

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. TECNOLOGIE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO
CON LA STAZIONE DI BRINDISI

CTE BRINDISI

Relazione e progetto impianto di terra

SCALA:

-

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

I A 7 K 0 0 D 1 8 C L S E 0 1 0 0 0 0 3 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Definitiva	M.Brandimarte 	Dicembre 2019	N.Carones 	Dicembre 2019	T.Pagletti 	Dicembre 2019	G.Guidi Buffarini Dicembre ITALFERR S.p.A. U.O. Tecnologie Centro Ing. Guido Buffarini Ordine Ingegneri Provincia di Roma n° 17812

File: IA7K00D18CLSE0100003A.doc

n. Elab.:

INDICE

1.	GENERALITÀ	3
2.	SCOPO	3
3.	RIFERIMENTI	4
3.1	RIFERIMENTI NORMATIVI	4
3.2	RIFERIMENTI AD ELABORATI DI PROGETTO.....	5
4.	CRITERI PROGETTUALI	7
5.	CONFIGURAZIONE DELL'IMPIANTO	9
5.1	IMPIANTO DI TERRA ESTERNO AL FABBRICATO	9
5.2	IMPIANTO DI TERRA INTERNO AL FABBRICATO	10
6.	VERIFICA DEL SISTEMA DI MESSA A TERRA	12
6.1	DIMENSIONAMENTO IN RELAZIONE ALLA CORROSIONE E ALLE SOLLECITAZIONI MECCANICHE	12
6.2	DIMENSIONAMENTO CON RIFERIMENTO AL COMPORTAMENTO TERMICO	14
6.3	CALCOLO DELLA RESISTENZA DI TERRA DEL DISPERSORE	16
6.4	CALCOLO DELLA CORRENTE DI GUASTO A TERRA.....	17
6.5	LIMITI DELLE TENSIONI DI PASSO E CONTATTO	20
6.6	VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI.....	21
7.	CONCLUSIONI	26

	COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI					
CTE BRINDISI – Relazione e progetto impianto di terra	COMMESSA IA7K	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO SE0100 003	REV. A	FOGLIO 3 di 26

1. GENERALITÀ

La presente relazione tecnica descrive il dimensionamento dell'impianto di terra che dovrà essere realizzato nell'area della nuova cabina TE di Brindisi, la cui costruzione è prevista nell'ambito degli interventi per il collegamento ferroviario dell'Aeroporto del Salento con la stazione di Brindisi.

La Cabina TE verrà costruita su di un'area di circa 2250 m², come si evince dall'elaborato:

IA7K00D18PASE0100001 CTE Brindisi - Piazzale - Disposizione apparecchiature (layout).

Poiché nella suddetta Cabina confluiscono sistemi elettrici di varie categorie (MT e bt), l'impianto di messa a terra, oggetto della presente relazione tecnica di progetto, dovrà soddisfare i requisiti di sicurezza di tutti i sistemi suddetti. Inoltre, trattandosi di impianto ferroviario, verranno attuati i criteri progettuali previsti dalla normativa tecnica valida per gli impianti di trazione elettrica e, più in particolare, dalle Norme CEI citate nel successivo punto 3.

2. SCOPO

Scopo della presente relazione è quello di fornire i dettagli progettuali dell'impianto di terra che dovrà essere realizzato nella nuova cabina TE di Brindisi.

Come già detto, per l'individuazione delle caratteristiche tecniche e dimensionamento dei suddetti parametri, saranno prese a riferimento le norme tecniche vigenti. A tal fine, dato il particolare carattere dell'impianto in oggetto, saranno prese a riferimento le norme tecniche vigenti e verranno tenuti in debita considerazione anche i criteri progettuali e costruttivi di Italferr e di RFI.

	COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI					
	CTE BRINDISI – Relazione e progetto impianto di terra	COMMESSA IA7K	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO SE0100 003	REV. A

3. RIFERIMENTI

La presente relazione di calcolo, nonché tutta la documentazione progettuale che verrà successivamente citata, è conforme alle indicazioni contenute negli elaborati standard, per quanto applicabili, presi a riferimento.

Nei punti seguenti sono citati i principali documenti tecnici cui nel seguito della relazione sarà fatto esplicito o implicito riferimento.

3.1 Riferimenti normativi

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

- D.lgs. del 9/04/2008 - Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 Agosto 2007, n°123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;
- DPR n° 462 del 22/10/2001 - Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi;
- D.M.n°37 del 22-1-2008 - Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici;
- ANSI / IEEE Std 80 - Guide for Safety in AC Substation Grounding.
- CEI EN 50119 - Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Impianti fissi Linee aeree di contatto per trazione elettrica;
- CEI EN 50122-1 - Applicazioni ferroviarie Installazioni fisse Parte 1: Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra;
- CEI EN 50122-2 - Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Impianti fissi Parte 2: Protezione contro gli effetti delle correnti vaganti causate da sistemi di trazione a corrente continua;

	COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI					
CTE BRINDISI – Relazione e progetto impianto di terra	COMMESSA IA7K	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO SE0100 003	REV. A	FOGLIO 5 di 26

- CEI EN 60865 -1 - Correnti di corto circuito Calcolo degli effetti Parte 1: Definizioni e metodi di calcolo;
- CEI EN 60865 -1/Ed - Correnti di corto circuito Calcolo degli effetti Parte 1: Definizioni e metodi di calcolo;
- CEI EN 50522 - Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.;
- TE 13 - Prove e verifiche periodiche degli impianti di terra di protezione delle sottostazioni elettriche Edizione 1984;
- TE 50 - Norme tecniche per la fornitura di apparecchiature di misura per il rilievo della tensione di passo e di contatto negli impianti di messa a terra Edizione 1983
- Capitolato Tecnico TE - RFI DTC STS ENE SP IFS TE 210 A - 2014;

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.

3.2 Riferimenti ad elaborati di progetto

I riferimenti progettuali impliciti, che costituiscono parte integrante della presente relazione, sono costituiti dagli elaborati di progetto caratterizzanti qui di seguito elencati:

IA4K00D18PASE0100001 CTE Brindisi – Piazzale - Disposizione apparecchiature (layout)

IA4K00D18PZSE0100001 CTE Brindisi – Piazzale e fabbricato – Impianto di terra e connessione al negativo

