>Calcolo sezioni</b>			
	<b>Sezione [mm<sup>2</sup>]</b>		
Carcassa TR-Collettore (CT1)	67,04		
Collettore-Dispensore (CT2)	55,73		
Neutro-Collettore (PE1)	67,04		
Quadro bt-Collettore (PE2)	42,40		
Carcassa QMT - Collettore	55,73		
<b>Sezioni commerciali scelte</b>			
	<b>Sezione [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>Verifica</b>	<b>Commenti</b>
Carcassa TR-Collettore (CT1)	120,00	OK	
Collettore-Dispensore (CT2)	120,00	OK	
Neutro-Collettore (PE1)	120,00	OK	
Quadro bt (principale)-Collettore (PE2)	120,00	OK	
Carcassa QMT - Collettore	120,00	OK	
<b>Funzionamento da gruppo elettrogeno</b>			
<b>Dati di ingresso</b>			
<b>Gruppo elettrogeno</b>			
Tensione nominale Vn [V]	400		
Potenza nominale [kVA]	160		
Xd' [p.u.]	0,12		
X2 [p.u.]	0,13		
X0 [p.u.]	0,08		
Zcc [p.u.] (Zd'+Z2+Z0)	0,33		
Zcc [ohm] (Zd'+Z2+Z0)	0,33		
Corrente di guasto fse-terra I <sub>k</sub> 1F [A]	2099,46		
Tempo di intervento della protezione di gruppo [s]	1	(4)	
i <sub>t</sub> <sup>2</sup>	4,41E+06		
Kt	FG17	175,8269	
<b>Calcolo sezioni</b>			
	<b>Sezione [mm<sup>2</sup>]</b>		
Centro stella GE - Collettore	11,94		
Carcassa GE - Collettore	11,94		
<b>Sezioni commerciali scelte</b>			
	<b>Sezione [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>Verifica</b>	
Centro stella GE - Collettore (PE3)	120,00	OK	
Carcassa GE - Collettore (CT3)	120,00	OK	
NOTE:			
(1) Ipotesi tempo intervento della protezione distributore (guasto a monte del DG)			
(2) Tempo intervento DG (b>) comprensivo del tempo di apertura dell'interruttore (430+70ms)			
(3) Valore tipico per interruttori scatolati e aperti			
(4) Tempo di intervento della protezione di frequenza, nel caso di guasto a monte dell'interruttore bt			

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>M-INGEGNERIA</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF3A</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RO</td> <td style="text-align: center;">LF0100 002</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">14 di 29</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RO	LF0100 002	B	14 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ RO	LF0100 002	B	14 di 29													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di Calcolo impianto di terra</b>																		

Dati i risultati ottenuti, si possono pertanto confermare, per conduttori CT1, CT2, PE1, PE2 e carcassa QMT, la tipologia di cavi prevista nel Progetto Definitivo, ovvero:

**FG17 0.45/0.75 kV 1x120mm<sup>2</sup>**

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	PIZZAROTTI				<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER	PINI	GCF	M-INGEGNERIA		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Calcolo impianto di terra	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO LF0100 002	REV. B	

## 6 IMPIANTO DI TERRA DEI BYPASS TECNOLOGICI

### 6.1 REQUISITI DELL'IMPIANTO CON RIFERIMENTO ALLA SICUREZZA DELLE PERSONE

Anche l'impianto di terra dei bypass tecnologici, costituito dai collettori presenti nei bypass stessi, deve essere correttamente dimensionato nei confronti della sicurezza delle persone, verificando che, in caso di guasto lato MT, la tensione totale di terra  $U_E$  risulti inferiore al limite ammesso per le tensioni di contatto  $U_{TP}$ , secondo la seguente condizione:

$$U_E = R_E \cdot I_E \leq F \cdot U_{TP}$$

dove:

$R_E$  [ $\Omega$ ]: è la resistenza di terra nel punto di guasto;

$I_E$  [A]: è la corrente di guasto a terra;

F: coefficiente di sicurezza secondo Tabella 2 CEI 99-3;

$U_{TP}$  [V]: valore fornito dalla figura 4 della Norma CEI 99-3 in funzione della durata di guasto a terra (vedi figura sotto)

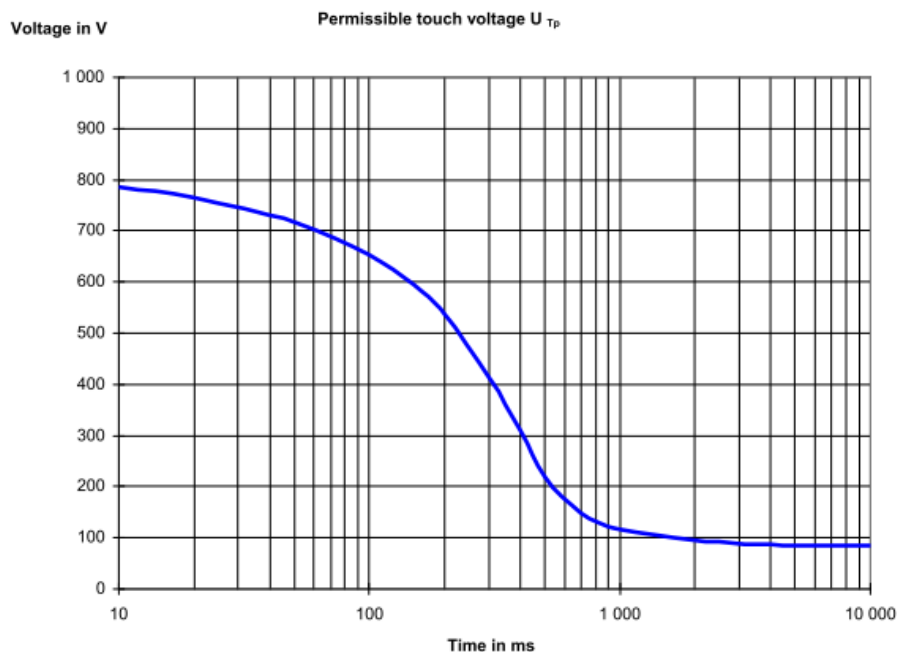


Figura 4: Massima tensione di contatto ammissibile

Si consideri, infatti, che devono essere rispettati i requisiti minimi per l'interconnessione di impianti di bassa e alta tensione basati sui limiti della EPR (Earth Potential Rise, secondo Tabella 2 CEI 99-3); nel caso in oggetto, risulta necessario impostare il coefficiente  $F=1$ .

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Calcolo impianto di terra	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO LF0100 002	REV. FOGLIO B 16 di 29

I calcoli di progetto sono eseguiti sulla base di valori di corrente di guasto a terra in linea con quelli normalmente riscontrabili in impianti connessi alle reti di distribuzione pubblica. Il tempo di eliminazione del guasto, per il caso specifico della verifica dell'impianto di terra nei by-pass tecnologici viene fissato a 200 ms, in quanto sono presenti nell'impianto delle protezioni che consentono un backup a quelle chiamate ad intervenire primariamente in caso di guasto, determinando così un tempo di pulizia dello stesso che non supera il valore proposto.

Regime di neutro	I <sub>E</sub> [A]	tf [s]
Neutro compensato a 20 kV	50	0,2

Noti i tempi di eliminazione del guasto, dalla figura 4 della Norma CEI 99-3 si possono determinare i valori di U<sub>TP</sub> (limite massimo per la tensione di contatto ammessa)

I valori di tensione di passo limite U<sub>SP</sub> non sono considerati dallo Standard poiché si assume che, se nel sistema disperdente le tensioni di contatto risultano inferiori ai suddetti limiti, non risulta presente alcuna tensione di passo pericolosa.

