

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. TECNOLOGIE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO  
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO  
TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

IMPIANTI SSE E CABINA TE - PIAZZALE

Relazione Verifica Impianto di Terra

SCALA:

-

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

NN1X 00 D 67 CL SE01C0 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	G. D'Addato 	09/2020	L. Surace 	09/2020	M. D'Avino 	09/2020	A. Presta 09/2020 

File: NN1X00D67CLSE01C0002A - RELAZIONE TERRA

n. Elab.:

## INDICE

1. PREMESSA E SCOPO .....	3
2. RIFERIMENTI .....	3
2.1 RIFERIMENTI NORMATIVI .....	4
2.2 RIFERIMENTI PROGETTUALI.....	5
3. CONFIGURAZIONE DELL’IMPIANTO .....	6
4. CRITERI PROGETTUALI ADOTTATI .....	6
5. CONFIGURAZIONE DELL’IMPIANTO .....	8
5.1 DESCRIZIONE DELL’IMPIANTO DI TERRA DI PIAZZALE .....	8
5.2 DESCRIZIONE DELL’IMPIANTO DI TERRA DEI FABBRICATI.....	10
6. VERIFICA DEL SISTEMA DISPERDENTE.....	12
6.1 CALCOLO DELLA RESISTENZA DI TERRA.....	12
7. VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI DEL SISTEMA C.C.....	16
7.1 CALCOLO DELLA CORRENTE DI GUASTO A TERRA .....	16
7.2 LIMITI DELLE TENSIONI DI PASSO E CONTATTO .....	19
7.3 VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI.....	21
8. VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI DEL SISTEMA A.C. ....	27
8.1 CALCOLO DELLA CORRENTE DI GUASTO A TERRA .....	27
8.2 LIMITI DELLE TENSIONI DI PASSO E CONTATTO .....	27
8.3 VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI .....	29
9. DIMENSIONAMENTO IN RELAZIONE ALLA CORROSIONE E ALLE SOLLECITAZIONI MECCANICHE .....	31
10. DIMENSIONAMENTO CON RIFERIMENTO AL COMPORTAMENTO TERMICO.....	32
11. CONCLUSIONI.....	36

## 1. PREMESSA E SCOPO

Nella presente relazione tecnica viene descritto il dimensionamento dell'impianto di terra da realizzarsi nell'area della nuova SSE di Pontecagnano, prevista nell'ambito degli interventi di elettrificazione del nuovo collegamento ferroviario tra la fermata di Arechi con la fermata Aeroporto di Salerno Costa d'Amalfi. La presente relazione, illustra i criteri tecnici adottati per il progetto del suddetto impianto, ed indica le prescrizioni da adottare per realizzare un impianto che garantisca la sicurezza della vita umana e l'integrità dei componenti elettrici collegati al sistema.

Il piazzale della SSE in oggetto occuperà un'area di forma trapezoidale con lati maggiori di dimensioni approssimative pari a 67x39m e superficie di circa 2100m<sup>2</sup>, come si evince dall'elaborato:

*NN1X00D67PASE01C0005A - Piazzale - Planimetria impianto di terra*

Poiché nel suddetto impianto confluiscono sistemi elettrici di varie categorie l'impianto di messa a terra, oggetto della presente relazione tecnica, dovrà soddisfare le esigenze di sicurezza di tutti i sistemi afferenti.

Trattandosi di impianto ferroviario verranno attuati tutti i criteri progettuali previsti sia dalla normativa tecnica valida per gli impianti di trazione elettrica, con particolare riferimento alle Norme CEI, che le specifiche tecniche RFI, citate nei successivi paragrafi. Inoltre, verranno tenuti in debita considerazione anche i criteri progettuali e costruttivi di Italferr/RFI, dato il particolare carattere dell'impianto in oggetto.

Essendo una SSE, nella presente relazione verrà dimensionato l'impianto di terra del piazzale, in relazione ad eventuali guasti, e conseguenti rischi di contatti indiretti, derivanti sia dal sistema di trazione elettrica a 3kVcc che dalla rete di alimentazione in c.a. in MT

## 2. RIFERIMENTI

La presente relazione di calcolo, nonché tutta la documentazione progettuale che verrà successivamente citata, è conforme alle prescrizioni tecniche contenute nelle Norme CEI e le norme tecniche di RFI.

Nei punti seguenti vengono citati i principali documenti tecnici cui nel prosieguo della relazione verrà fatto esplicito od implicito riferimento.

## 2.1 Riferimenti normativi

Per la esecuzione 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:

### Leggi, Decreti e Circolari

- D.Lgs. n.106 del 3/08/2009: Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9/04/2008, n.81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;
- D.Lgs. n.81 del 9/04/2008: Attuazione dell'articolo 1 della legge 3/08/2007, n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;
- DM n.37 del 22/01/2008: 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;
- 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;

### Norme CEI

- CEI EN 50119: Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi - Linee aeree di contatto per trazione elettrica;
- CEI EN50122-1: Applicazioni ferroviarie – Installazioni fisse; Parte 1: Provvedimenti 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;
- CEI EN 50522: Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.;
- CEI EN 60865-1: Correnti di corto circuito Calcolo degli effetti - Parte 1: Definizioni e metodi di calcolo;
- CEI EN 60865 -1/Ec: Correnti di corto circuito Calcolo degli effetti - Parte 1: Definizioni e metodi di calcolo;

- ANSI / IEEE Std 80: Guide for Safety in AC Substation Grounding;

### Specifiche Tecniche:

- RFI.DMA.IM.LA.SP.IFS.370.A: Dispositivo di collegamento del negativo 3kVcc all'impianto di terra di SSE e cabine TE;
- 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;
- RFI.DTC.STS.ENE.SP.IFS.TE.210.A: Capitolato Tecnico per la costruzione delle linee aeree di contatto e di alimentazione a 3 kVcc;
- DPR.MO.SL.131: Verifica degli impianti di terra di protezione delle sottostazioni elettriche;
- RFI.DTC.ST.E.SP.IFS.TE.101.A: Istruzioni per la realizzazione del circuito di terra e di protezione delle linee a 3 kVcc
- RFI.DMA.IM.LA.SP.IFS.371.A: Relè monostabile di massima corrente a soglia fissa adirezionale ad inserzione diretta a 3 kV cc

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

## **2.2 Riferimenti progettuali**

Costituiscono parte integrante della presente relazione gli elaborati di progetto di seguito riepilogati, ai quali si rimanda per gli aspetti di dettaglio non esplicitamente menzionati nel presente documento:

*NN1X00D67DXSE0000001A - Schema elettrico Generale di potenza*

*NN1X00D67PBSE01B0002A - Fabbricato ENEL - Layout impianto di Terra*

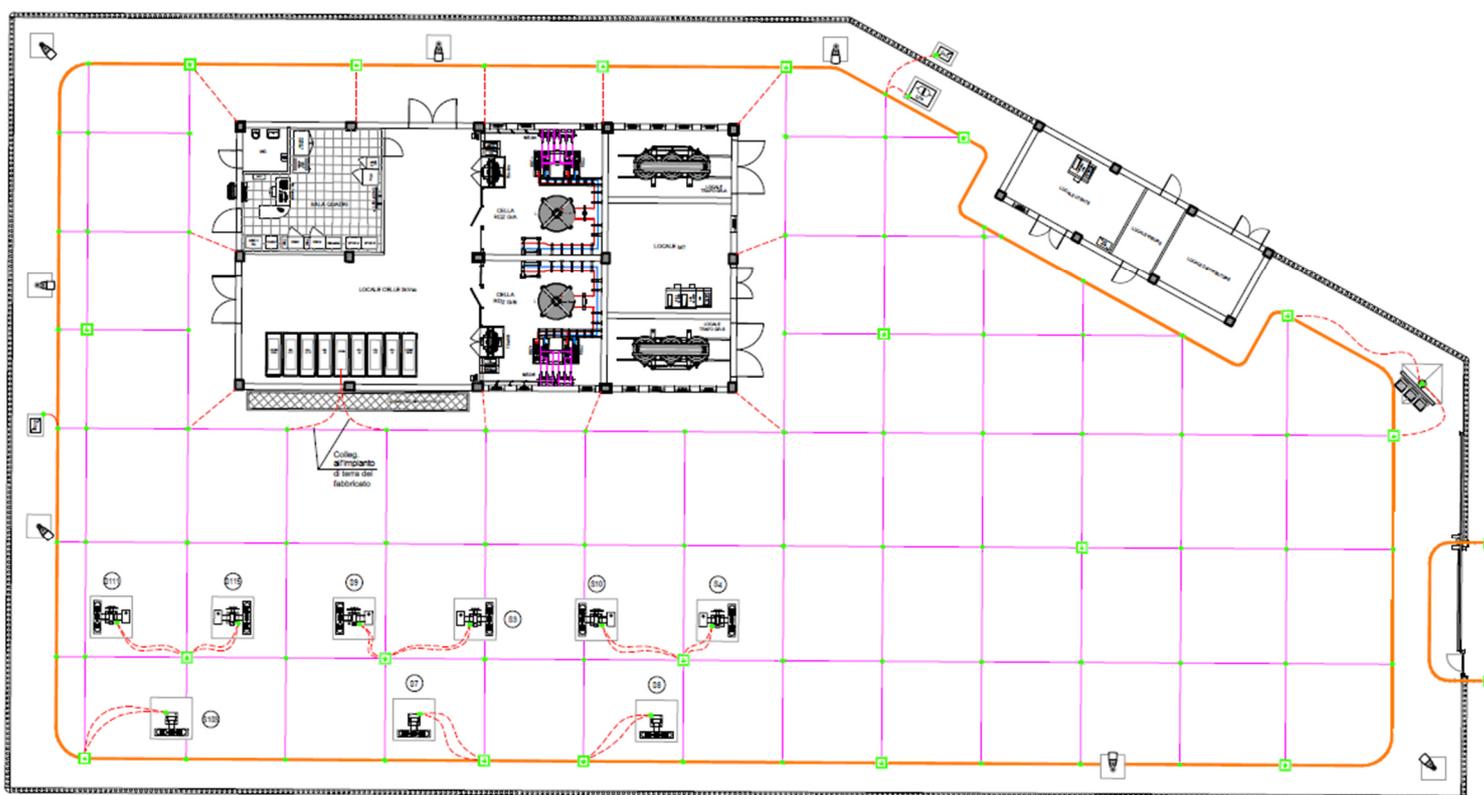
*NN1X00D67PBSE01A0002A - Fabbricato SSE - Layout impianto di Terra*

*NN1X00D67CLSE01C0002A - Piazzale SSE - Calcolo di verifica Impianto di terra*

### 3. CONFIGURAZIONE DELL'IMPIANTO

Come indicato nella relazione tecnica generale, avente codifica *NN1X00D67CLSE01C0002A*, e negli elaborati progettuali richiamati al paragrafo precedente, l'impianto della SSE in oggetto sarà attrezzato con n°6 UFA destinati ad alimentare il semplice binario del prolungamento della metropolitana di Salerno ed il doppio binario della linea storica Salerno - Battipaglia.