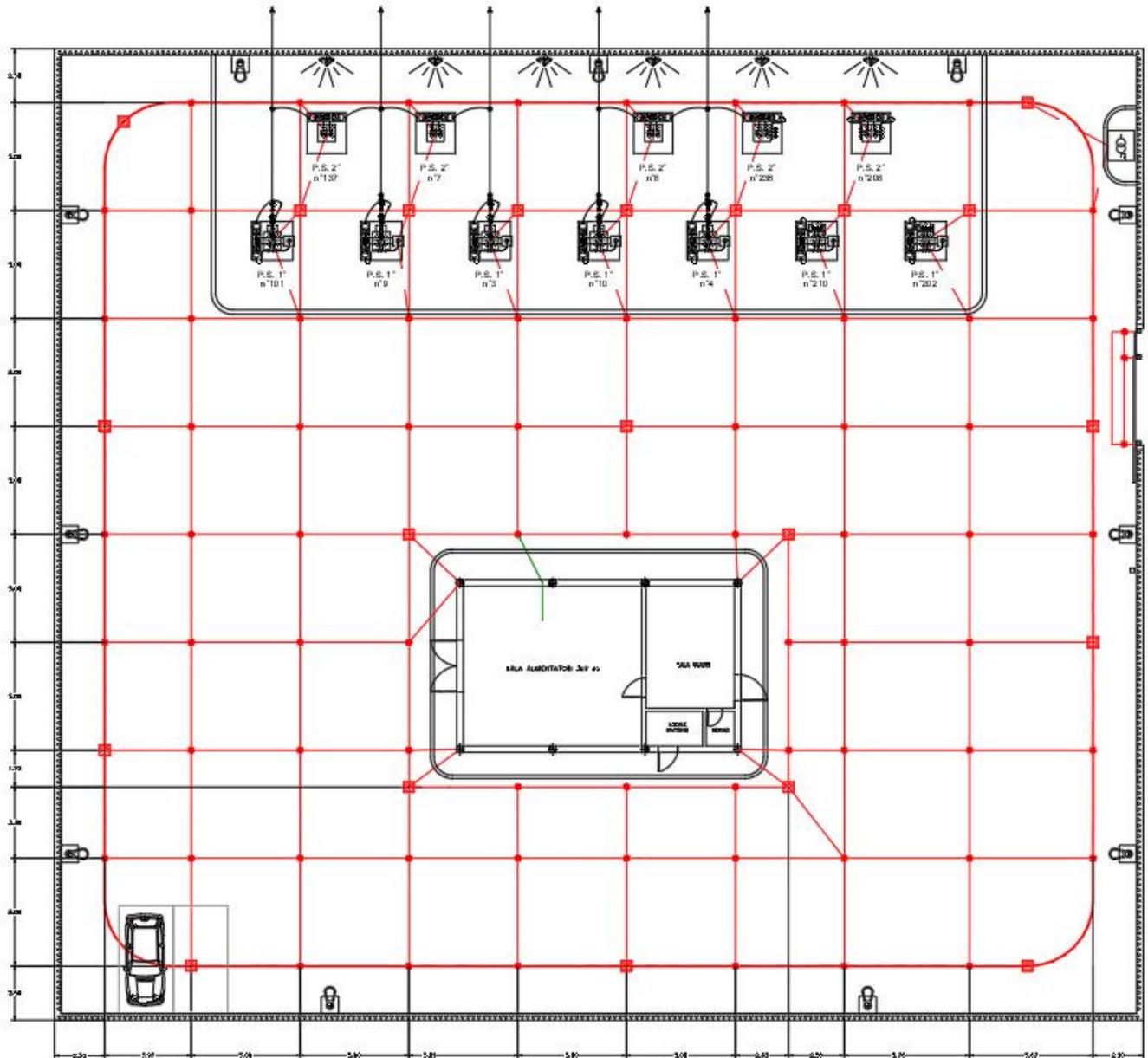


Figura 1 - Impianto di terra di piazzale

	COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI					
CTE BRINDISI – Relazione e progetto impianto di terra	COMMESSA IA7K	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO SE0100 003	REV. A	FOGLIO 7 di 26

4. CRITERI PROGETTUALI

L'impianto di terra della nuova cabina TE dovrà essere progettato secondo i riferimenti richiamati al punto precedente e soddisfare inoltre i seguenti requisiti:

- Avere adeguata resistenza meccanica e resistenza alla corrosione;
- Essere in grado di sopportare, dal un punto di vista termico, le più elevate correnti di guasto prevedibili;
- Essere in grado di evitare danni a componenti elettrici ed a beni;
- Garantire la sicurezza delle persone contro le tensioni che si manifestano sugli impianti di terra per effetto delle correnti di guasto.

I parametri da prendere in considerazione nel dimensionamento degli impianti di terra sono quindi:

- Valore della corrente di guasto a terra;
- Tempo di eliminazione del guasto a terra;
- Resistività del terreno.

In un impianto in cui sono presenti sistemi elettrici di diverse categorie le prescrizioni precedenti devono essere soddisfatte per ciascuno dei sistemi.

Non è necessario prendere in considerazione la contemporaneità di guasti in sistemi con tensioni diverse.

L'impianto di terra realizza la protezione dai contatti indiretti mediante il criterio "interruzione automatica dell'alimentazione", che è il solo metodo ammesso per gli impianti elettrici alimentati da sistemi di categoria superiore alla I.

Per attuare un'efficace protezione contro i contatti indiretti, la normativa vigente prevede che tutte le masse del sistema siano collegate direttamente e stabilmente a terra.

Se una qualunque delle apparecchiature appartenenti a tali sistemi diviene sede di un guasto, può verificarsi il "tensionamento" indebito di masse, parti metalliche normalmente fuori tensione, con il conseguente pericolo di contatti indiretti.

	COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI					
CTE BRINDISI – Relazione e progetto impianto di terra	COMMESSA IA7K	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO SE0100 003	REV. A	FOGLIO 8 di 26

È inoltre previsto un collegamento, attraverso un dispositivo cortocircuitatore, tra la rete di terra ed il circuito di ritorno TE. Tale dispositivo pone in continuità metallica, e quindi elettrica, l'impianto di terra con il binario nel caso in cui la differenza di potenziale tra i due circuiti superi, in caso di guasto, un valore prefissato.

In questo modo il circuito di ritorno contribuisce a disperdere la corrente di guasto, limitando di conseguenza l'aliquota che fluisce attraverso la maglia di terra e quindi le tensioni pericolose che si generano.

Pertanto, la rete di terra deve avere caratteristiche tali da garantire che le tensioni di contatto e di passo che si stabiliscono durante il guasto si mantengano, in ogni caso, al di sotto dei valori consentiti dalle norme.

Per quanto riguarda il dispositivo cortocircuitatore, la specifica di riferimento è la RFI DMA IM LA SP IFS 370 A: Dispositivo di collegamento del negativo 3kVcc all'impianto di terra di SSE e cabine TE.

Le masse metalliche presenti all'interno del fabbricato saranno collegate al dispersore tramite apposito relè di massa (conforme alla specifica RFI DMA IM LA SP IFS 371 A), il quale ha la funzione di comandare l'intervento immediato delle protezioni TE in caso di basso isolamento o guasto a terra.

Questo tipo di protezione aumenta, di fatto, il livello di sicurezza degli ambienti interni al fabbricato, dove è più frequente la presenza di operatori.

Tutte le masse metalliche che fuoriescono dall'area di piazzale quali tubazioni per l'allacciamento a servizi vari, sono da considerarsi potenzialmente pericolose perché potrebbero "portare" fuori dal piazzale tensioni pericolose in caso di guasto; esse andranno opportunamente isolate per mezzo giunti isolanti.

	COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI					
	CTE BRINDISI – Relazione e progetto impianto di terra	COMMESSA IA7K	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO SE0100 003	REV. A

5. CONFIGURAZIONE DELL'IMPIANTO

5.1 Impianto di terra esterno al fabbricato

L'impianto di terra di sarà costituito essenzialmente da un dispersore orizzontale a rete magliata realizzato in corda di rame nudo da 120 mm². Tale dispersore sarà realizzato al di sotto del piano di fondazione, ad una quota di 60 cm di profondità per le maglie interne e ad una quota di 150 cm di profondità per l'anello perimetrale.

La dimensione delle singole maglie sarà mediamente di 5x5 m, in modo da realizzare una superficie pressoché equipotenziale su tutta l'area interessata dall'impianto. Lo sviluppo superficiale complessivo della rete, con particolare riferimento alla lunghezza del conduttore perimetrale, sarà oggetto di verifica del presente calcolo.

L'impianto sarà integrato da una serie di dispersori verticali costituiti da puntazze di acciaio ramato infisse nel terreno. L'estremità superiore del dispersore verticale dovrà essere protetta da dei pozzetti ispezionabili del tipo a fondo aperto e completi di relativi chiusini.