Nelle normative proprie di alcuni paesi europei viene comunque specificata una modalità per determinare le tensioni limite di passo ovvero

$$U_{SP} = 3U_{TP}$$

Con riferimento ai tempi di eliminazione del guasto riportati precedentemente, i limiti delle tensioni di contatto e di passo assumono i seguenti valori:

Regime di neutro	U <sub>TP</sub> [V]	U <sub>SP</sub> [V]
Neutro compensato a 20 kV	537	1611

## 6.2 VERIFICA DEI COLLETTORI NEI CONFRONTI DELLE TENSIONI DI CONTATTO E DI PASSO

La verifica dei collettori, nei confronti della sicurezza delle persone, è stata condotta utilizzando il software GSA\_FD® (Grounding System Analysis in the Frequency Domain), sviluppato da SINT Srl.

## 7 CONDUTTORE DI PROTEZIONE LUNGO LA TRATTA

Nel presente capitolo si riporta la verifica al cortocircuito del conduttore di protezione PE lungo la tratta, posato nei cavidotti lungo i tunnel.

Tale conduttore, come riportato in precedenza, è costituito da un cavo del tipo FG18M16 0.6/1kV – 1x120mmq. Per la verifica valgono i medesimi criteri riportati nel capitolo precedente, in particolare l'equazione seguente:

$$A = \frac{I}{Kt} \sqrt{t} \rightarrow I^2 t = Kt^2 S^2$$

dove:

- A: è la sezione del conduttore (mm<sup>2</sup>)
- I: è il valore efficace della corrente di guasto che fluisce nel conduttore (A)
- t: è la durata della corrente di guasto (s)
- Kt: è una costante dello specifico materiale conduttore usato (A s<sup>1/2</sup> mm<sup>-2</sup>)



APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Calcolo impianto di terra	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO LF0100 002	REV. FOGGIO B 17 di 29

Cautelativamente, la corrente di corto circuito può essere calcolata considerando un cortocircuito a valle del trasformatore 20/1kV (in prossimità dello stesso); per il presente calcolo di verifica si assume, in via conservativa, un trasformatore di taglia 250 kVA (taglia non inferiore alla massima effettivamente prevista dal progetto).

In accordo alla LF 610C (par. V.2.2) si considera il neutro posto francamente a terra e si valuta una corrente di guasto di riferimento mediante la formula riportata a seguire:

$$I = 1.1 \frac{S}{\sqrt{3} \times V_n \times v_{cc}} = 1.1 \frac{120}{\sqrt{3} \times 1 \times 0.04} = 3608 \text{ A}$$

Data la tipologia di cavo (rame, isolato in EPR ecc..) il coefficiente Kt assume il valore pari a 175.8.

Dall'equazione di cui sopra, nota la sezione A del conduttore oggetto di verifica si ricava la durata massima del cortocircuito tollerabile dal cavo in questione:

$$A = \frac{I}{Kt} \sqrt{t} \rightarrow t = \frac{A^2 Kt^2}{I^2} = \frac{120^2 \times 175.8^2}{3608^2} = 34 \text{ s}$$

Il tempo calcolato risulta ampiamente superiore ai valori tipici necessari all'estinzione del guasto a terra, rilevati dalle protezioni presenti nei QdP. La sezione prevista risulta pertanto verificata.

## 8 CONSIDERAZIONI AGGIUNTIVE

La resistività del terreno può assumere nel tempo valori anche molto diversi essendo questa fortemente influenzata dall'umidità e dalla temperatura.

Inoltre la resistività è solitamente una caratteristica tutt'altro che omogenea e varia da punto a punto sulla superficie ed in profondità.

Di conseguenza il valore di progetto ed i calcoli eseguiti nel presente progetto dovranno essere verificati in fase realizzativa mediante misure di resistenza di terra qualora necessario.

## 9 ALLEGATI

Gli allegati sono organizzati nei seguenti documenti:

- Allegato 1: Dimensionamento e verifica dell'impianto di terra dei fabbricati tecnologici FA01
- Allegato 2: Verifica dell'impianto di terra dei bypass tecnologici

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Calcolo impianto di terra	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO LF0100 002	REV. FOGLIO B 18 di 29

## 10 ALLEGATO 1 – DIMENSIONAMENTO E VERIFICA IMPIANTO DI TERRA

### 10.1 GENERALITÀ

Nella presente sezione vengono illustrati i calcoli di verifica dell'impianto di terra, secondo le modalità descritte nella relazione di calcolo.

In particolare i calcoli eseguiti riguardano:

- verifica del dispersore (impianto di terra esterno): calcolo della tensione totale di terra UE e confronto con il limite ammesso per le tensioni di contatto UTP nell'ipotesi di neutro compensato.

### 10.2 VERIFICA DISPERSORI DEL FABBRICATO

L'ipotesi di partenza per la verifica dei dispersori di cabina (come rappresentato negli elaborati progettuali a cui si rimanda) è l'utilizzo di:

- una maglia di terra, posta in corrispondenza delle aree dei fabbricati, costituita da conduttori in rame di sezione 120 mm<sup>2</sup>, integrata con picchetti tondi o a croce di lunghezza 3 m, disposti in maniera da non interferire l'uno con l'altro. La corda nel piazzale è posata ad una profondità di 1,2 m;
- cavi FG18M16 in rame di sezione 120 mm<sup>2</sup>, secondo le indicazioni della specifica tecnica RFI DPRIM STS IFS LF610C, posati nei cavidotti sotto marciapiede del tunnel, lungo il binario dispari e lungo il binario pari, che collegano i collettori di terra in corrispondenza dei quadri di tratta (QdT) e le maglie di terra dei vari fabbricati;
- corde di rame nudo da 120 mm<sup>2</sup>, di interconnessione tra i cavi FG18OM16 in tunnel e il piazzale di emergenza esterno alla finestra, corda posata sotto la pavimentazione;

Le dimensioni della maglia di terra del singolo fabbricato e del piazzale in oggetto sono rappresentate nello specifico elaborato grafico.

In conformità al Progetto Definitivo, si assume nei calcoli un valore di resistività del terreno  $\rho_E$  pari a 100  $\Omega$ m. Il valore della resistenza dell'impianto di dispersione dovrà comunque essere misurato ad impianto realizzato e confrontato con i limiti richiesti/imposti dalle Norme.

In conformità al Progetto Definitivo si è considerato l'assetto di rete MT a neutro compensato.

I calcoli saranno eseguiti sulla base dei seguenti valori, tenendo in considerazione i possibili guasti a monte dell'interruttore generale di utente (Dispositivo Generale), rilevati dalle protezioni che consentono un backup a quelle chiamate ad intervenire primariamente in caso di guasto, determinando così un tempo di pulizia dello stesso che non supera il valore proposto.

	$I_E$ [A]	$t_f$ [s]
<b>Neutro compensato</b>	50	0,2

Con riferimento ai valori sopra riportati, i limiti delle tensioni di contatto e di passo ammessi dalla Norma CEI 99-3 assumono i seguenti valori:

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV    WEBUILD ITALIA                      PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI                      GCF</b> <b>ELETTRI-FER                      M-INGEGNERIA</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> Relazione di Calcolo impianto di terra	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO LF0100 002	REV. B	FOGLIO 19 di 29

	Utp [V]	Usp [V]
<b>Neutro compensato</b>	537	1611

Nei paragrafi che seguono si riportano i risultati dei calcoli con le seguenti tipologie di risultati grafici:

- distribuzione 3D dei valori di  $\varphi$  (potenziali sulla superficie del terreno) calcolati sull'intera tratta;
- curve di livello equipotenziali della distribuzione dei valori di  $\varphi$  sull'intera tratta;
- curve di livello equipotenziali della distribuzione dei valori di  $\varphi$  sull'area dei fabbricati;
- confronto tra tensioni di contatto e di passo ed i relativi limiti ammessi in corrispondenza della griglia di calcolo di  $\varphi$ . La figura riporta quanto segue:
  - con colore verde le aree dove le tensioni di contatto e di passo sono inferiori ai limiti ammessi
  - con colore giallo le aree dove le tensioni di contatto sono superiori ai limiti ammessi e le tensioni di passo sono inferiori ai limiti ammessi. Tali aree sono pericolose solo se comprendono parti metalliche che in caso di guasto assumono il potenziale del dispersore e che possono essere toccate da persone
  - con colore rosso le aree dove le tensioni di contatto e di passo sono superiori ai limiti ammessi

Deve essere tenuto presente che il dimensionamento della rete di terra qui riportato dovrà essere verificato al termine della realizzazione dell'opera, in quanto, in accordo alle normative vigenti, non è sostitutivo delle misure di resistenza di terra ovvero delle eventuali verifiche delle tensioni di contatto e di passo.