La configurazione di progetto prevede il seguente layout dell'impianto di terra:



**Fig. 1** – Impianto di Terra del Piazzale

### 4. CRITERI PROGETTUALI ADOTTATI

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

- Avere adeguata resistenza meccanica e resistenza alla corrosione;

- b) Essere in grado di sopportare, dal un punto di vista termico, le più elevate correnti di guasto prevedibili;
- c) Essere in grado di evitare danni a componenti elettrici ed a beni;
- d) 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 (secondo le definizioni riportate nella norma CEI EN 50522 par. 3.1.3 e 3.1.4), 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 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.

È inoltre previsto un collegamento, attraverso un dispositivo corto-circuitatore, 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 in 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 di conseguenza limitando 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 corto-circuitatore, la specifica di riferimento è la *RFI.DMA.IM.LA.SP.IFS.370.A* intitolata "Dispositivo di collegamento del negativo 3kVcc all'impianto di terra di SSE e cabine TE".

In relazione al fatto che impianti elettrici sia di MT che di BT ricadono all'interno dello stesso piazzale della SSE e che per essi non è possibile realizzare impianti di terra elettricamente indipendenti, l'impianto di messa a terra sarà unico, e ad esso saranno collegate tutte le masse e le masse estranee delle apparecchiature presenti all'interno del fabbricato.

Le masse metalliche presenti all'interno del fabbricato di SSE, saranno collegate al dispersore di terra del piazzale 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 box, dove è più frequente la presenza di operatori.

Saranno invece collegate direttamente al dispersore, per mezzo di conduttori di rame nudi, tutte le masse metalliche del piazzale quali ad esempio le armature metalliche dei cavi, i collettori di terra dei quadri esterni di piazzale, i tubi d'acciaio e tutte le altre eventuali masse metalliche accessibili poste all'interno dell'anello perimetrale della rete di terra.

Per quanto riguarda invece tutte le masse metalliche che fuoriescono dall'area di piazzale, quali tubazioni per l'allacciamento a servizi vari, potenzialmente pericolose perché potrebbero "portare" fuori dal piazzale tensioni pericolose in caso di guasto, andranno opportunamente isolate per mezzo giunti isolanti.

## 5. CONFIGURAZIONE DELL'IMPIANTO

### 5.1 Descrizione dell'impianto di terra di piazzale

Così come riportato sull'elaborato grafico *NN1X00D67PASE01C0005A* - Piazzale - Planimetria impianto di terra, l'impianto di terra di piazzale sarà costituito essenzialmente da un dispersore orizzontale a rete magliata realizzata in corda di rame nudo da 120 mm<sup>2</sup>, interrato a circa 60 cm di profondità in corrispondenza delle zone interne del piazzale, ed a 120 cm di profondità in corrispondenza dell'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 nel presente calcolo.

L'impianto sarà integrato con una serie di dispersori verticali, costituiti da puntazze in acciaio ramato infisse nel terreno aventi ciascuna lunghezza pari a 6m e diametro Ø30mm. L'estremità superiore di ciascun dispersore verticale dovrà essere protetta da pozzetti ispezionabili in cls del tipo a fondo aperto, completi di relativi chiusini.

Il numero, le dimensioni e la collocazione 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.

Per quanto riguarda il dispersore orizzontale, esso dovrà avere un'estensione tale da contenere abbondantemente al proprio interno tutte le apparecchiature tensionabili, ed una geometria il più possibile morbida e regolare, evitando 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.

Inoltre, per evitare che possano instaurarsi tensioni pericolose al suolo a ridosso del confine dell'area di SSE l'elemento disperdente più periferico dovrà trovarsi a debita distanza (circa 2,5m) dalla recinzione.

Per lo stesso motivo gli elementi dei cancelli metallici di accesso al piazzale non saranno collegati alla rete di terra del piazzale, ma saranno dotati di un dispersore proprio. Tale accorgimento si rende necessario per evitare l'instaurarsi di tensioni pericolose tra le masse metalliche dei cancelli e le eventuali masse esterne all'area di piazzale.

Come indicato dalla norma CEI EN 50522, al fine di soddisfare i criteri di sicurezza, è regola generale verificare prima che siano soddisfatte le prescrizioni per la tensione di contatto, in modo da soddisfare di conseguenza anche quelle per la tensione di passo, in quanto più basse. 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.

Solo nelle zone periferiche, cioè in prossimità del conduttore perimetrale, le tensioni di passo possono assumere valori più elevati; per fronteggiare questa evenienza, i conduttori perimetrali saranno interrati a profondità maggiore rispetto alla maglia superficiale, in modo da ridurre il gradiente di potenziale al proprio intorno.

Ad ogni buon conto, anche le tensioni di passo nella zona a ridosso della recinzione saranno oggetto di verifica.

## 5.2 Descrizione dell'impianto di terra dei Fabbricati

L'impianto di terra del fabbricato di SSE sarà suddiviso nei diversi ambienti in cui è suddiviso; esso sarà essenzialmente costituito da un collettore di terra in piatto di rame, di dimensione 50x4 mm, staffato sulle pareti interne del locale a cui sono connesse le masse metalliche. Il collettore di terra dovrà essere opportunamente distanziato dalle pareti mediante interposizione di distanziali in resina autoestinguente, ed il fissaggio a parete dovrà essere eseguito con viti in acciaio e tasselli isolanti.

I collegamenti equipotenziali tra le masse e il collettore di terra di ciascun locale del fabbricato saranno realizzati mediante piatto di rame di dimensione 40x3 mm o con conduttori di rame di sezione 120 mm<sup>2</sup>, ed in particolare:

- La messa a terra dei quadri di distribuzione dei servizi ausiliari deve essere eseguita con due cavi isolati tipo FG17 G/V aventi ciascuno sezione 120mm<sup>2</sup>
- La messa a terra di tutti i telai di supporto, armadi protezione, reti metalliche di protezione ecc., deve essere eseguita cavo isolato tipo FG17 G/V avente sezione 50mm<sup>2</sup>
- La messa a terra di tutte le restanti apparecchiature di BT deve essere eseguita cavo isolato tipo FG17 G/V avente sezione 50mm<sup>2</sup>

In particolare, per ciascun locale, dovranno essere realizzati i seguenti collegamenti equipotenziale:

- Locale trasformatore di Gruppo (A/B): dal collettore di ciascun locale trafo gruppo al collettore di terra del corrispondente Raddrizzatore, ed interposizione di un TOca per il controllo delle correnti di guasto a terra in c.a.
- Locale di Media Tensione:
  - dal collettore di terra del QMT-2 al collettore di terra di tale locale
  - dal collettore di terra del locale direttamente all'impianto disperdente del piazzale, mediante due cavi FG17 1x120 mm<sup>2</sup>, ed interposizione di un TOca per il controllo delle correnti di guasto a terra in c.a.
- Cella Raddrizzatore di Gruppo:
  - masse a monte del sezionatore esapolare al collettore di terra in c.a. ed interposizione di un TOca per il controllo delle correnti di guasto a terra in c.a.

- masse a valle del sezionatore esapolare al collettore di terra in c.c. ed utilizzo del TOccGr posto all'interno della UFGF per il controllo delle correnti di guasto a terra in c.c.
- dal collettore di terra in c.a. all' impianto disperdente del piazzale, mediante due cavi FG17 1x120 mm<sup>2</sup>
- masse dell'induttore al collettore di terra in c.c.
- dal collettore di terra in c.c. alla sbarra di terra della UFGF, mediante n.2 cavi FG17 1x120 mm<sup>2</sup>, ed utilizzo del TOccGr posto all'interno della UFGF, per il controllo delle correnti di guasto a terra in c.c.
- Sala quadri:
  - le masse dei quadri in c.c. saranno collegate direttamente alla UFMN mediante n.2 cavi FG17 1x120 mm<sup>2</sup>
  - le masse dei quadri c.a. saranno collegate direttamente all'impianto disperdente del piazzale mediante due cavi FG17 1x120 mm<sup>2</sup>

Il circuito di terra del fabbricato così realizzato sarà infine collegato al dispersore esterno di piazzale in un unico punto, attraverso un doppio collegamento con corda in rame nuda da 120 mm<sup>2</sup> e mediante l'interposizione di un relè di massa ubicato all'interno dell'UFMN, la quale ha la funzione di comandare l'apertura delle protezioni TE in caso di basso isolamento o guasto a terra. Tale relè di massa generale sarà di tipo elettromeccanico, ed è tarato per una corrente di dispersione pari a 70 A; la selettività dell'intervento tra i relè di massa posti in ciascuna UFA rispetto a quello generale della UFMN deve essere garantita impostando sulle stesse una opportuna soglia di intervento in corrente e ritardo intenzionale in ms.

Per quanto concerne invece l'impianto di terra del fabbricato di consegna dell'energia elettrica, esso sarà realizzato mediante l'installazione di un collettore di terra in piatto di rame dim. 50x4 mm, fissato alle pareti per mezzo di distanziatori isolanti per ciascun locale, il quale sarà collegato in un unico punto all'impianto disperdente di piazzale, mediante la posa di n.2 corde in rame da 120 mm<sup>2</sup>. La Connessioni di continuità elettrica delle masse metalliche presenti all'interno di ciascun locale avverrà mediante l'uso di conduttori isolati aventi le seguenti sezioni:

- 70mm<sup>2</sup>, per la messa a terra delle masse metalliche fisse (carpenteria quadri e armadi)
- 50mm<sup>2</sup>, per la messa a terra dei pannelli mobili

Le sbarre in rame dell'impianto di terra interno al Fabbricato 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).