Le armature metalliche delle strutture realizzate in cemento armato contribuiscono notevolmente alla dispersione della corrente di terra a condizione di realizzare le armature come sistemi metallici continui. Ciò si ottiene collegando tra loro, con efficaci legature in fil di ferro o meglio con punti di saldatura forte, tutti i ferri d'armatura delle fondazioni durante la loro formazione.

Il numero e le dimensioni dei dispersori verticali saranno verificati nell'ambito del seguente calcolo di progetto, trascurando in prima analisi ed a titolo precauzionale, i contributi dei dispersori di fatto.

Oltre a realizzare i prescritti valori di resistenza di terra e a contenere quelli delle tensioni pericolose, il dispersore orizzontale dell'impianto di messa a terra dovrà avere un'estensione tale da contenere abbondantemente al proprio interno tutte le apparecchiature tensionabili in modo evitare l'insorgere di tensioni pericolose nel suolo degli ambienti esterni limitrofi.

Per quanto riguarda la geometria del dispersore, sarà evitata la presenza di vertici o antenne che favorirebbero lo stabilirsi di zone ad intensa attività disperdente con conseguenze indesiderate (tensioni pericolose) sul gradiente di potenziale che si stabilisce nel terreno.

	COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI					
CTE BRINDISI – Relazione e progetto impianto di terra	COMMESSA IA7K	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO SE0100 003	REV. A	FOGLIO 10 di 26

Come indicato dalla norma CEI EN 50522, al fine di soddisfare i criteri di sicurezza, è regola generale che, osservando le prescrizioni per la tensione di contatto, vengano soddisfatte le prescrizioni per la tensione di passo.

Tuttavia, la verifica del progetto del dispersore sarà eseguita soprattutto con riferimento alle tensioni di contatto poiché i limiti ammissibili sono più restrittivi a causa del diverso percorso della corrente attraverso il corpo umano.

Nelle zone più periferiche, cioè in prossimità delle maglie d'angolo del dispersore orizzontale, le tensioni di passo possono assumere valori più elevati e pertanto, per fronteggiare questa evenienza, i conduttori perimetrali saranno interrati, come detto, a profondità maggiore dal resto della rete. In tal modo si riduce, in superficie, il gradiente di potenziale al proprio intorno.

5.2 Impianto di terra interno al fabbricato

Per quanto riguarda l'impianto di terra del fabbricato di cabina TE, destinato al contenimento delle apparecchiature, la sua realizzazione consisterà in:

- Installazione di un collettore di terra in piatto di rame 50x4mm, graffettato sulle pareti;
- Esecuzione delle derivazioni di terra, con piatto di rame 40x3mm, dalle masse metalliche fisse al collettore;
- Installazione di un relè di massa di tipo elettromeccanico, conforme alla specifica RFI DMA IM LA SP IFS 371 A, montato a parete su supporti isolanti;
- Posa e collegamento di un doppio cavo in rame da 120mm², dal relè di massa sino alla rete di terra di piazzale;
- Connessioni di continuità elettrica delle carpenterie mobili, con conduttori flessibili delle seguenti sezioni:
 - 50mm², per la messa a terra dei pannelli mobili (tipo ante dei quadri);
 - 70mm², per la messa a terra delle altre parti mobili (tipo aste di manovra).

L'installazione del collettore di terra e delle relative derivazioni alle masse metalliche dovrà essere opportunamente distanziata dalla parete mediante interposizione di distanziali in resina autoestinguente, ed il fissaggio a parete dovrà essere eseguito con viti in acciaio e tasselli in PVC.

Le sbarre in rame dell'impianto di terra interno al fabbricato (collettore e relative derivazioni) dovranno essere verniciate sulle parti a vista, in GIALLO con strisce VERDI, oppure con il simbolo di terra (verniciato o prestampato, ben adesivo e resistente).

	COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI					
CTE BRINDISI – Relazione e progetto impianto di terra	COMMESSA IA7K	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO SE0100 003	REV. A	FOGLIO 12 di 26

6. VERIFICA DEL SISTEMA DI MESSA A TERRA

Il dimensionamento/verifica della rete di terra verrà effettuato secondo le indicazioni fornite dalla normativa di riferimento in relazione alla/al:

1. Corrosione e alle sollecitazioni meccaniche;
2. Comportamento termico;
3. Verifica delle tensioni di passo e di contatto.

Per la valutazione dei potenziali di passo e contatto, è stato utilizzato il software commerciale XGSLab.

Modellando gli elementi di dispersione, le caratteristiche del terreno e le caratteristiche della corrente di guasto a terra, il software calcola la resistenza di terra, la tensione totale di terra e determina il potenziale di contatto da confrontare con i limiti prescritti dalla norma al fine di verificare l'idoneità del sistema di messa a terra.

6.1 Dimensionamento in relazione alla corrosione e alle sollecitazioni meccaniche

I dispersori, essendo direttamente a contatto con il terreno, devono essere costruiti con materiale in grado di sopportare la corrosione. Essi devono resistere alle sollecitazioni meccaniche durante la loro installazione e a quelle che si verificano durante il servizio ordinario.

L'allegato C della norma CEI EN 50522, fornisce i valori minimi della sezione dei conduttori per garantire la resistenza meccanica e alla corrosione.

Nel caso di conduttore in corda di rame, la sezione minima indicata dalla norma è pari a 25 mm² ed è rispettata dalla scelta del conduttore di rame nudo da 120 mm² ipotizzato per la rete di terra in esame.

Allegato C
(normativo)

**Materiale e dimensioni minime dei dispersori per garantirne la resistenza
meccanica e alla corrosione**

Materiale		Tipo di dispersore	Dimensione minima				
			Corpo			Rivestimento/guaina	
			Diame- tro mm	Sezio- ne mm ²	Spes- sore mm	Valori singoli µm	Valori medi µm
Acciaio	Zincato a caldo	Piattina ^(b)		90	3	63	70
		Profilati (incl. piatti)		90	3	63	70
		Tubo	25		2	47	55
		Barra tonda per picchetto	16			63	70
		Tondo per dispersore orizzontale	10				50
	Con guaina di piombo ^(a)	Tondo per dispersore orizzontale	8			1 000	
	Con guaina di rame estrusa	Barra tonda per picchetto	15			2 000	
Con guaina di rame elettrolitico	Barra tonda per picchetto	14,2			90	100	
Rame	Nudo	Piattina		50	2		
		Tondo per dispersore orizzontale		25 ^(c)			
		Corda	1,8 ^(d)	25			
		Tubo	20		2		
	Stagnato	Corda	1,8 ^(d)	25		1	5
	Zincato	Piattina		50	2	20	40
	Con guaina di piombo ^(a)	Corda	1,8 ^(d)	25		1 000	
	Filo tondo		25		1 000		

(a) Non idoneo per posa diretta in calcestruzzo. Si raccomanda di non usare il piombo per ragioni di inquinamento.
(b) Piattina, arrotondata o tagliata con angoli arrotondati.
(c) In condizioni eccezionali, dove l'esperienza mostra che il rischio di corrosione e di danno meccanico è estremamente basso, si può usare 16 mm².
(d) Per fili singoli.

Tabella 1 - Dimensioni minime dei conduttori (CEI EN 50522)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI					
	CTE BRINDISI – Relazione e progetto impianto di terra	COMMESSA IA7K	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO SE0100 003	REV. A

6.2 Dimensionamento con riferimento al comportamento termico

Il calcolo della sezione dei conduttori di terra o dei dispersori di protezione, in funzione del valore e della durata della corrente di guasto è indicato nell'allegato D della norma CEI EN 50522.