### 10.3 FABBRICATI FA01

Il modello implementato nel calcolo è il seguente:

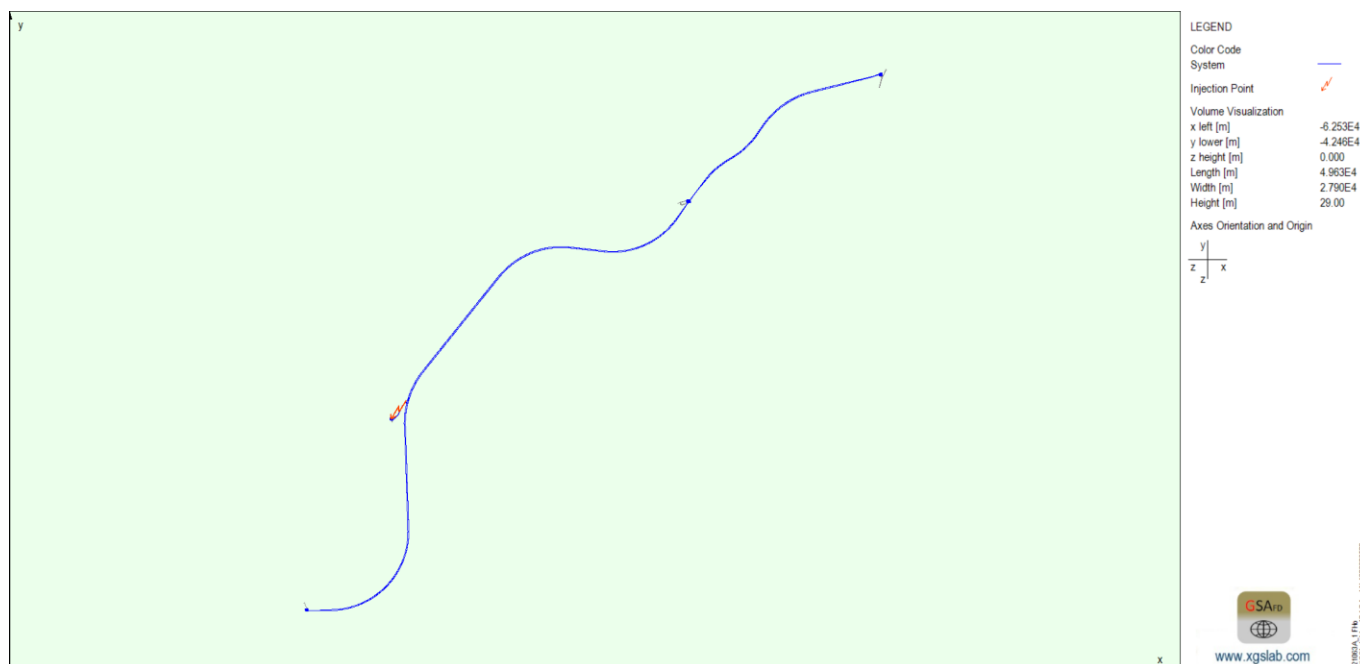


Figura A1-1 - Modello dispersore complessivo

APPALTATORE:						
Consorzio	Soci				<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>	
HIRPINIA - ORSARA AV	WEBUILD ITALIA	PIZZAROTTI				
<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>						
PROGETTAZIONE:						
Mandatario	Mandanti					
ROCKSOIL S.P.A	NET ENGINEERING	PINI	GCF			
	ELETTRI-FER	M-INGEGNERIA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di Calcolo impianto di terra	IF3A	02	E ZZ RO	LF0100 002	B	20 di 29

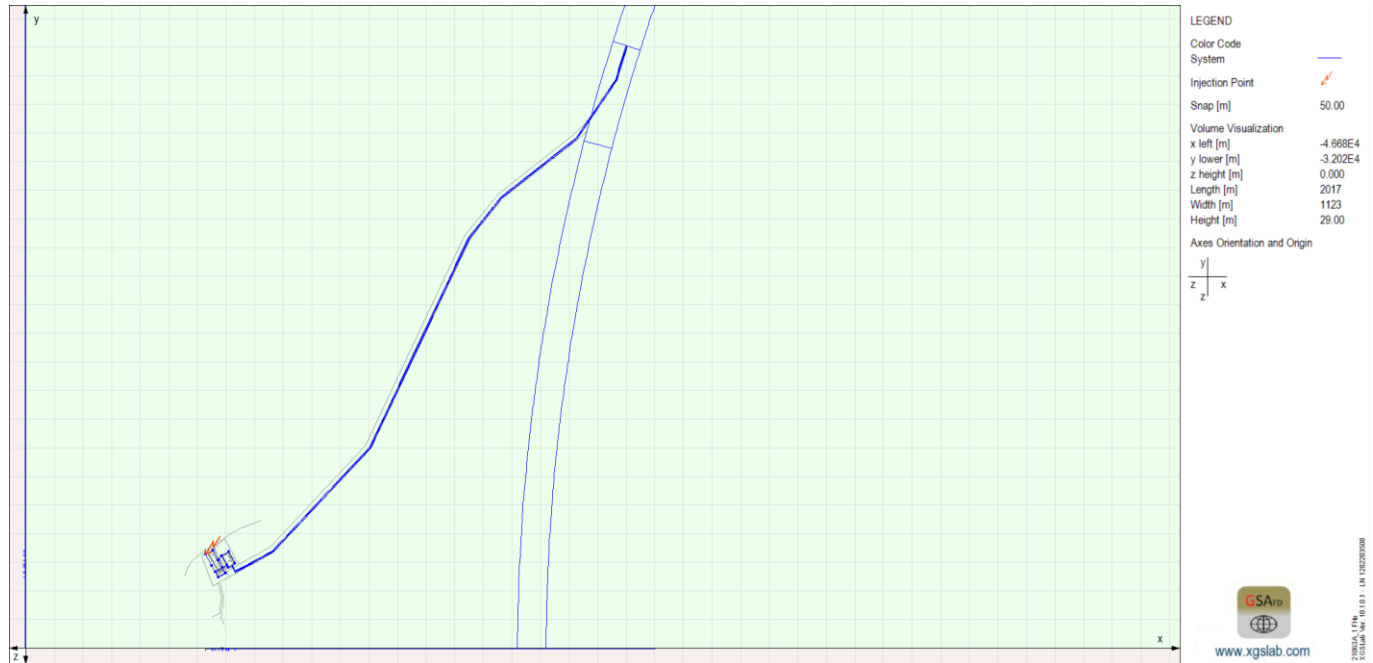


Figura A1-2 - Modello dispersore (area di fabbricati e di piazzale)

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PIZZAROTTI						
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A		Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER	PINI	GCF		
M-INGEGNERIA						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Calcolo impianto di terra	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO LF0100 002	REV. B	FOGLIO 21 di 29

**Con rete a neutro compensato:**

$I_E = 50 \text{ A}$

$t_f = 0,2 \text{ s}$

I risultati sono di seguito riportati:

Neutro compensato	
$R_E [\Omega]$	0,327
$U_E [V]$	16,35
$U_{tp} [V]$	537
$U_{sp} [V]$	1611

La tensione totale di terra  $U_E$  è inferiore ai limiti imposti dalla Norma CEI 99-3 per le tensioni di contatto ( $< 2 U_{TP}$ ), per cui non è necessario verificare che le massime tensioni di contatto e di passo non superino i limiti ammessi in corrispondenza delle masse; inoltre, come anticipato in precedenza, devono essere rispettati i requisiti minimi per l'interconnessione di impianti di bassa e alta tensione basati sui limiti della EPR (Tabella 2 CEI 99-3). In questo caso, pertanto, è stata verificata la condizione più restrittiva:  $U_E < F U_{TP}$ , con  $F=1$ .