Per ulteriori dettagli circa l'impianto dei fabbricati descritti, si faccia riferimento agli elaborati di progetto aventi codifica:

*NN1X00D67PBSE01B0002A - Fabbricato ENEL - Layout impianto di Terra*

*NN1X00D67PBSE01A0002A - Fabbricato SSE - Layout impianto di Terra*

## 6. VERIFICA DEL SISTEMA DISPERDENTE

Il dimensionamento e verifica della rete di terra verrà effettuato secondo le indicazioni fornite dalla normativa di riferimento in relazione ai seguenti punti:

- 1) Verifica delle tensioni di passo e di contatto sia in c.a. che c.c., che verrà effettuata per il valore di corrente di guasto più elevata, che si ottiene con corto-circuitatore aperto, risultando automaticamente verificato per il valore più basso che si ottiene con corto-circuitatore chiuso;
- 2) Corrosione e alle sollecitazioni meccaniche;
- 3) Comportamento termico.

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 Calcolo della Resistenza di terra

Per la determinazione della resistenza di terra  $R_T$  del dispersore è essenziale conoscere il valore  $\rho_t$  della resistività del terreno.

Al riguardo, tendo in considerazione quanto riportato negli elaborati aventi codifica:

*NN1X00D69RGGE0001001A - Relazione Geologica, geomorfologica idrogeologica e sismica*

*NN1X0078RHGE0600001B - Relazione di Caratterizzazione Geotecnica Generale*

ed in accordo a quanto indicato nella tabella J.1 dell'allegato J (Norma CEI EN 50522):

Tipo di terreno	Resistività del terreno $\rho_E$ $\Omega m$	
Terreno paludoso	da 5	a 40
Terriccio, argilla, humus	da 20	a 200
Sabbia	da 200	a 2 500
Ghiaietto	da 2 000	a 3 000
Pietrisco	Per lo più sotto 1 000	
Arenaria	da 2 000	a 3 000
Granito	fino a 50 000	
Morena	fino a 30 000	

**Fig. 4** – Resistività del terreno per correnti alternate (Allegato J Norma CEI 50522)

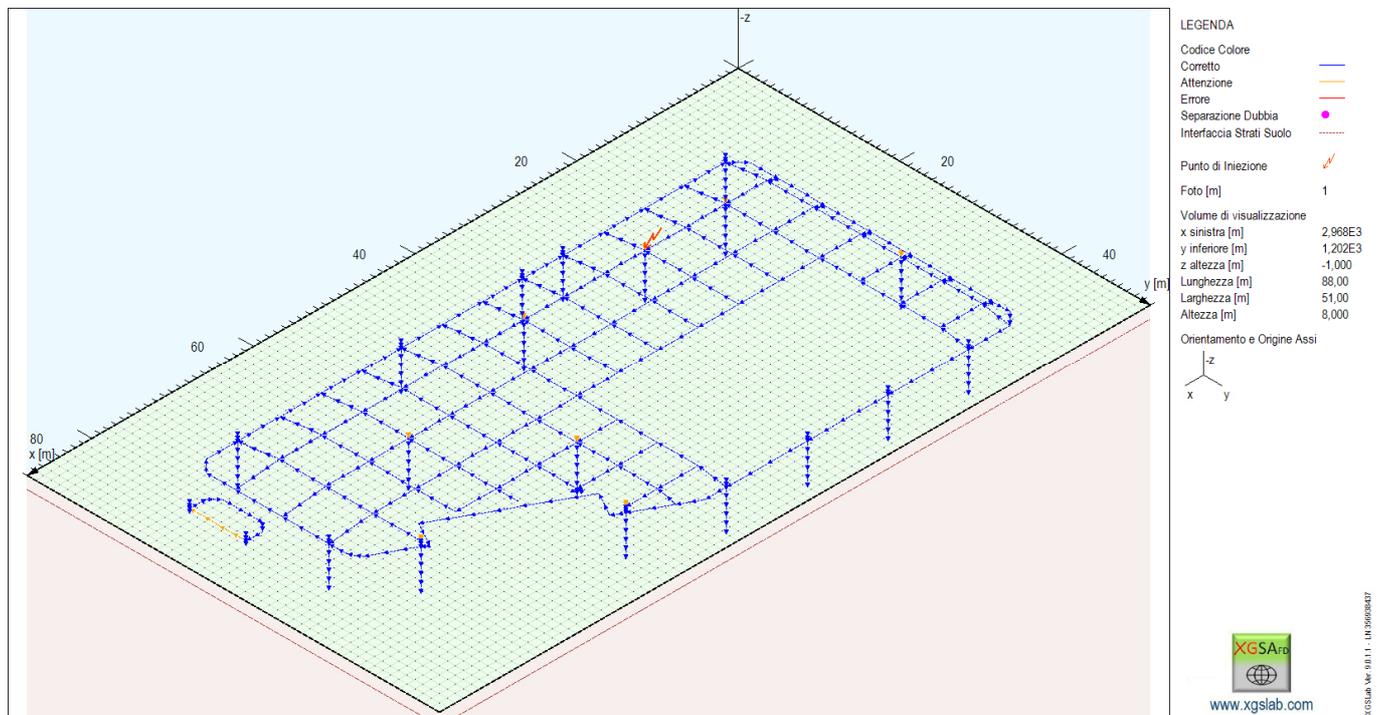
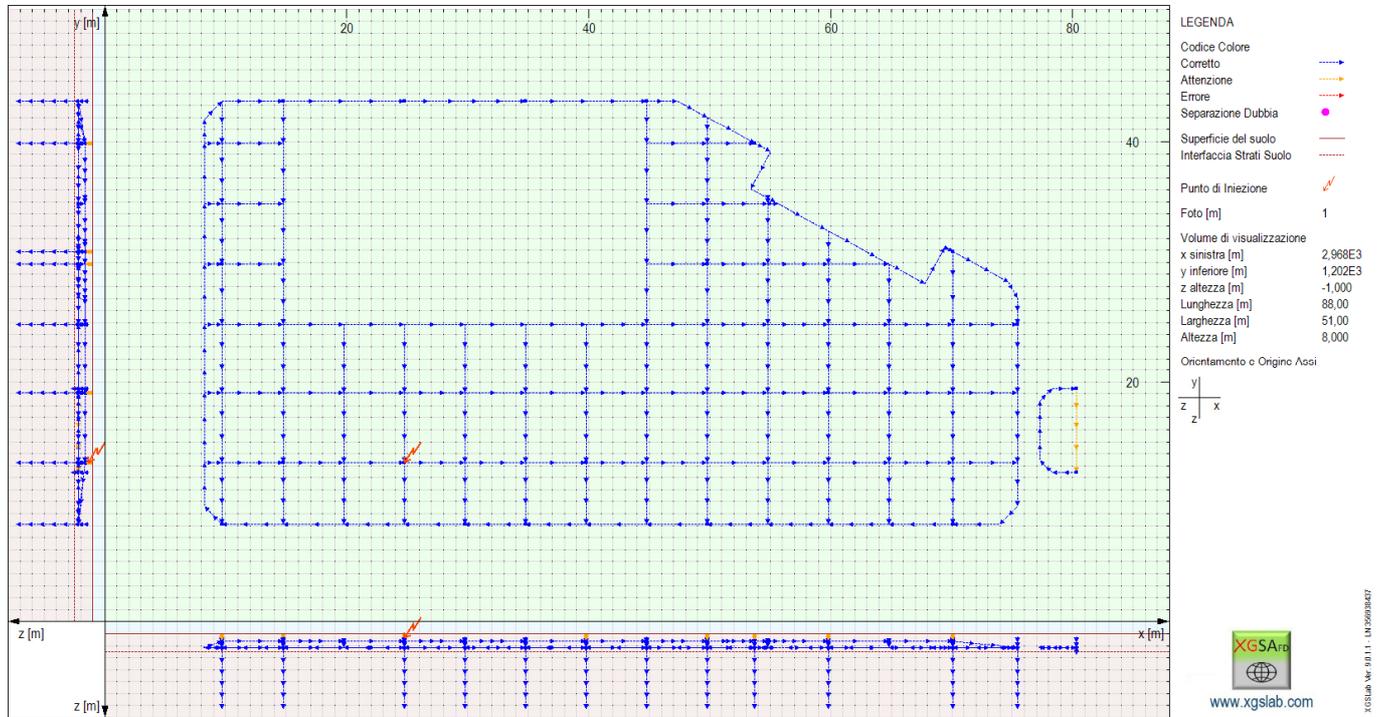
è stato assunto cautelativamente un valore di resistività media del terreno un valore pari a:

$$\begin{aligned} \rho &= 200 \Omega m & h &= 1,5 m \\ \rho &= 500 \Omega m & h &= \infty \end{aligned}$$

Inoltre, è stato considerato uno strato superficiale (SCL) di 10 cm con resistività pari a  $10000 \Omega \cdot m$  per le zone ricoperte da asfalto e per le zone ricoperte da ghiaia (cfr. Tab. 7 standard IEEE 80 – asfalto umido e ghiaia umida).

Chiaramente nella successiva fase progettuale, dovranno essere effettuate le necessarie verifiche strumentali per confermare, o eventualmente correggere, il valore ipotizzato per tale parametro.

Per il calcolo della resistenza di terra, è stata implementata, con il software, la geometria e le caratteristiche dei conduttori dell'impianto di terra, secondo il seguente layout:



**Fig. 5 – Implementazione dell'impianto di Terra con software XGSLAB**

Per tale configurazione il programma di calcolo utilizzato suggerisce un valore della resistenza di terra pari a:

$$R_T = 4,02 \Omega$$

Tale valore risulta essere superiore rispetto a quello calcolato in maniera analitica (Tab. 2) con le formule indicate nell'allegato J della norma CEI EN 50522, in quanto tiene conto degli effetti di prossimità ed influenza reciproca dei conduttori. Pertanto, in via cautelativa, nel proseguo si farà riferimento a tale valore di resistenza di terra.