La metodologia proposta fa una distinzione in funzione della durata del guasto. In particolare, nel caso in cui il guasto abbia una durata inferiore a 5 s, l'aumento di temperatura è considerato come un fenomeno adiabatico e la sezione minima del conduttore di terra o del dispersore è pari a:

$$A = \frac{I}{k} \sqrt{\frac{t_f}{\ln \frac{\Theta_f + \beta}{\Theta_i + \beta}}}$$

Dove:

A = sezione trasversale del conduttore [mm²]

$I = I_F \cdot k_M$ = corrente di guasto [A]

k_M = fattore di divisione

I_F = Valore di corrente di guasto a terra

[A] t_f = tempo di durata del guasto [sec]

k = costante che dipende dal materiale; per rame $k=226$

β = costante che dipende dal materiale; per rame $\beta=234,5$

Θ_i = temperatura iniziale del conduttore [°C]

Θ_f = temperatura finale del conduttore [°C]

Come indicato dalla norma EN 50522, è possibile considerare i seguenti valori di temperature per il conduttore del sistema di messa a terra:

$\Theta_i = 20^\circ C$ e $\Theta_f = 300^\circ C$

Ciascuna struttura metallica di sostegno agli apparati MT (3kV) sarà connessa al sistema di messa a terra attraverso due conduttori da 120 mm² connessi in due punti differenti dell'impianto. Con questa configurazione è possibile affermare che la corrente di guasto si dividerà nei diversi conduttori.

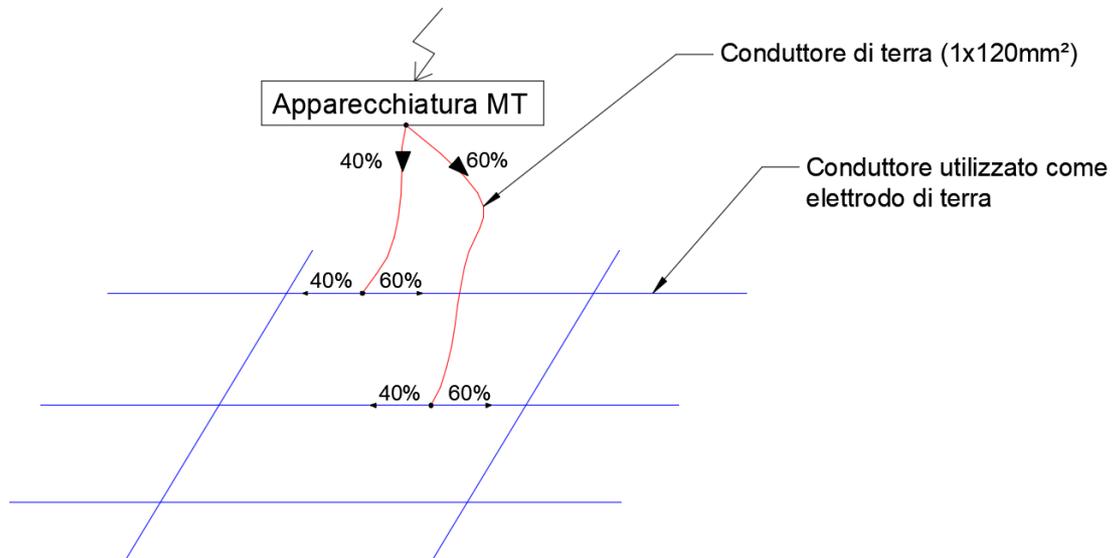


Figura 2 - Fattore di divisione k_M

Come mostrato dalla figura, in via cautelativa è stato considerato un conduttore più carico – rapporto 60/40 ($k_M=0,6$).

Nella tabella seguente è mostrato che le sezioni adottate sono adeguate alle sezioni minime calcolate con le formule prescritte dalla norma.

Conduttore di Terra									
IF [A]	kM	I [A]	k	tf [sec]	b	θ_f	θ_i	Sezione trasversale minima - A [mm ²]	Sezione trasversale utilizzata - A [mm ²]
261	0,6	156,6	226	0,1	234,5	300	20	0,3	120
Conduttore di terra utilizzato come elettrodo di terra (Maglia di terra)									
IF [A]	kM	I [A]	k	tf [sec]	b	θ_f	θ_i	Sezione trasversale minima - A [mm ²]	Sezione trasversale utilizzata - A [mm ²]
156,6	0,6	93,96	226	0,1	234,5	300	20	0,2	120

Tabella 2 - Calcolo della sezione minima del conduttore per dimensionamento termico

6.3 Calcolo della resistenza di terra del dispersore

Per il calcolo della resistenza di terra nel software è stata implementata la geometria e le caratteristiche dei conduttori dell'impianto di terra, che prevede:

- Un anello perimetrale interrato a 1,5 m di profondità, con una lunghezza complessiva di circa 165 m;
- Una rete magliata di lato pari a circa 5 m;
- 21 dispersori verticali di lunghezza pari a 3 m.

Sulla base dei sondaggi geologici effettuati in prossimità dell'area della cabina, che hanno rilevato presenza di sabbia negli strati superficiali e di arenite a scarsa profondità, in via cautelativa è stato implementato un modello uniforme del terreno con resistività $\rho=1000\Omega m$.

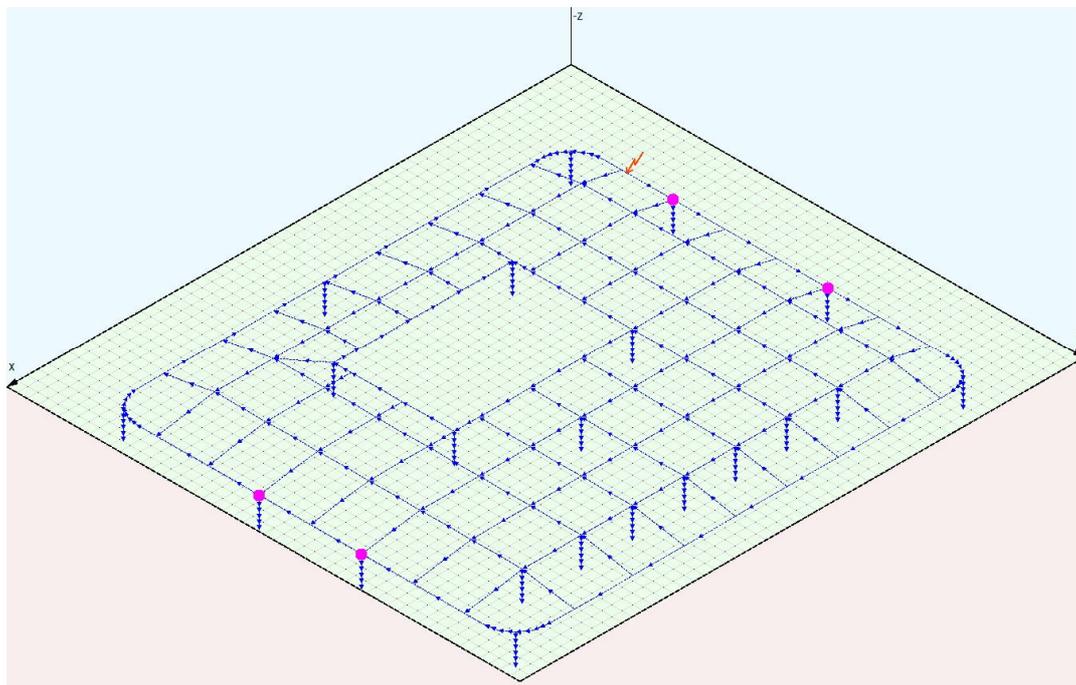


Figura 3 - Modello dell'impianto di terra del piazzale

Con le caratteristiche sopra descritte, il software permette di calcolare una resistenza di terra:

$$R_t = 13,5 \Omega.$$

	COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI					
	CTE BRINDISI – Relazione e progetto impianto di terra	COMMESSA IA7K	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO SE0100 003	REV. A

6.4 Calcolo della corrente di guasto a terra

La determinazione della corrente di terra I_E che la maglia di terra di Cabina è chiamata a disperdere è basata sulla schematizzazione del sistema elettrico, in cui binario e la linea di contatto sono considerati con il loro modello a parametri distribuiti.