I risultati grafici sono i seguenti:

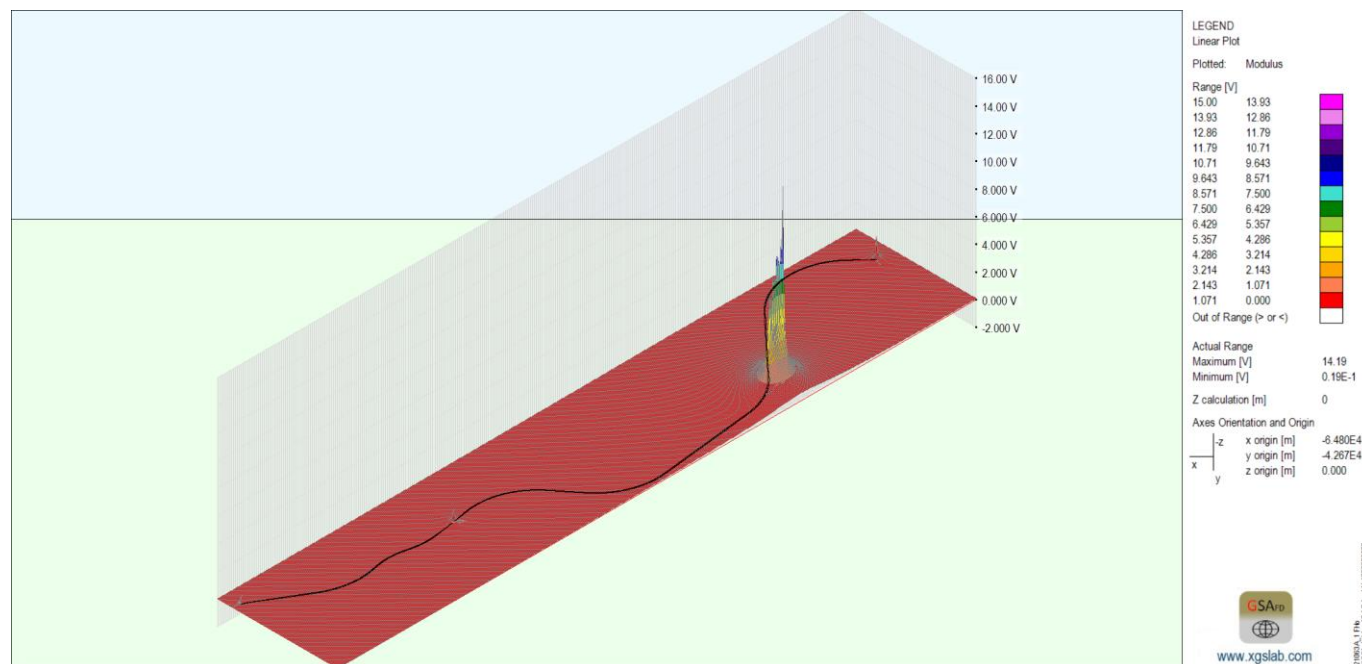


Figura A1-3 - Distribuzione dei potenziali sulla superficie del terreno (rappresentazione 3D)

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Calcolo impianto di terra		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO LF0100 002	REV. B	FOGLIO 22 di 29

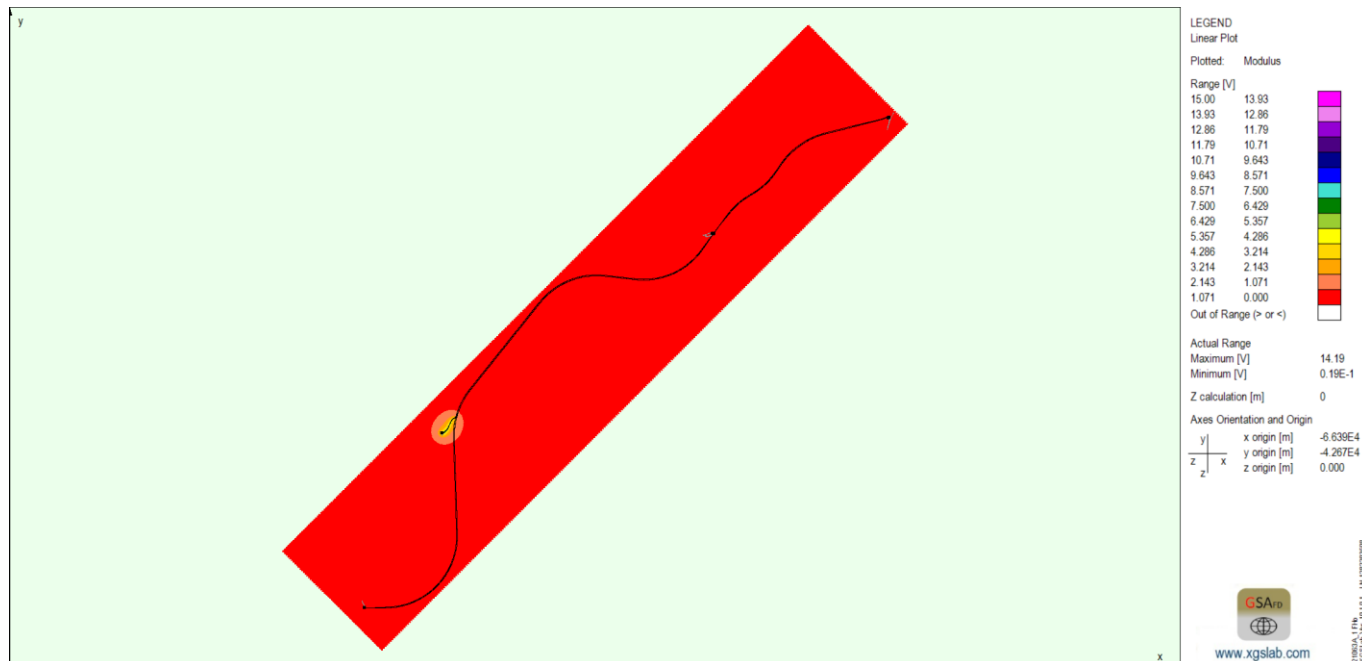


Figura A1-4 - Distribuzione 2D dei potenziali sulla superficie del terreno (impianto di terra complessivo)