Calcolo resistenza di terra della maglia superficiale	$R_m = \frac{\rho_E}{2D} = 1,93 \Omega$ $D = 2 \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 51,72 \text{ m}$	D è il diametro del cerchio di area equivalente (A) alla rete magliata, (assunto pari a 2100 m <sup>2</sup> )
Calcolo resistenza di terra dell'anello perimetrale	$R_A = \frac{\rho_E}{\pi^2 D} \ln\left(\frac{2 \pi D}{d}\right) = 3,31 \Omega$ $D = 2 \frac{L}{\pi} = 12,36 \text{ m}$	
Calcolo resistenza di terra singolo picchetto verticale	$R_p = \frac{\rho_p}{2\pi L} \ln\left(\frac{4L}{d}\right) = 35,58 \Omega$	d = diametro picchetto (assunto pari a 30 mm) L = Lunghezza picchetto (assunto pari a 6 m)
Calcolo resistenza di terra di tutti i picchetti nella configurazione di progetto adottata	$R'_p = \frac{R_p}{N} = 1,97 \Omega$	N = Numero picchetti in parallelo (assunto pari a 18)
Calcolo Resistenza di terra complessiva della configurazione considerata	$R_T = \frac{R_m R'_p R_A}{R_m + R'_p + R_A} = 0,75 \Omega$	

Tab. 1 – Calcolo della RT con il metodo analitico (CEI EN 50522 Allegato J)

Chiaramente nella determinazione di  $R_T$  non si è tenuto conto del contributo (tutt'altro che trascurabile) dei "Dispensori di Fatto" e degli effetti di prossimità.

## 7. VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI DEL SISTEMA C.C.

### 7.1 Calcolo della Corrente di Guasto a Terra

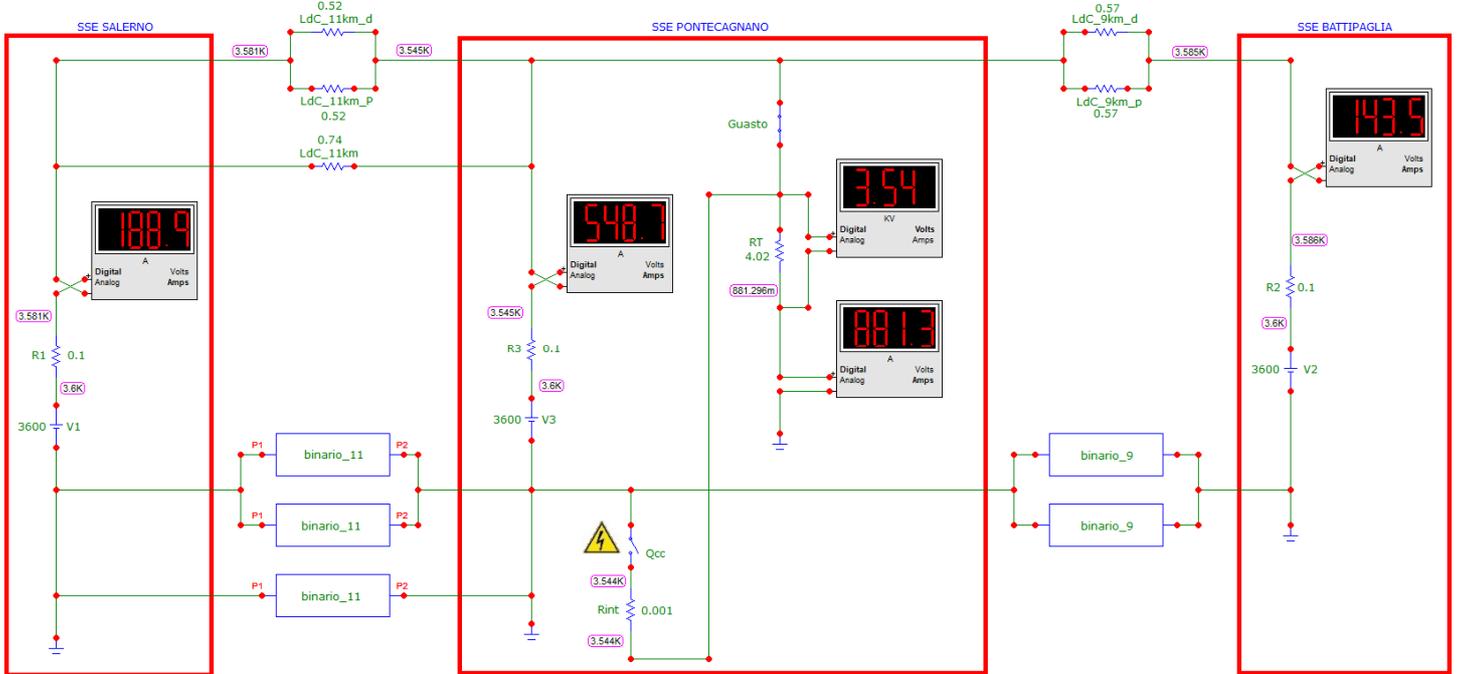
Per la determinazione della corrente di terra  $I_G$  che la maglia di terra della SSE è chiamata a disperdere, è stata effettuata un'analisi del circuito di trazione del tratto interessato, schematizzando la linea di contatto ed il binario mediante una configurazione a parametri distribuiti.

La seguente tabella riporta le distanze “elettriche” parziali espresse in km tra gli impianti limitrofi che contribuiscono alla corrente di guasto a terra:

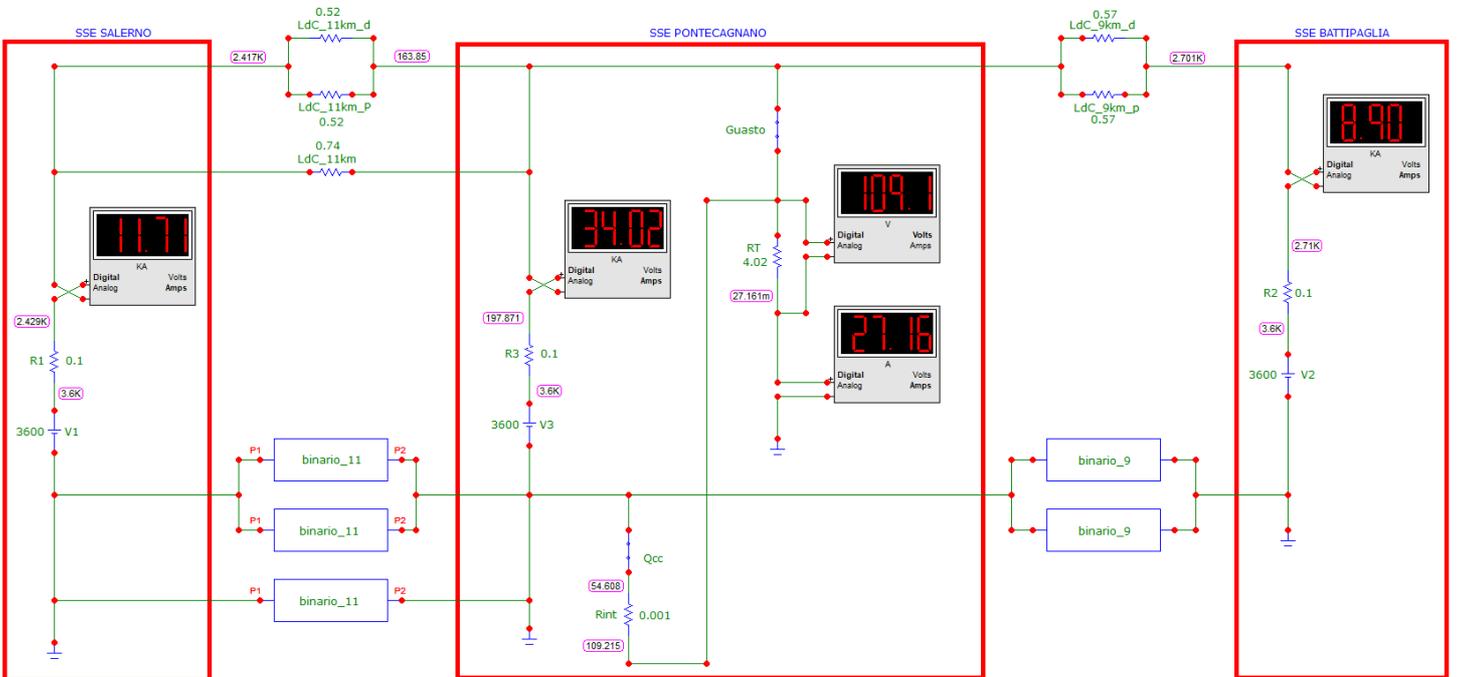
IMPIANTI		DISTANZE [km]
DA	A	
SSE Salerno	SSE Pontecagnano	11
SSE Pontecagnano	SSE Battipaglia	9
SSE Pontecagnano	Stazione Aeroporto Costa d'Amalfi	3

**Tab. 2** – Distanze elettriche tra gli impianti limitrofi

L'analisi del circuito elettrico equivalente, e di conseguenza la stima della corrente di guasto che l'impianto di terra è chiamato a disperdere sia prima che dopo l'intervento del cortocircuitatore, è stata effettuata mediante il software Microcap secondo le configurazioni di seguito riportate:



**Fig. 6 – Guasto di sbarra in SSE prima dell'intervento del Corto-Circuitatore**



**Fig. 7 – Guasto di sbarra in SSE dopo l'intervento del Corto-Circuitatore**

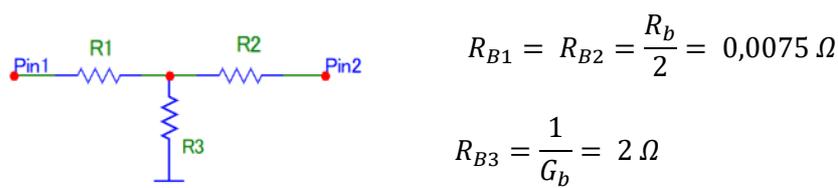
Avendo indicato con:

- $R_{sse}$  = Resistenza interna della SSE, assunto pari a:
  - 0,1Ω per SSE con n°2 gruppi da 5,4 MW o da 3,6 MW
  - 0,175Ω per SSE con n°2 gruppi da 2 MW
- $R_{LdC}$  = Resistenza della linea di contatto, considerata pari a:
  - 0,0648 Ω/km per una sezione equivalente filo-fune pari a 320 mm<sup>2</sup>
  - 0,0458 Ω/km per una sezione equivalente filo-fune di 440 mm<sup>2</sup>
  - 0,0370 Ω/km per una sezione equivalente filo-fune pari a 540 mm<sup>2</sup>
- $R_T$  = Resistenza di terra dell'impianto (considerata pari a 2,07 Ω come indicato nel paragrafo 6.3)
- $R_{cc}$  = Resistenza interna del corto-circuitatore verso terra (assunta pari a 0,001Ω)