La seguente tabella riporta le distanze “elettriche” parziali approssimative, espresse in km tra la CTE di Brindisi e gli impianti limitrofi che contribuiscono alla corrente di guasto a terra.

Impianto	Distanza dalla CTE Brindisi	Caratteristiche linea
SSE Brindisi	2,4 km	Doppio binario, 440 mm ²
SSE Francavilla	32 km	Singolo binario, 440 mm ²
SSE Serranova	15 km	Doppio binario, 440 mm ²

Il binario è stato schematizzato per mezzo del modello “a T”, come di seguito riportato:

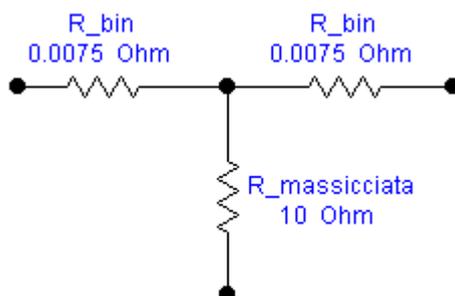


Figura 4 - Modello elettrico del binario

Il valore della corrente di terra, valutato tramite un software di calcolo elettrico, è stato determinato facendo riferimento allo schema circuitale delle figure seguenti, in due condizioni:

- Prima dell'intervento del cortocircuitatore;
- Dopo l'intervento del cortocircuitatore che effettua il collegamento con il circuito di ritorno.

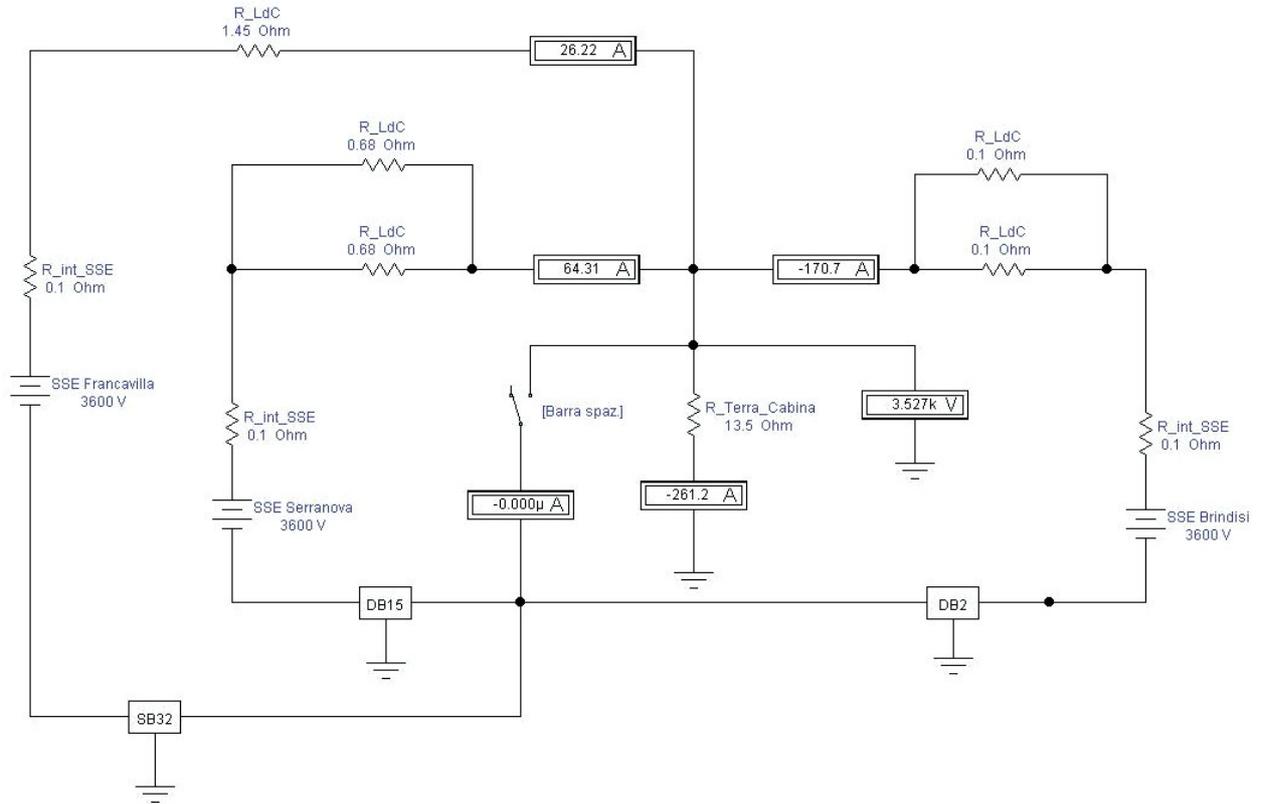


Figura 5 - Guasto di sbarra in cabina prima dell'intervento del cortocircuitatore