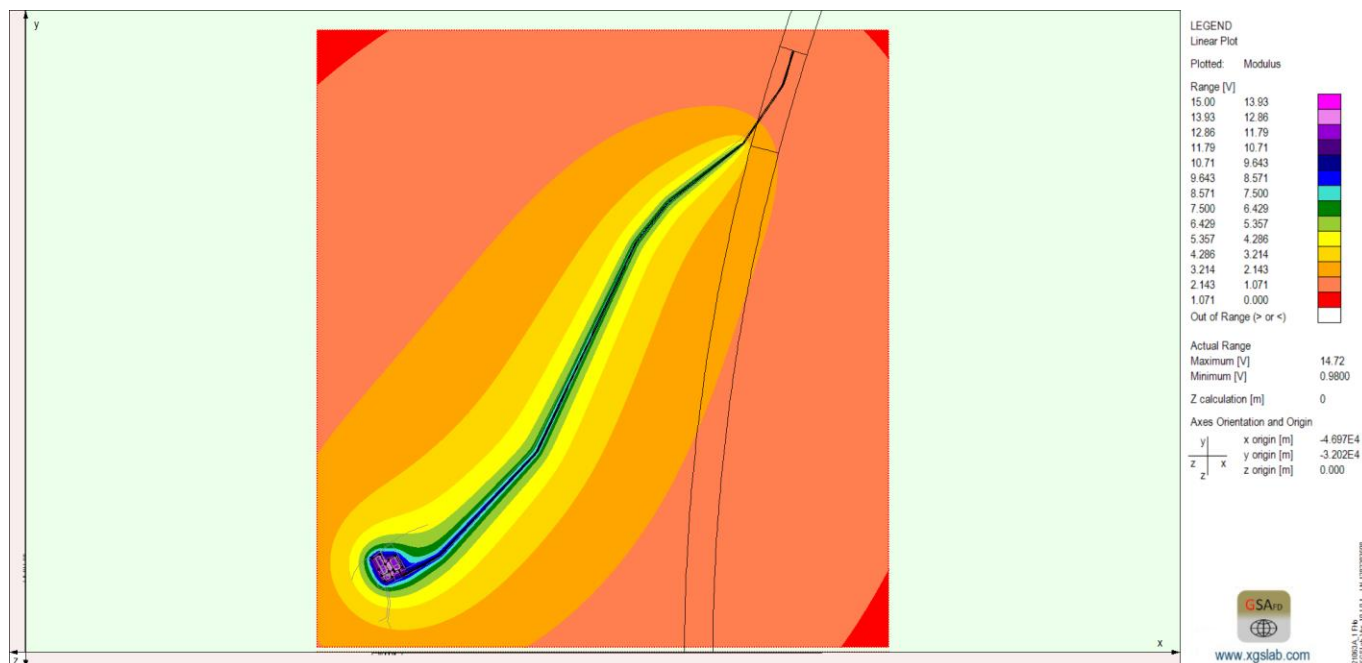


Figura A1-5 - Distribuzione 2D dei potenziali sulla superficie del terreno (area di fabbricati e di piazzale)

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF</b> <b>ELETTRI-FER M-INGEGNERIA</b>		<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> Relazione di Calcolo impianto di terra		COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>E ZZ RO</b>	DOCUMENTO <b>LF0100 002</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO <b>23 di 29</b>



Figura A1-6 – Rappresentazione delle aree sicure sulla superficie del terreno (impianto di terra complessivo)

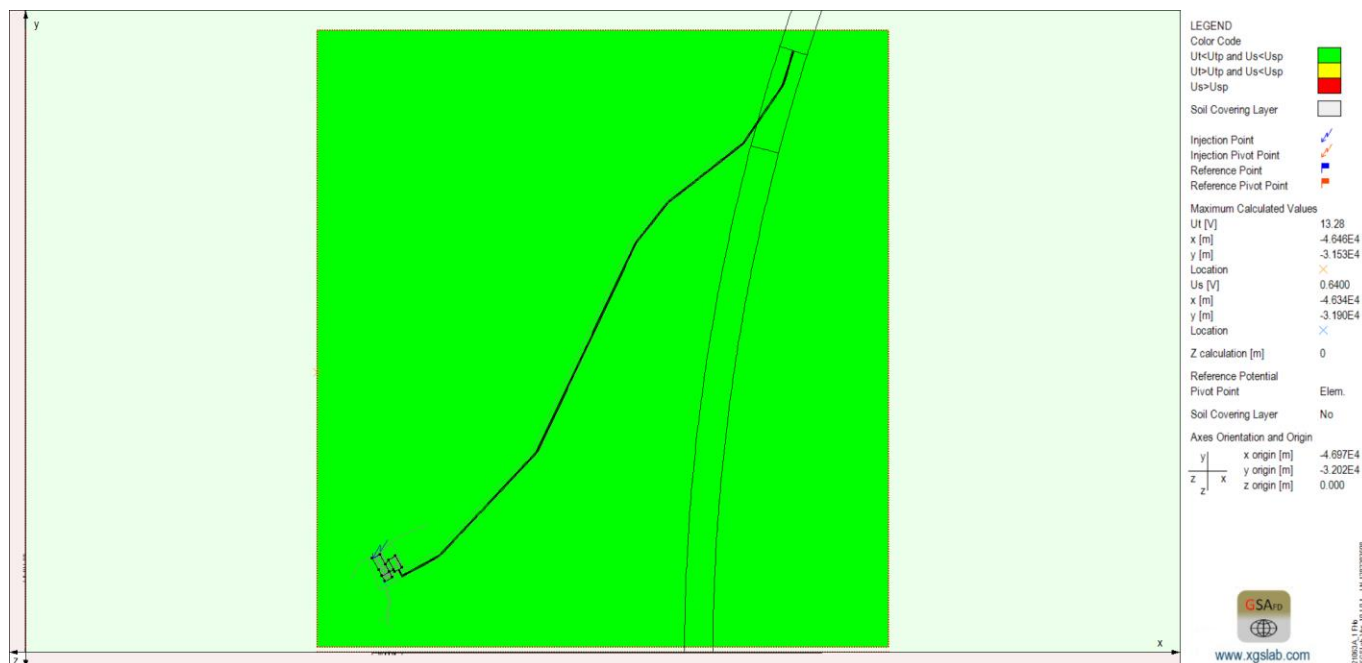


Figura A1-7 - Rappresentazione delle aree sicure sulla superficie del terreno (area di fabbricati e di piazzale)

Le tensioni di passo e contatto, in nessun punto in cui vi può essere la presenza di masse accessibili, superano i limiti ammessi.

## 11 ALLEGATO 2 – VERIFICA DELL'IMPIANTO DI TERRA DEI BYPASS

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>M-INGEGNERIA</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di Calcolo impianto di terra</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ RO</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>LF0100 002</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>24 di 29</b>

## TECNOLOGICI

### 11.1 GENERALITÀ

Nella presente sezione vengono illustrati i calcoli di verifica dell'impianto di terra dei bypass tecnologici, secondo le modalità descritte nella relazione di calcolo.

In particolare i calcoli eseguiti riguardano:

- verifica in corrispondenza del collettore: calcolo della tensione totale di terra UE e confronto con il limite ammesso per le tensioni di contatto UTP nell'ipotesi di neutro compensato.

### 11.2 VERIFICA IMPIANTO DI TERRA IN CORRISPONDENZA DEI COLLETTORI DEI BYPASS TECNOLOGICI

L'ipotesi di partenza per la verifica in corrispondenza dell'impianto di terra dei bypass tecnologici (come rappresentato negli elaborati progettuali a cui si rimanda) è l'utilizzo di:

- cavi FG18M16 in rame di sezione 120 mm<sup>2</sup>, secondo le indicazioni della specifica tecnica RFI DPRIM STS IFS LF610C, posati nei cavidotti sotto marciapiede del tunnel, lungo il binario dispari e lungo il binario pari, che collegano i collettori di terra in corrispondenza dei quadri di tratta (QdT) e le maglie di terra dei vari fabbricati;



APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PIZZAROTTI							
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER	PINI	GCF				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Calcolo impianto di terra		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO LF0100 002	REV. B	FOGLIO 25 di 29

In conformità al Progetto Definitivo, si assume nei calcoli un valore di resistività del terreno  $\rho_E$  pari a 100  $\Omega\text{m}$ . Il valore della resistenza dell'impianto di dispersione dovrà comunque essere misurato ad impianto realizzato e confrontato con i limiti richiesti/imposti dalle Norme.