Per la schematizzazione del binario è stato considerato un circuito equivalente a "T" (discretizzato con passo di 1 km), composto dai seguenti parametri:

- $R_b$  = Resistenza chilometrica del binario (assunta pari a 0,015 Ω/km per linee a singolo binario e 0,0075 per linee a doppio binario)
- $G_b$  = Conduttanza del binario verso terra (assunta pari a 0,5 S/km)

e di seguito rappresentato:



**Fig. 8** – Circuito elettrico equivalente del Binario

Tenuto conto che l'impianto di terra ha una resistenza pari a  $R_T=4,02 \Omega$ , supponendo un guasto franco a terra sulla sbarra positiva in SSE, ed assumendo come tensione alle sbarre delle sottostazioni adiacenti il valore 3600V, dalla simulazione si ricavano i seguenti valori per la corrente drenata a terra dall'impianto di terra di SSE rispettivamente prima e dopo l'intervento del dispositivo corto-circuitatore:

$I_{t1} = 881,03 \text{ A}$	con corto-circuitatore aperto
$I_{t2} = 27,16 \text{ A}$	con corto-circuitatore chiuso

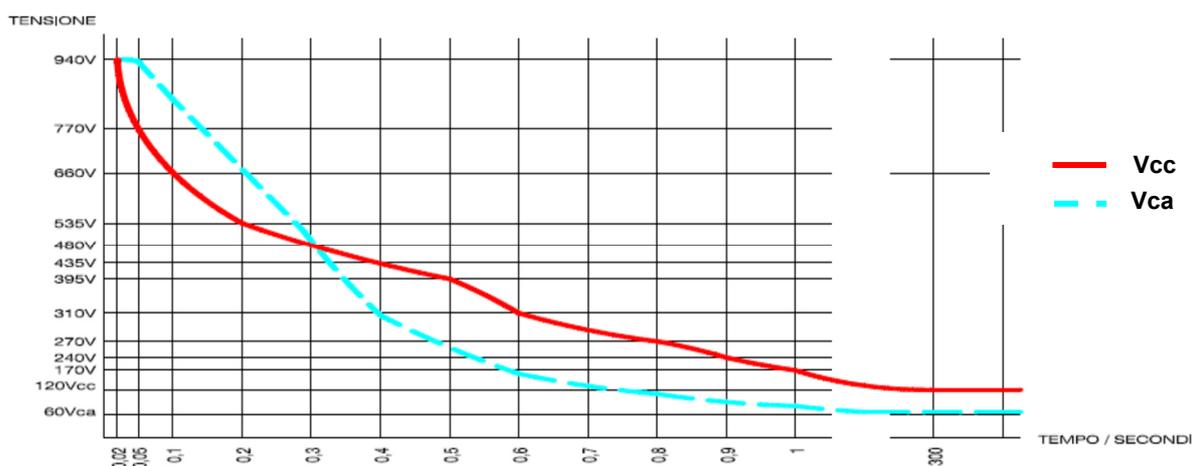
dove l'intervento di detto cortocircuitatore viene schematizzato nel circuito equivalente con la chiusura dell'interruttore QCC.

## 7.2 Limiti delle Tensioni di Passo e Contatto

Il dispersore dovrà essere tale da impedire che, con la corrente di guasto a terra  $I_{t1}$  e  $I_{t2}$  calcolate al paragrafo precedente, si verifichino tensioni di contatto superiori ai valori indicati dalla norma.

La corrente  $I_{t1}$  drenata dall'impianto di terra perdurerà fino all'intervento del dispositivo corto-circuitatore; a in particolare l'intervento di detto corto-circuitatore, ha lo scopo di stabilire un collegamento tra il circuito corrispondente al negativo 3kVcc e l'impianto di terra locale relativo all'impianto di conversione e/o distribuzione dell'energia elettrica in corrente continua per cui l'apparecchiatura svolge la preposta funzione di limitazione della tensione.

Tale collegamento "equipotenziale" dovrà essere attuato dal dispositivo quando la differenza di potenziale tra il tra il circuito negativo TE e l'impianto di terra supera i valori limite di tensione/tempo d'intervento previsti dalla specifica RFI.DMA.IM.LA.SP.IFS.370.A i cui andamenti sono di seguito riportati:



**Fig. 9** – Diagramma delle tensioni di contatto/accessibili dispositivo corto-circuitatore

Dalle simulazioni svolte, nei primi istanti del guasto a terra (supposto pari a  $t_{F1} = 0,02$  sec.), il potenziale di terra raggiunge il valore di 3,49 kV, corrispondente al valore della corrente  $I_{t1}$  che l'impianto di terra è chiamato a drenare prima dell'intervento del dispositivo corto-circuitatore. Successivamente, a seguito

dell'intervento dello stesso, l'impianto di terra drenerà la corrente di terra  $I_{t2}$  fino all'intervento degli interruttori extrarapidi. Nel dettaglio, per tenere conto dei ritardi introdotti dalla catena di apertura generale, tale tempo è stato assunto pari a  $t_{F2} = 0,1$  sec.

Fissato il tempo di eliminazione del guasto, nella tabella seguente è possibile determinare il valore della tensione di contatto massima ammissibile:

$t$	$U_{te, max}$ 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

**Fig. 10** – Tensioni di contatto ammissibili nei sistemi di trazione in c.c. in funzione del tempo di durata (CEI EN 50122) dove il valore della tensione di contatto effettiva ammissibile  $U_{te, max}$  considera una resistenza supplementare di  $1000\Omega$  per scarpe vecchie e umide.

Pertanto, di seguito vengono riassunti i limiti nelle due differenti casistiche:

CASO A: Prima dell'intervento del corto-circuitatore	$I_{t2} = 881$ kA	$U_{te, max} = 870$ V
	$t_{F2} = 0,02$ sec	
CASO B: dopo seguito dell'intervento del corto-circuitatore	$I_{t2} = 27$ A	$U_{te, max} = 625$ V
	$t_{F2} = 0,1$ sec	

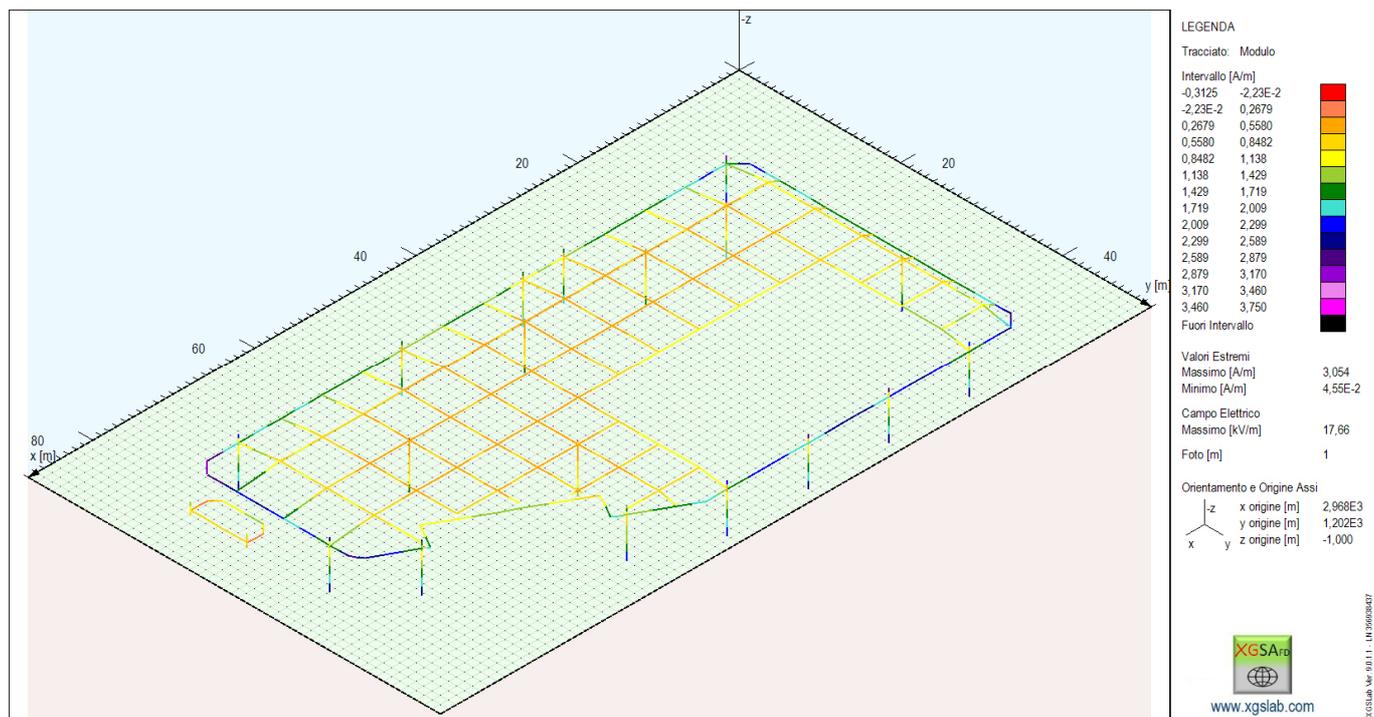
Nella norma EN 50122, non si fa riferimento alle tensioni di passo, mentre, come indicato dalla norma EN 50522 prg. 4.2.2: "È regola generale che, osservando le prescrizioni per la tensione di contatto,