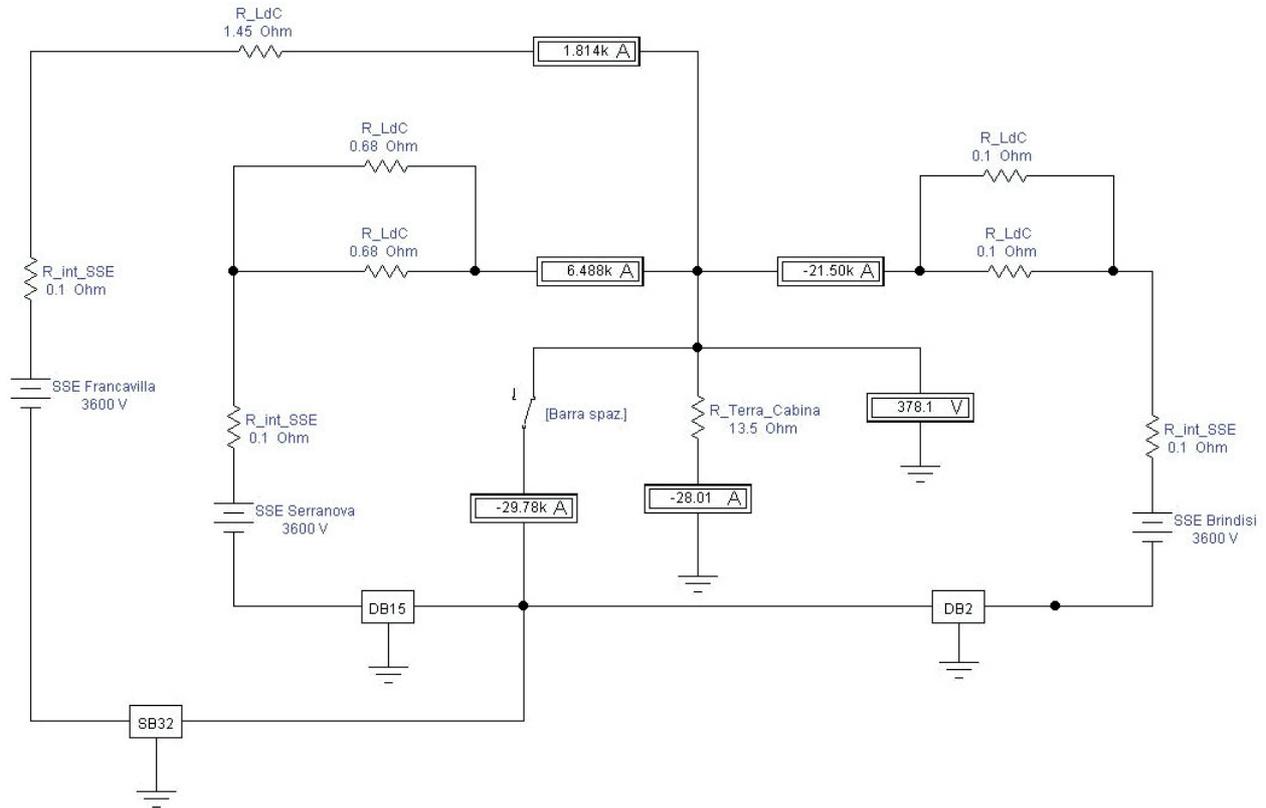


Figura 6 - Guasto di sbarra in cabina dopo l'intervento del cortocircuitatore

Tenuto conto che l'impianto di terra ha una resistenza, calcolata nei punti precedenti, pari a $R_t=13,5 \Omega$, supponendo un guasto franco a terra sulla sbarra positiva di cabina, ed assumendo pari a 3600V la tensione alle sbarre delle sottostazioni adiacenti, dalla simulazione si ricavano i seguenti valori per la corrente drenata a terra dall'impianto di terra di Cabina, rispettivamente prima e dopo l'intervento del cortocircuitatore:

$$I_{t1} = 261 \text{ A}$$

$$I_{t2} = 28 \text{ A}$$

L'intervento di detto cortocircuitatore viene schematizzato nel circuito equivalente con la chiusura dell'interruttore presente nel circuito sopra rappresentato.

6.5 Limiti delle tensioni di passo e contatto

Il dispersore dovrà essere tale da impedire che, con la corrente di guasto a terra I_t , si verifichino tensioni di contatto superiori ai valori indicati dalla norma. Il tempo di intervento del cortocircuitatore è di 0,02 secondi, mentre il tempo t_F d'intervento degli interruttori extrarapidi è assunto, per tenere conto dei ritardi introdotti dalla catena di apertura generale, pari a $t_F=0,1s$.

Dato il tempo di eliminazione del guasto di 0,1s, il valore della tensione di contatto ammissibile, desunto dalla norma EN 50122, è pari $U_{te}=625V$. Per la durata di 0,02 secondi, ovvero fino all'intervento del cortocircuitatore, la tensione di contatto ammissibile è invece pari a 870 V.

t	$U_{te, max}$ lunga durata	$U_{te, max}$ breve durata
s	V	V
> 300	120	–
300	150	–
1	160	–
0,9	165	–
0,8	170	–
0,7	175	–
< 0,7	–	350
0,6	–	360
0,5	–	385
0,4	–	420
0,3	–	460
0,2	–	520
0,1	–	625
0,05	–	735
0,02	–	870

Legenda
 t tempo di durata
 $U_{te, max}$ tensione di contatto effettiva ammissibile

Tabella 3 - Limiti tensione di contatto CEI EN 50122

Nella norma EN 50122 non si fa riferimento alle tensioni di passo, mentre, come indicato dalla norma EN 50522, “È regola generale che, osservando le prescrizioni per la tensione di contatto, vengano soddisfatte le prescrizioni per la tensione di passo, perché i limiti delle tensioni di passo sono maggiori di quelli di contatto a causa del diverso percorso della corrente attraverso il corpo.”.

I limiti, prescritti dalla normativa, dei potenziali di contatto U_{te} sono da considerarsi applicati al solo corpo umano ed in condizioni di passaggio di corrente.

	COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI					
CTE BRINDISI – Relazione e progetto impianto di terra	COMMESSA IA7K	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO SE0100 003	REV. A	FOGLIO 21 di 26

6.6 Verifica delle tensioni ammissibili

Al fine di valutare i potenziali pericolosi che si presentano a seguito di un guasto a terra, con il software è stata determinata la tensione di contatto U_t calcolata sull'asse trasversale e sull'asse longitudinale dell'impianto tenendo in considerazione i casi più sfavorevoli, ed implementando le caratteristiche del sistema di messa a terra e della corrente descritti precedentemente.

Inoltre, considerando che all'interno dell'impianto (e su tutta l'area), la superficie sarà finita ad asfalto, è stato considerato uno strato superficiale di 13 cm con resistività pari a 12000 Ωm (lo standard IEEE 80 indica che i valori tipici di resistività dell'asfalto umido variano tra 10.000 Ωm e 6.000.000 Ωm).

Dai calcoli elettrici nel caso di guasto di sbarra in cabina, dopo l'intervento del cortocircuitatore, si manifesta una tensione totale di terra pari a 378 V, come riportato in Figura 6. Tale valore è inferiore a quello indicato dalla norma per tensioni di contatto ammissibili per tempi di 0,1 secondi, ovvero 625 V. Ne deriva che le condizioni di sicurezza, in queste ipotesi, sono automaticamente verificate.

Si procede pertanto alla verifica delle tensioni di contatto che si manifestano prima della chiusura del cortocircuitatore, ovvero con una corrente di guasto a terra pari a $I_{t1} = 261$ A per 0,02. Il valore di tensione di contatto limite da rispettare, come riportato nella tabella precedente, è di 870 V.