In conformità al Progetto Definitivo si è considerato l'assetto di rete MT a neutro compensato.

I calcoli saranno eseguiti sulla base dei seguenti valori, tenendo in considerazione i possibili guasti a monte dell'interruttore generale di utente (Dispositivo Generale), rilevati dalle protezioni che consentono un backup a quelle chiamate ad intervenire primariamente in caso di guasto, determinando così un tempo di pulizia dello stesso che non supera il valore proposto.

	$I_E$ [A]	$t_f$ [s]
<b>Neutro compensato</b>	50	0,2

Con riferimento ai valori sopra riportati, i limiti delle tensioni di contatto e di passo ammessi dalla Norma CEI 99-3 assumono i seguenti valori:

	$U_{tp}$ [V]	$U_{sp}$ [V]
<b>Neutro compensato</b>	537	1611

Nei paragrafi che seguono, si riportano i risultati dei calcoli per il solo bypass BPT 3 della galleria Hirpinia, che presenta il valore di tensione totale di terra maggiore tra i bypass della galleria Hirpinia, con le seguenti tipologie di risultati grafici:

- distribuzione 3D dei valori di  $\phi$  (potenziali sulla superficie del terreno) calcolati sull'intera tratta;
- curve di livello equipotenziali della distribuzione dei valori di  $\phi$  sull'intera tratta;
- curve di livello equipotenziali della distribuzione dei valori di  $\phi$  sull'area di bypass tecnologico BPT 3;
- confronto tra tensioni di contatto e di passo ed i relativi limiti ammessi in corrispondenza della griglia di calcolo di  $\phi$ . La figura riporta quanto segue:
  - con colore verde le aree dove le tensioni di contatto e di passo sono inferiori ai limiti ammessi
  - con colore giallo le aree dove le tensioni di contatto sono superiori ai limiti ammessi e le tensioni di passo sono inferiori ai limiti ammessi. Tali aree sono pericolose solo se comprendono parti metalliche che in caso di guasto assumono il potenziale del dispersore e che possono essere toccate da persone
  - con colore rosso le aree dove le tensioni di contatto e di passo sono superiori ai limiti ammessi

Deve essere tenuto presente che la verifica della tensione totale di terra qui riportata dovrà essere verificata al termine della realizzazione dell'opera, in quanto, in accordo alle normative vigenti, non è sostitutivo delle misure di resistenza di terra ovvero delle eventuali verifiche delle tensioni di contatto e di passo.

### 11.3 BYPASS TECNOLOGICO BPT 3

Il modello implementato nel calcolo è il seguente:

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV    WEBUILD ITALIA                      PIZZAROTTI</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI                      GCF</b> <b>ELETTRI-FER                      M-INGEGNERIA</b>		<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> Relazione di Calcolo impianto di terra		COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>E ZZ RO</b>	DOCUMENTO <b>LF0100 002</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO <b>26 di 29</b>