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

### 7.3 Verifica delle Tensioni Ammissibili

CASO A:  $t_f = 0,02$  s - Cortocircuitore non intervenuto



**Fig. 11** – Distribuzione delle correnti disperse nel terreno a seguito di guasto

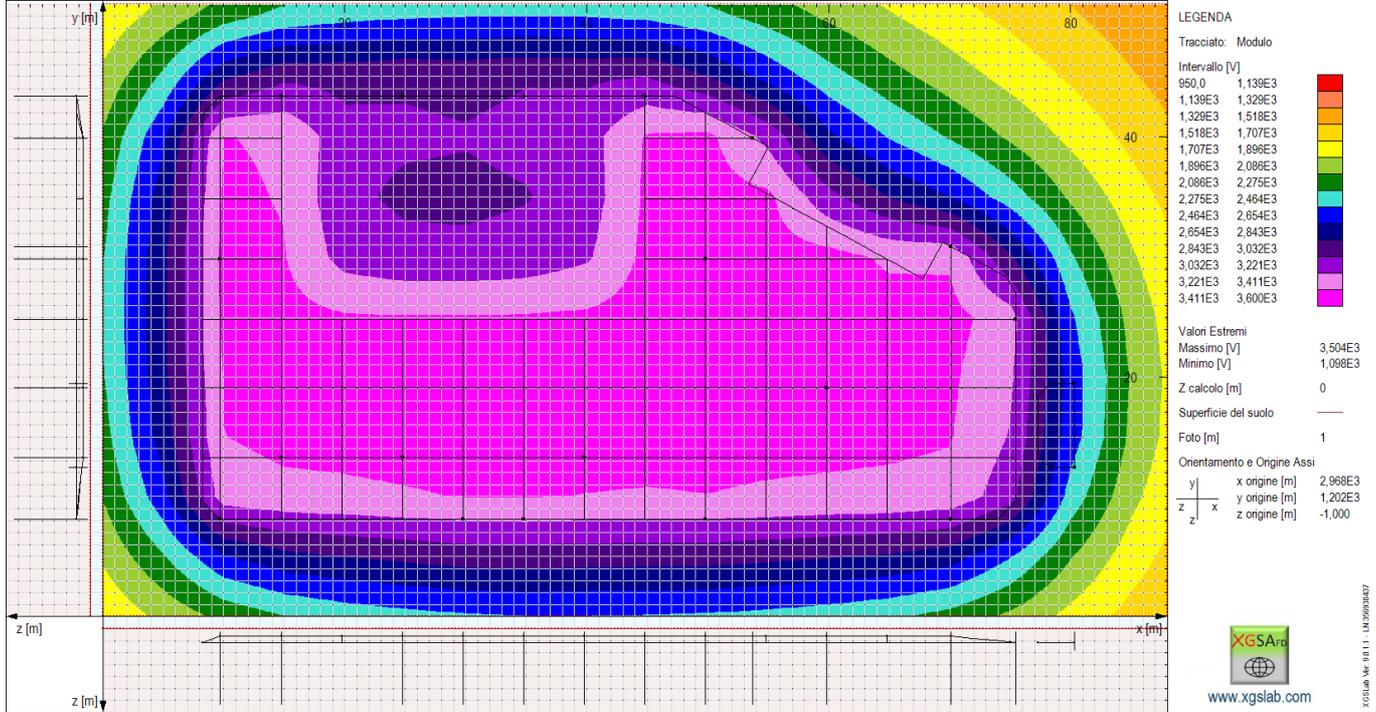


Fig. 12 – Andamento del potenziale di terra

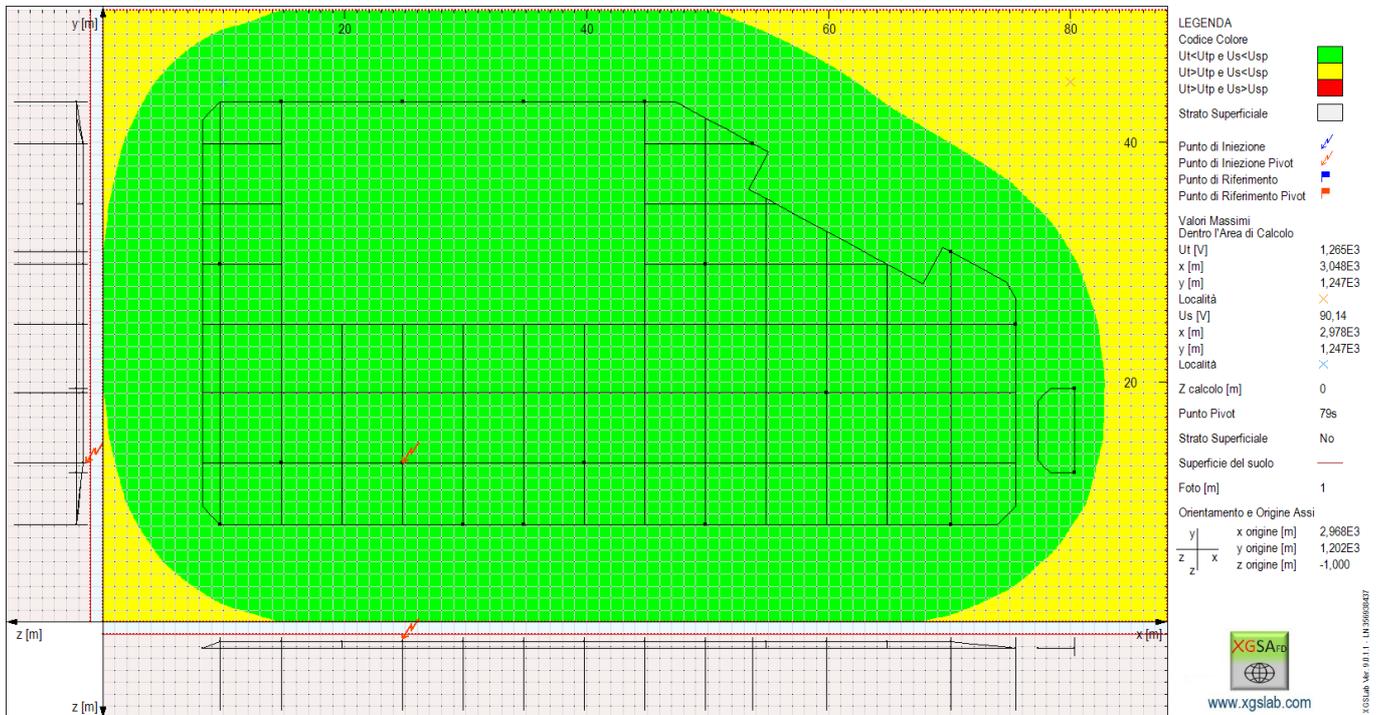
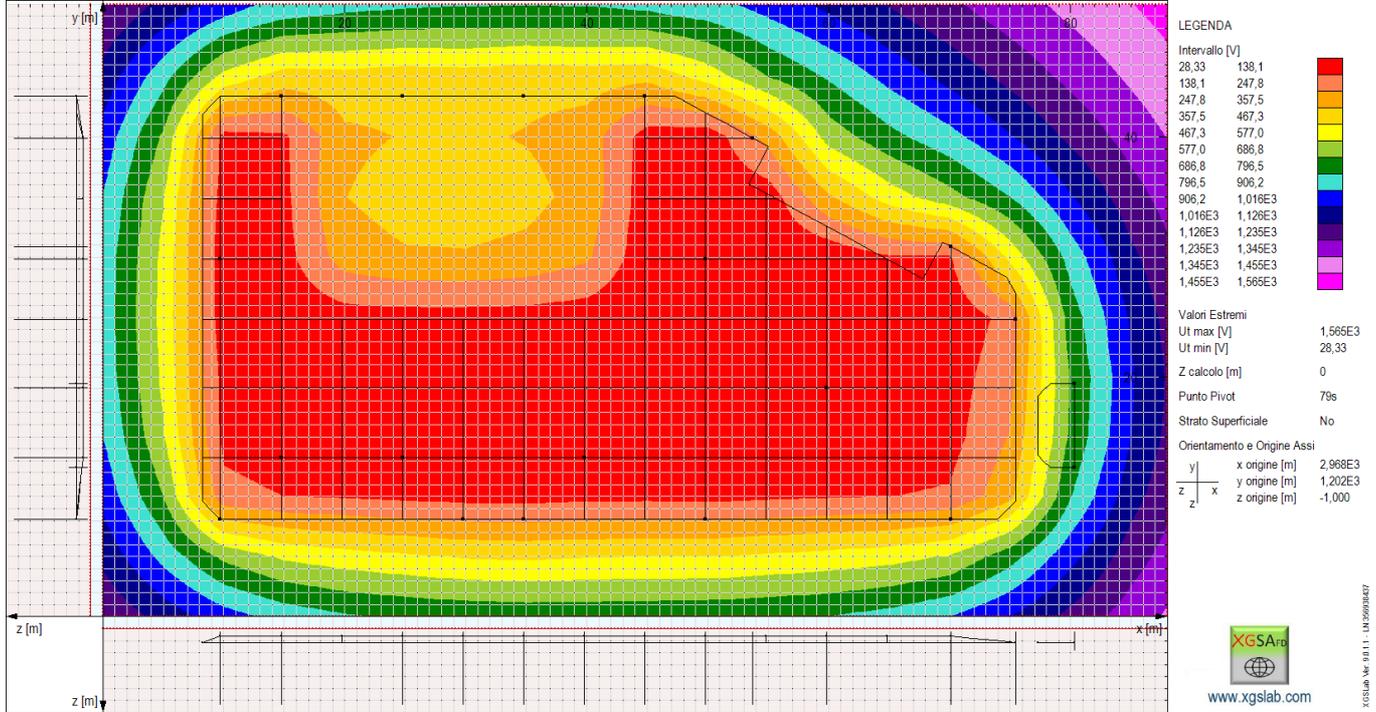
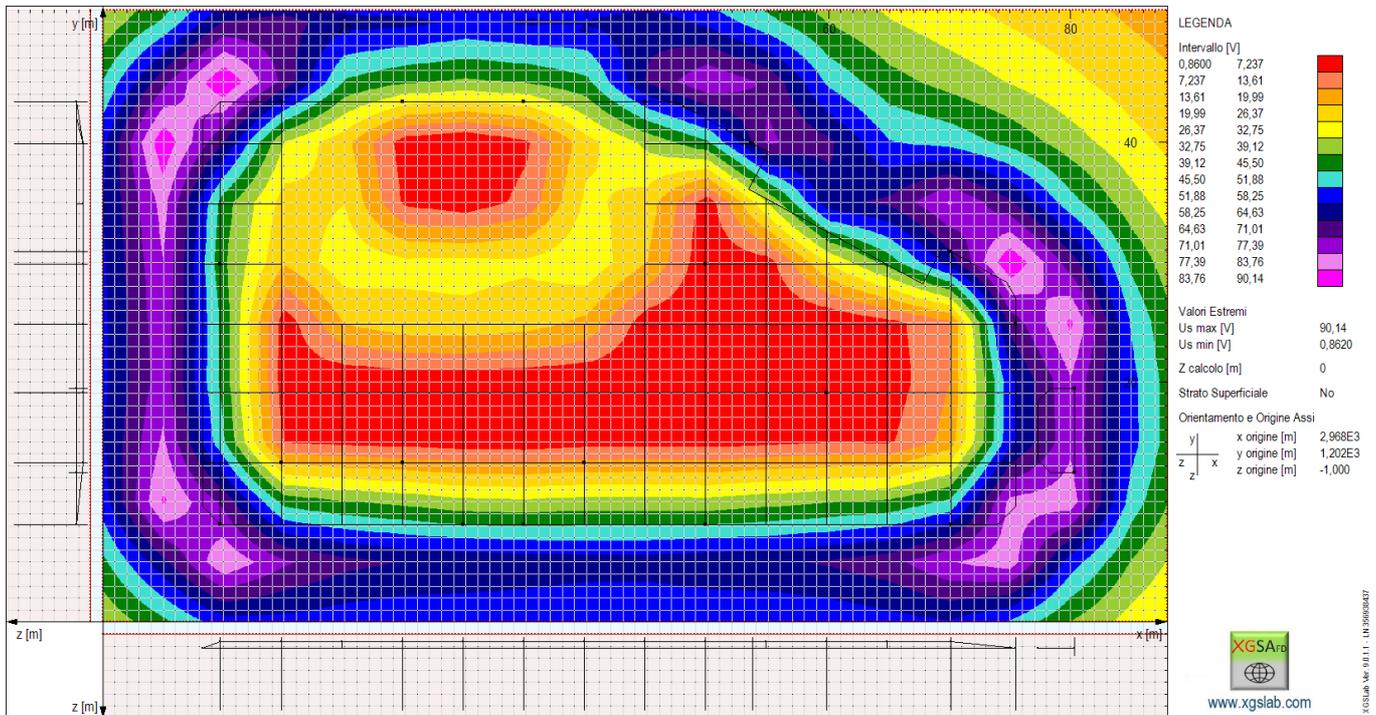