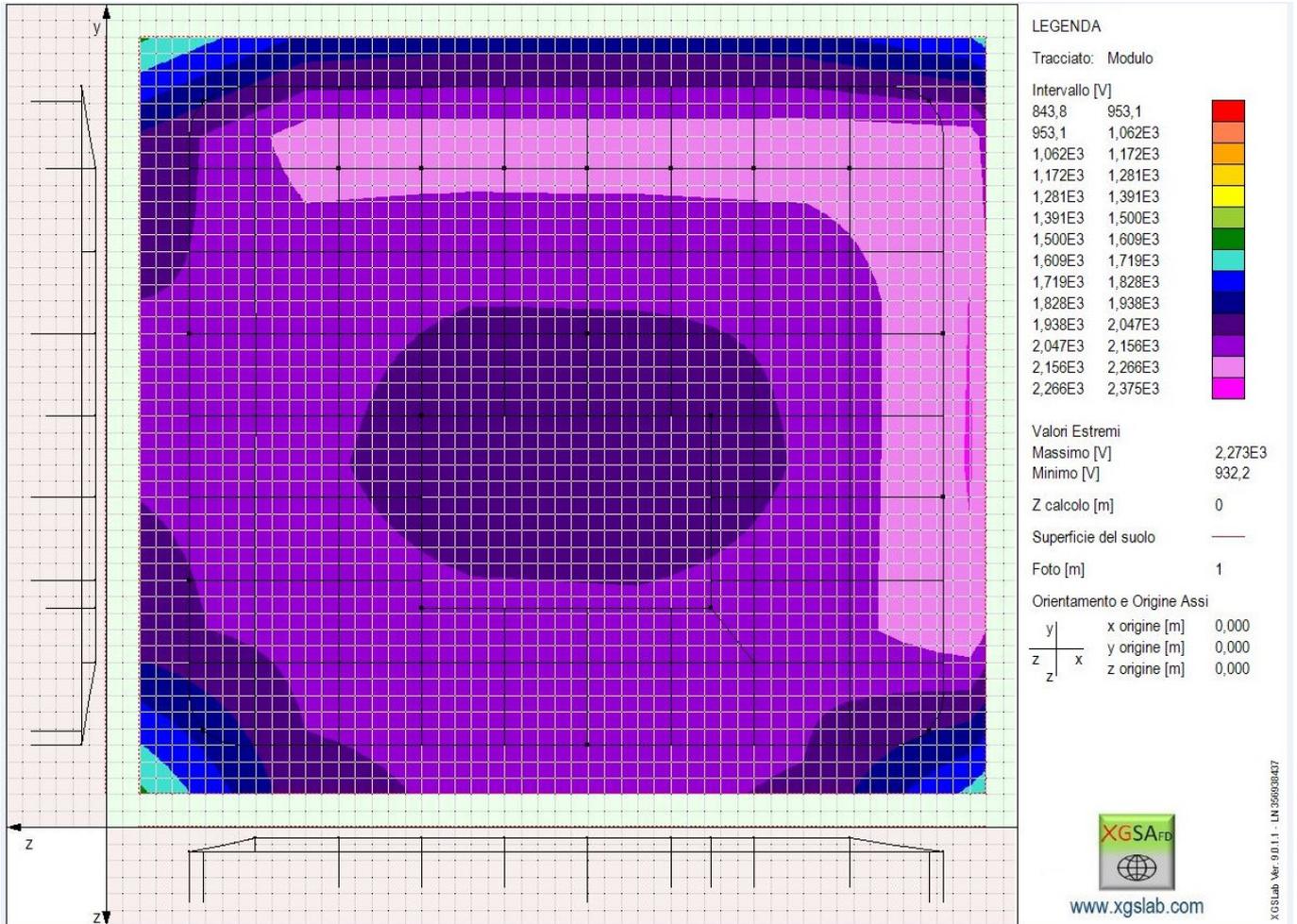


Figura 7 - Potenziale di terra nel piazzale di cabina

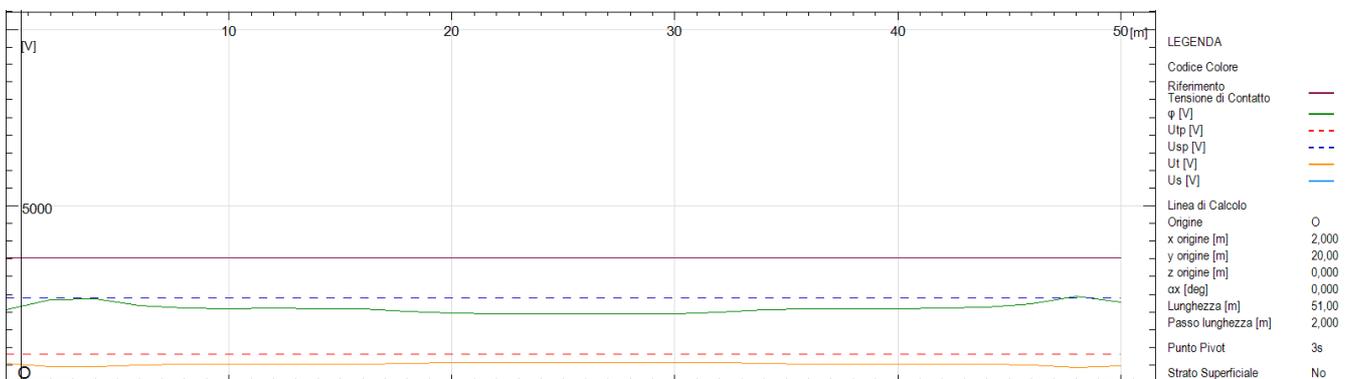
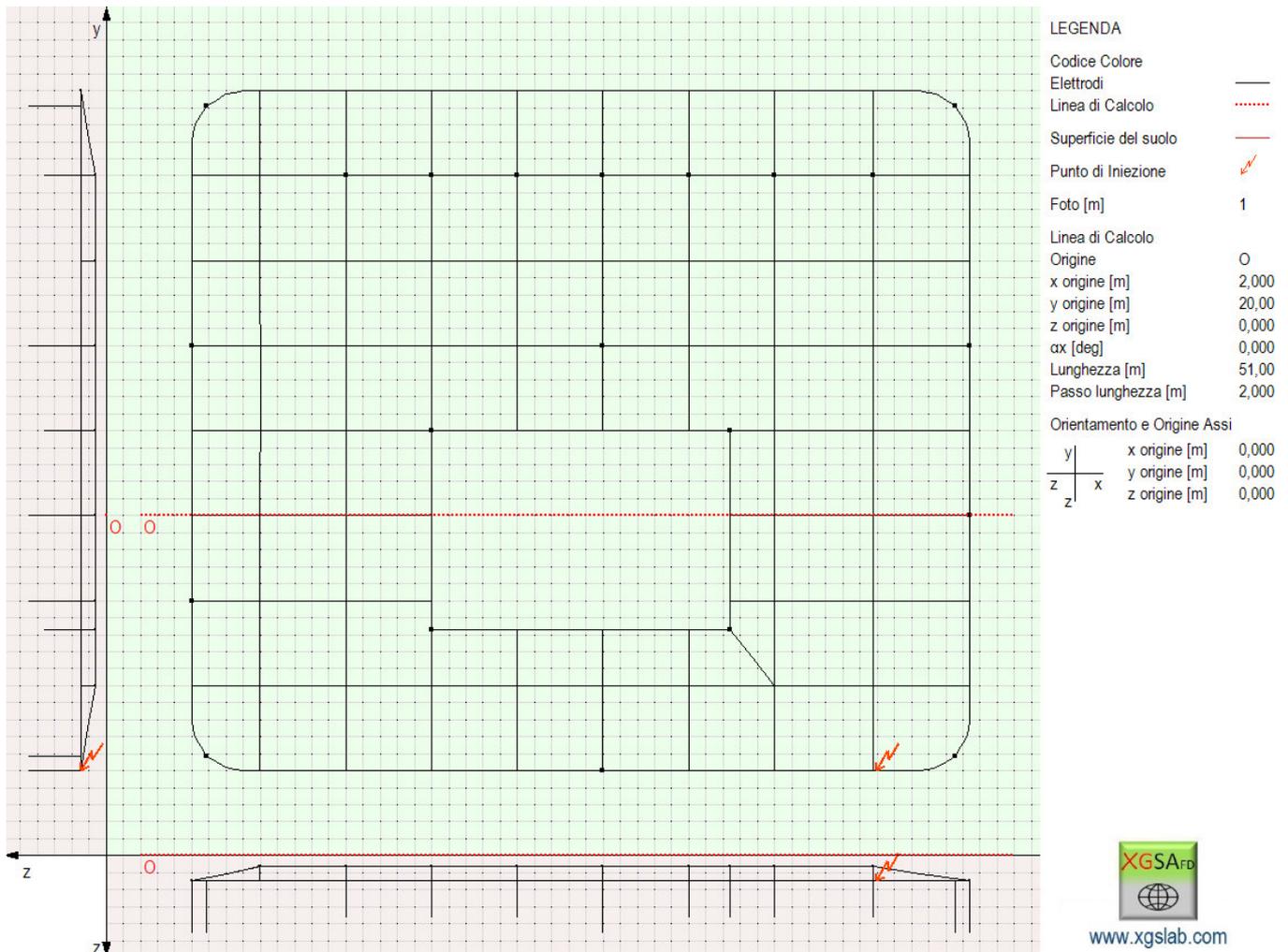


Figura 8 - Tensione di contatto U_t registrata sull'asse longitudinale della cabina