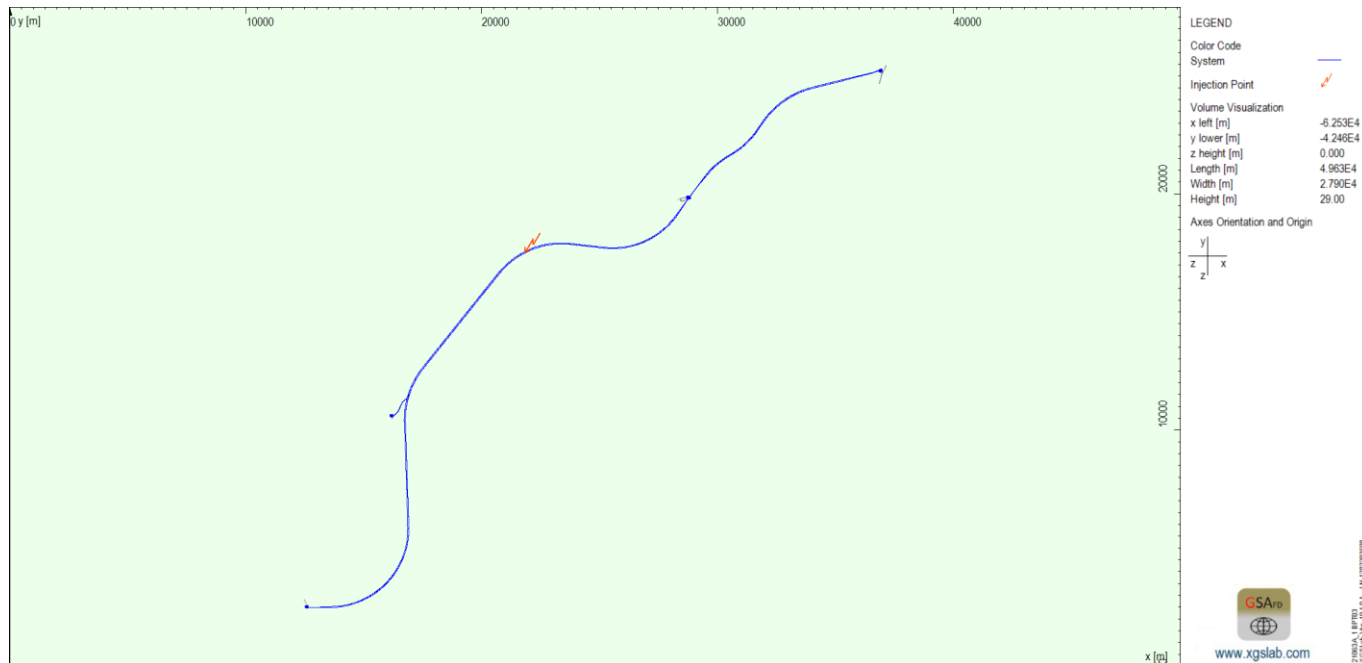


Figura A1-1 - Modello dispersore complessivo

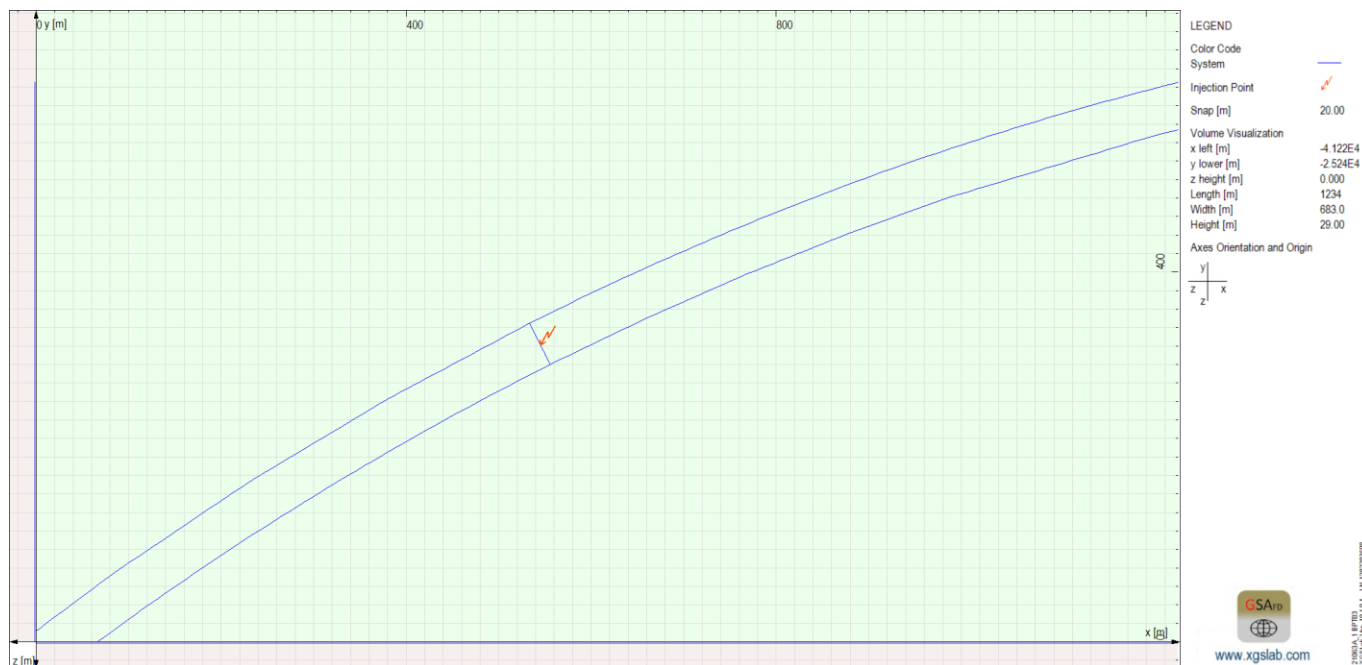


Figura A1-2 - Modello dispersore (area di bypass tecnologico BPT 3)

APPALTATORE: Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>				<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>M-INGEGNERIA</b>				<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di Calcolo impianto di terra</b>				COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>E ZZ RO</b>	DOCUMENTO <b>LF0100 002</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO <b>27 di 29</b>

**Con rete a neutro compensato:**

$I_E = 50\text{ A}$

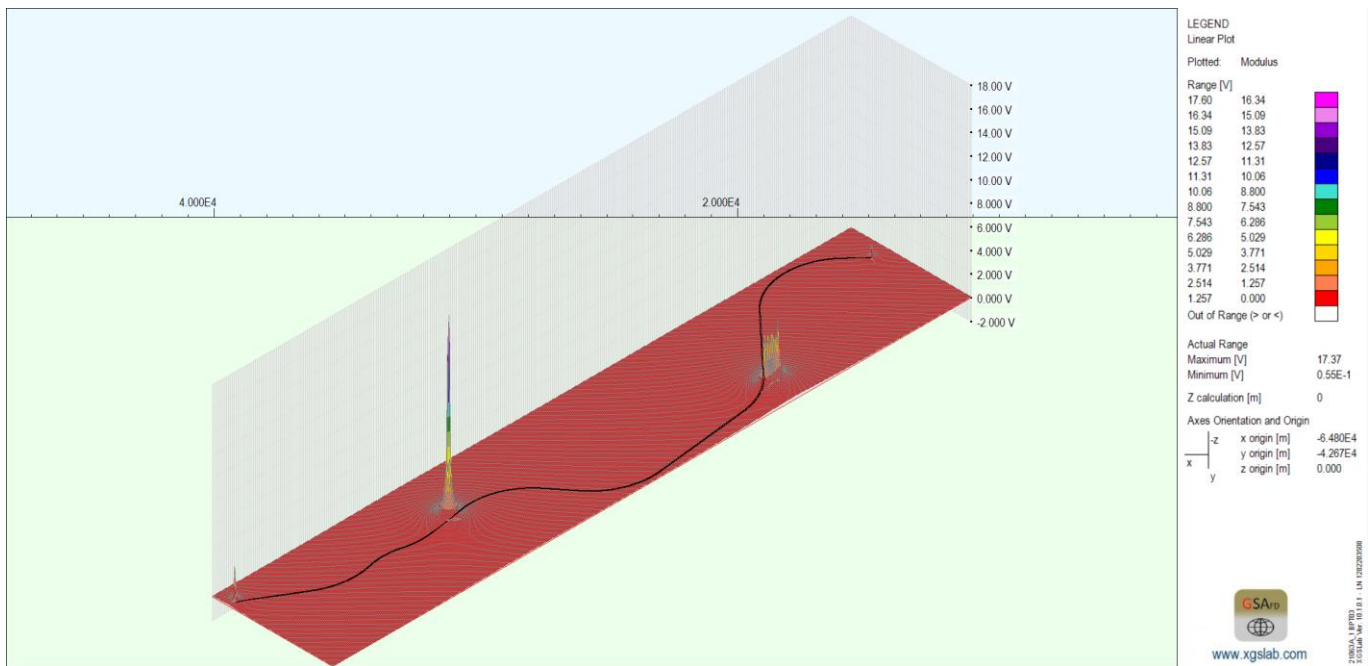
$t_f = 0,2\text{ s}$

I risultati sono di seguito riportati:

Neutro compensato	
$R_E\ [\Omega]$	2,103
$U_E\ [V]$	105,1
$U_{tp}\ [V]$	537
$U_{sp}\ [V]$	1611

La tensione totale di terra  $U_E$  è inferiore ai limiti imposti dalla Norma CEI 99-3 per le tensioni di contatto ( $< 2 U_{TP}$ ), per cui non è necessario verificare che le massime tensioni di contatto e di passo non superino i limiti ammessi in corrispondenza delle masse; inoltre, come anticipato in precedenza, devono essere rispettati i requisiti minimi per l'interconnessione di impianti di bassa e alta tensione basati sui limiti della EPR (Tabella 2 CEI 99-3). In questo caso, pertanto, è stata verificata la condizione più restrittiva:  $U_E < F U_{TP}$ , con  $F=1$ .

I risultati grafici sono i seguenti:



**Figura A1-3 - Distribuzione dei potenziali sulla superficie del terreno (rappresentazione 3D)**

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Calcolo impianto di terra		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO LF0100 002	REV. B	FOGLIO 28 di 29