Fig. 13 – Area sicura per la quale la  $U_t < U_{te,max}$  senza considerare lo strato superficiale di ghiaia o asfalto



**Fig. 14 – Gradiente delle Tensioni di contatto Ut**



**Fig. 15 – Gradiente delle Tensioni di passo Us**

Come mostrato nel calcolo in Figura 13, prima dell'intervento del cortocircuitatore e senza considerare cautelativamente lo strato di asfalto o ghiaia superficiale, le tensioni di contatto  $U_t$  calcolate sono sempre al disotto dei limiti prescritti dalla normativa nell'area indicata in verde:

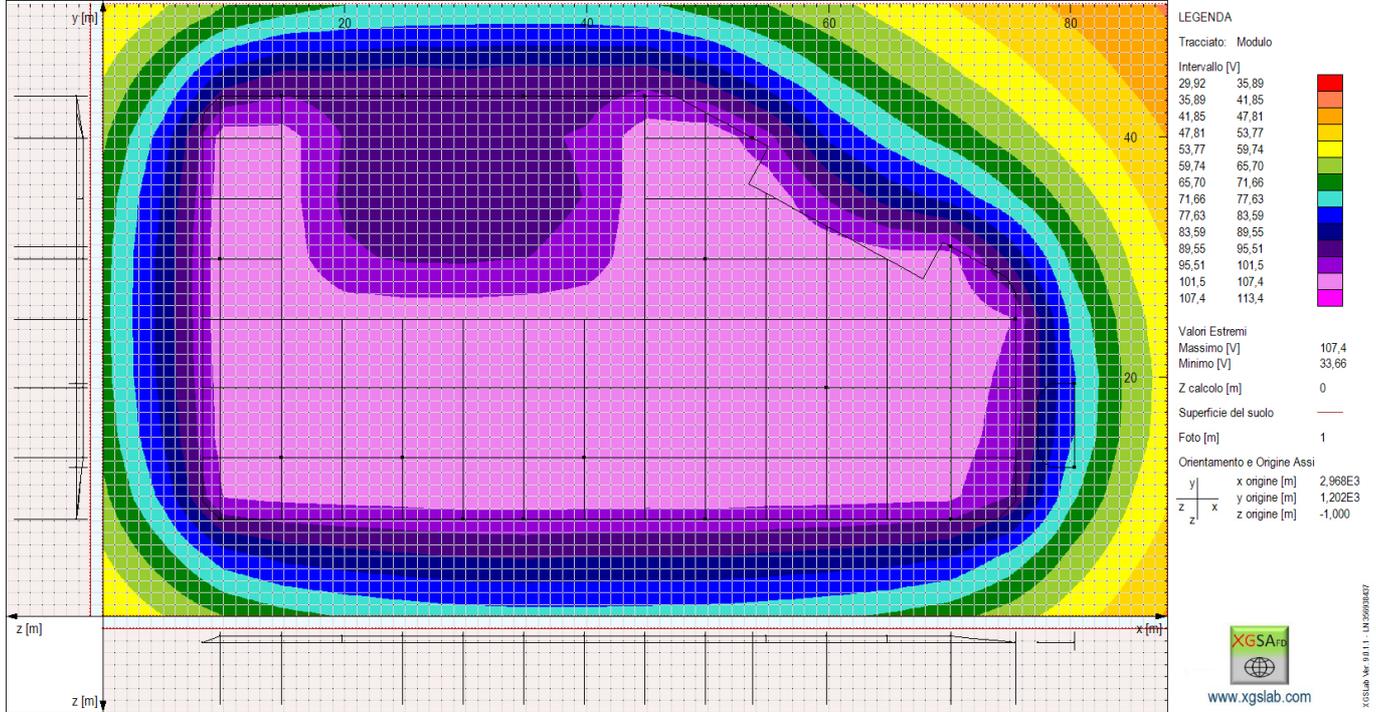
$$U_{st} < U_{te,max} = 870 \text{ V}$$

Pertanto, nelle ipotesi considerate, è possibile affermare che il dimensionamento e la geometria della maglia di terra soddisfano le prescrizioni normative.

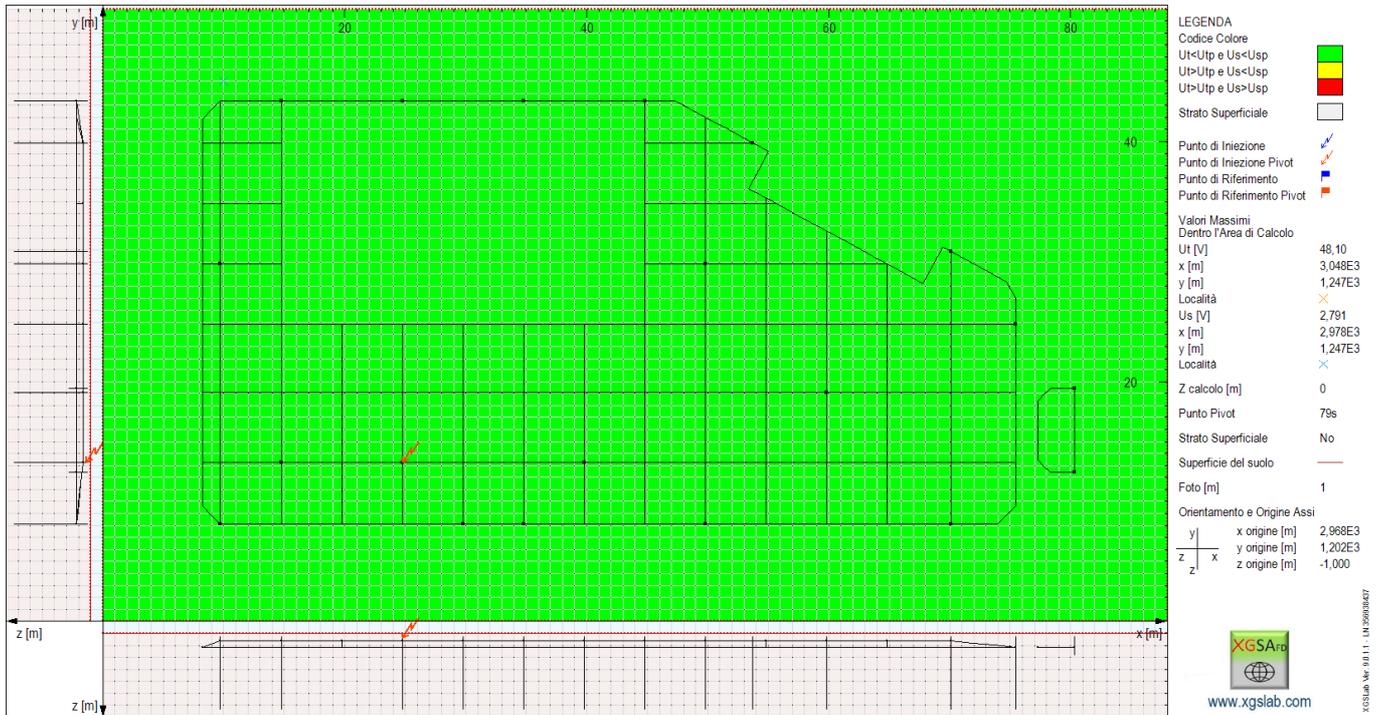
**CASO B:  $t_F = 0,1 \text{ s}$  - Cortocircuitatore intervenuto**



**Fig. 16 – Distribuzione delle correnti disperse nel terreno a seguito di guasto**



**Fig. 17 – Andamento del potenziale di terra**



**Fig. 18 – Area sicura per la quale la  $U_t < U_{t,e,max}$  senza considerare lo strato superficiale di ghiaia o asfalto**