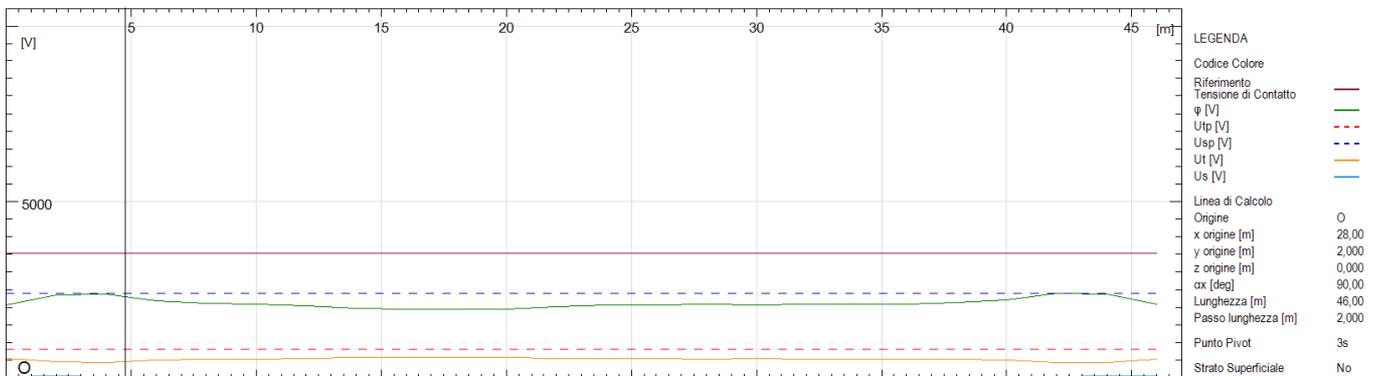
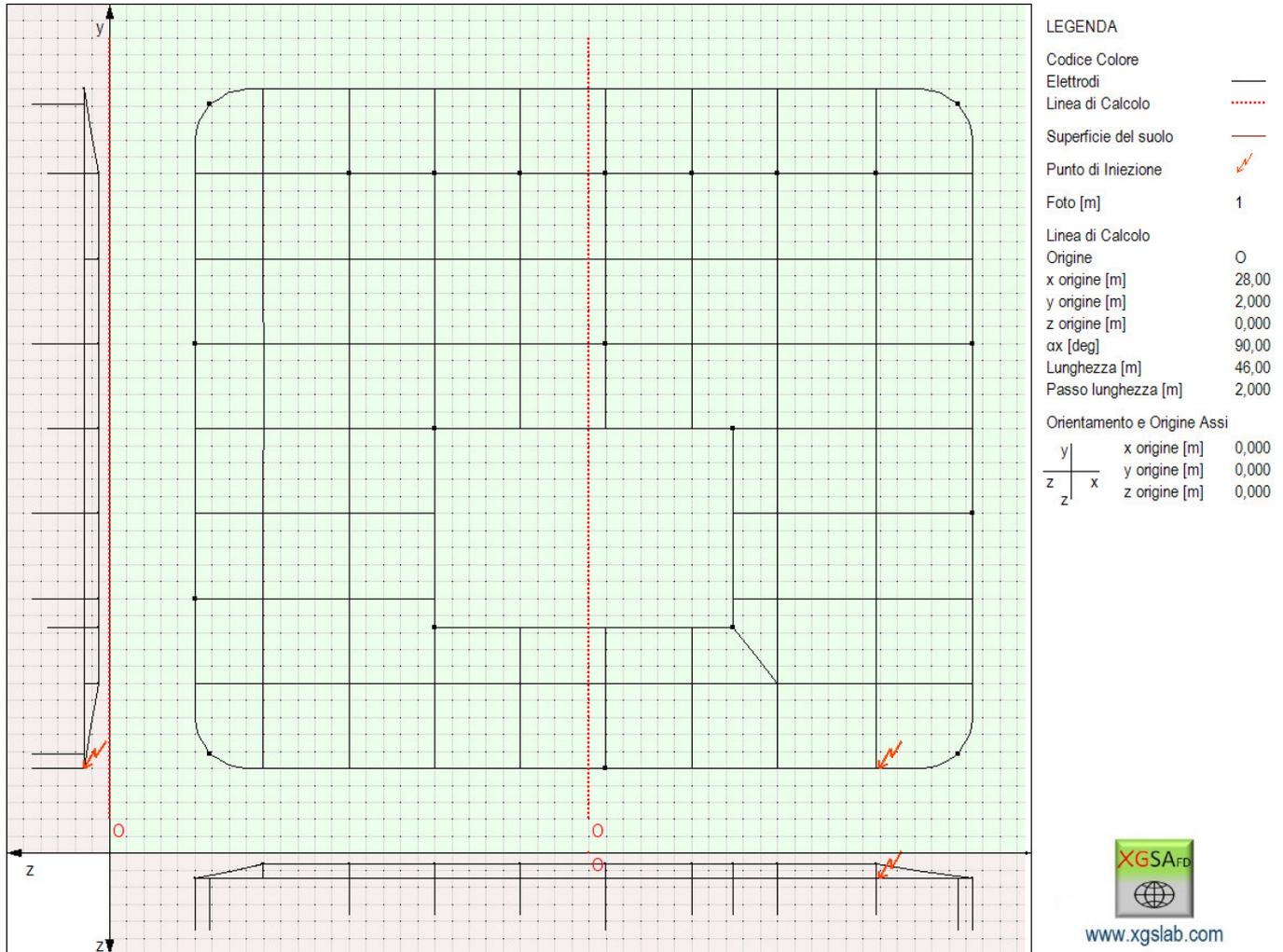


Figura 9 - Tensione di contatto U_t registrata sull'asse trasversale della cabina

	COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI					
CTE BRINDISI – Relazione e progetto impianto di terra	COMMESSA IA7K	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO SE0100 003	REV. A	FOGLIO 25 di 26

Le figure riportate mostrano che i valori della tensione di contatto. Ottenuti tramite il software, sono sempre inferiori al limite di tensione ammissibile prescritto dalla norma EN 50122. È possibile quindi affermare che è realizzata la condizione:

$$U_t < U_{te}$$

Nel dettaglio la tensione massima registrata è pari a 774 V, appunto inferiore rispetto ai 870 V prescritti dalla norma.

	COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI					
CTE BRINDISI – Relazione e progetto impianto di terra	COMMESSA IA7K	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO SE0100 003	REV. A	FOGLIO 26 di 26

7. CONCLUSIONI

Il dimensionamento dell'impianto di terra, condotto sulla base dei criteri fondamentali (resistenza meccanica e alla corrosione, tenuta termica, sicurezza delle persone) indicati dalle normative di riferimento determina valori di tensioni di contatto conformi ai limiti normativi.

È bene notare che, il DPR n° 462 del 22/10/2001 prescrive, che la messa in esercizio degli impianti elettrici di messa a terra non può essere effettuata prima della verifica eseguita dall'installatore che deve rilasciare la dichiarazione di conformità. Tale dichiarazione equivale a tutti gli effetti ad omologazione dell'impianto.

Per quanto concerne le verifiche periodiche, lo stesso DPR prescrive quanto segue:

“il datore di lavoro è tenuto ad effettuare regolare manutenzione dell'impianto, nonché a far sottoporre lo stesso a verifica periodica ogni 5 anni, ad esclusione di quelli installati nei cantieri, in locali adibiti ad uso medico e negli ambienti a maggior rischio in caso di incendio per i quali la periodicità è biennale.”

Pertanto, la Cabina TE dovrà essere verificata a scadenze non superiori di 5 anni analizzando l'efficienza dell'impianto di terra mediante le seguenti prove periodiche previste dalla TE13:

- Misura della resistenza della maglia di terra;
- Verifica dell'integrità dei conduttori di protezione e dei conduttori di terra;
- Misura delle tensioni di passo e delle tensioni di contatto.