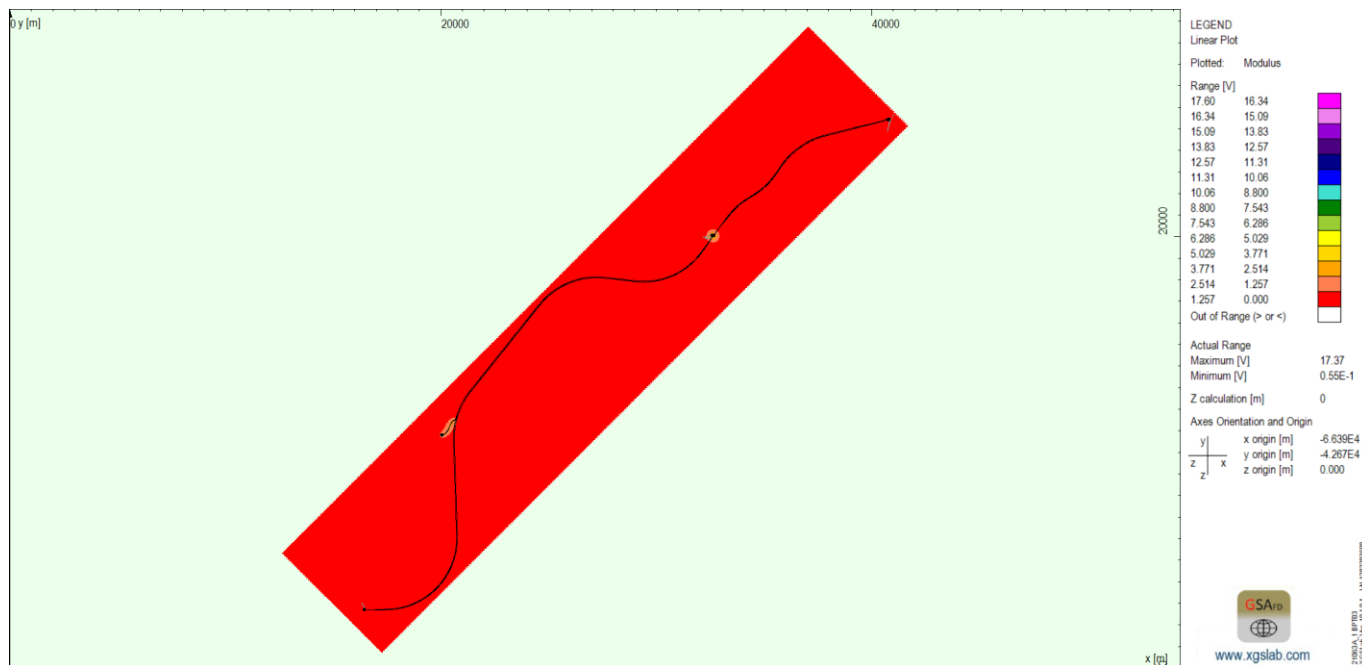


Figura A1-4 - Distribuzione 2D dei potenziali sulla superficie del terreno (impianto di terra complessivo)

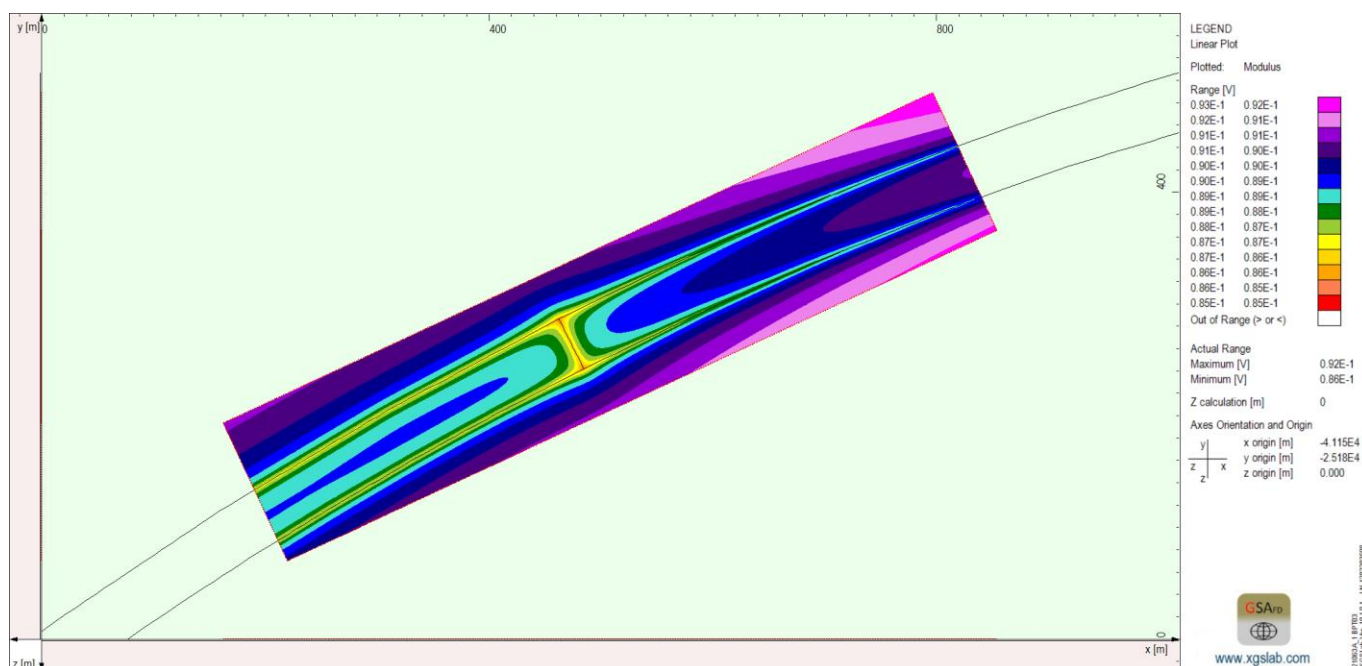


Figura A1-5 - Distribuzione 2D dei potenziali sulla superficie del terreno (area di bypass tecnologico BPT 3)

APPALTATORE: Conorzio <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Calcolo impianto di terra		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO LF0100 002	REV. <b>B</b> FOGLIO 29 di 29



Figura A1-6 – Rappresentazione delle aree sicure sulla superficie del terreno (impianto di terra complessivo)

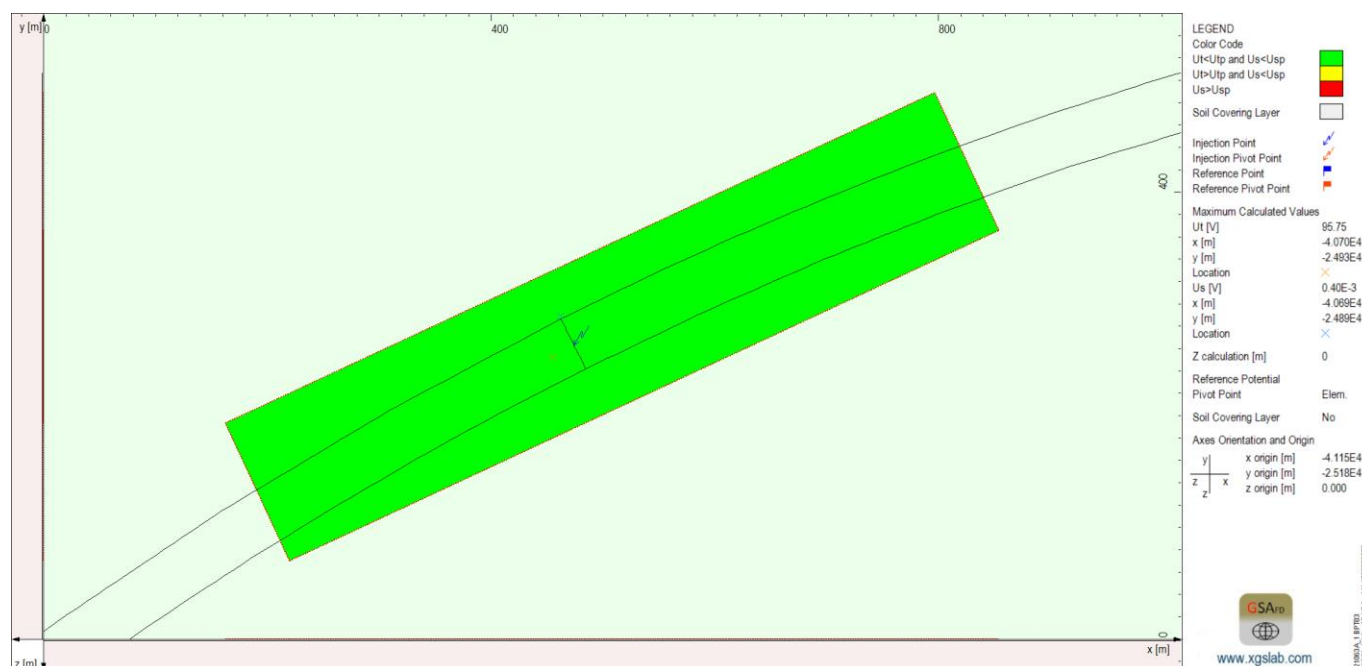


Figura A1-7 - Rappresentazione delle aree sicure sulla superficie del terreno (area di bypass tecnologico BPT 3)

Le tensioni di passo e contatto, in nessun punto in cui vi può essere la presenza di masse accessibili, superano i limiti ammessi.