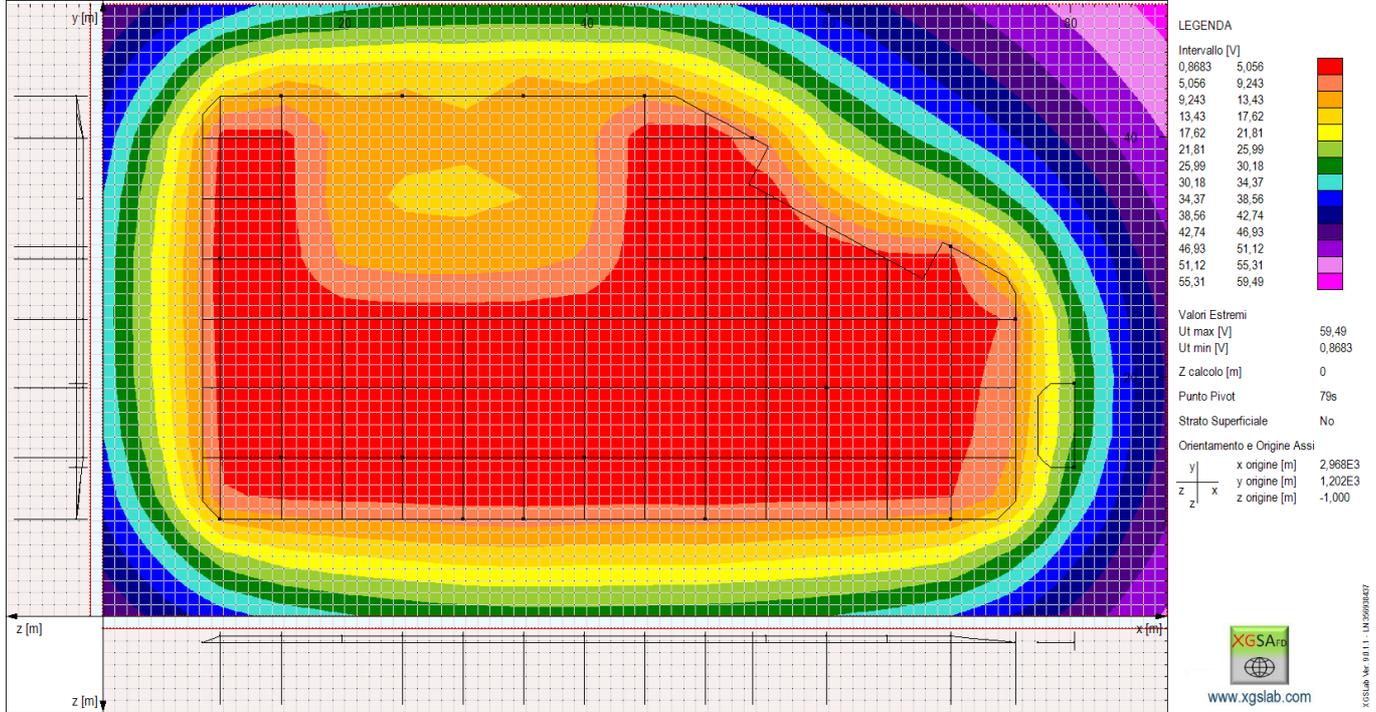


Fig. 19 – Gradiente delle Tensioni di contatto Ut

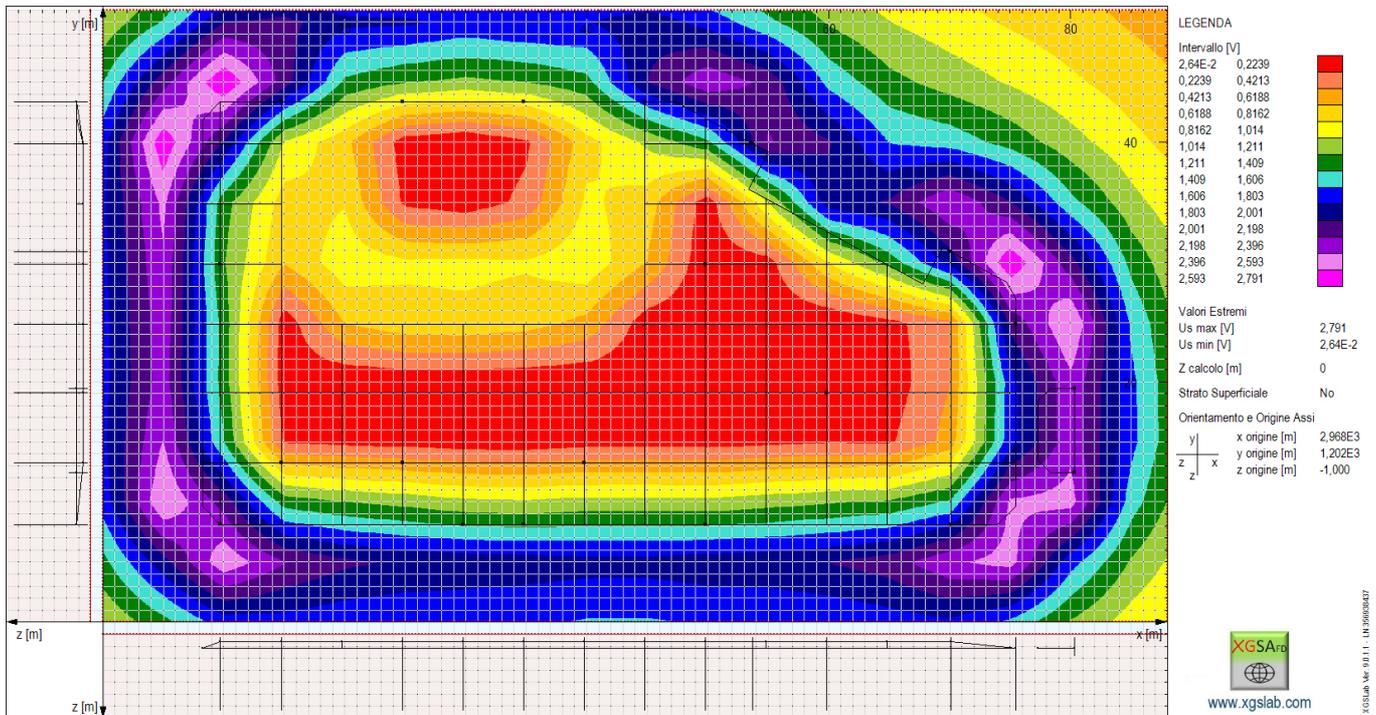


Fig. 20 – Gradiente delle Tensioni di passo Us

Come mostrato dal calcolo in Figura 18, dopo dell'intervento del cortocircuitatore e senza considerare cautelativamente lo strato di asfalto o ghiaia superficiale, le tensioni di contatto  $U_t$  calcolate sono sempre al disotto dei limiti prescritti dalla normativa nell'area indicata in verde:

$$U_{st} < U_{te,max} = 625 \text{ V}$$

Pertanto, nelle ipotesi considerate, è possibile affermare che il dimensionamento e la geometria della maglia di terra soddisfano le prescrizioni normative.

## 8. VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI DEL SISTEMA A.C.

### 8.1 Calcolo della Corrente di Guasto a Terra

In mancanza di informazioni specifiche, assumendo 20 kV come valore di tensione di fornitura in MT, la Norma CEI 0-16 indica che la corrente di guasto e il tempo di intervento delle protezioni valgono:

$$t = 10 \text{ s}$$

$$I_F = 50 \text{ A}$$

Tali valori dovranno essere confermati dall'ente fornitore dell'energia elettrica nella successiva fase progettuale.

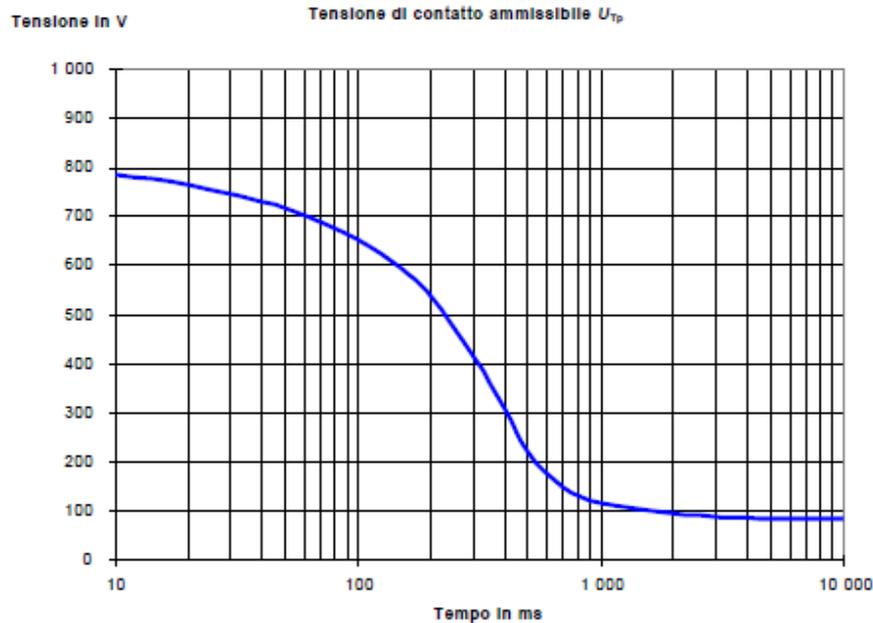
### 8.2 Limiti delle tensioni di passo e contatto

Per la verifica delle tensioni di passo e contatto a seguito di un guasto lato MT, si farà riferimento alla norma EN50522.

Il dispersore dosi dimensionato dovrà essere tale da impedire che, a seguito di un guasto a terra, in nessuna parte dell'impianto vengano superati i limiti massimi della tensione di contatto ammissibile  $U_{Tp}$ , tenendo conto del tempo di eliminazione del guasto, secondo i valori si seguito indicati:

Durata guasto $t_f$ s	Tensione di contatto ammissibile $U_{Tp}$ V
0,05	718
0,10	654
0,20	537
0,50	220
1,00	117
2,00	96
5,00	88
10,00	85

**Tab. 3** – Tensione di contatto ammissibile  $U_{Tp}$  in funzione della durata del guasto  $t_f$  (Allegato B Norma CEI 50522)



**Fig. 21** – Andamento della tensione di contatto ammissibile (Allegato B Norma CEI 50522)

Per cui come si può osservare, per un tempo di intervento delle protezioni pari a 10s il valore limite della  $U_{tp}$  e  $U_{sp}$  prescritti dalla norma sono pari a:

$$U_{tp}: 85 \text{ V}$$

$$U_{sp}: 170 \text{ V}$$

Come indicato dalla norma (Cap. 5.4.1 EN 50522), i limiti delle tensioni di contatto ammissibili riportati in tabella 6 sono basati soltanto sul contatto mano-mano nude o mano nuda – piedi nudi; al riguardo l'allegato A della norma CEI 50522 afferma che è ammesso il calcolo dei suddetti parametri tenendo conto anche delle resistenze addizionali quali ad es. scarpe, materiali ad alta resistività sul piano di calpestio, ecc.

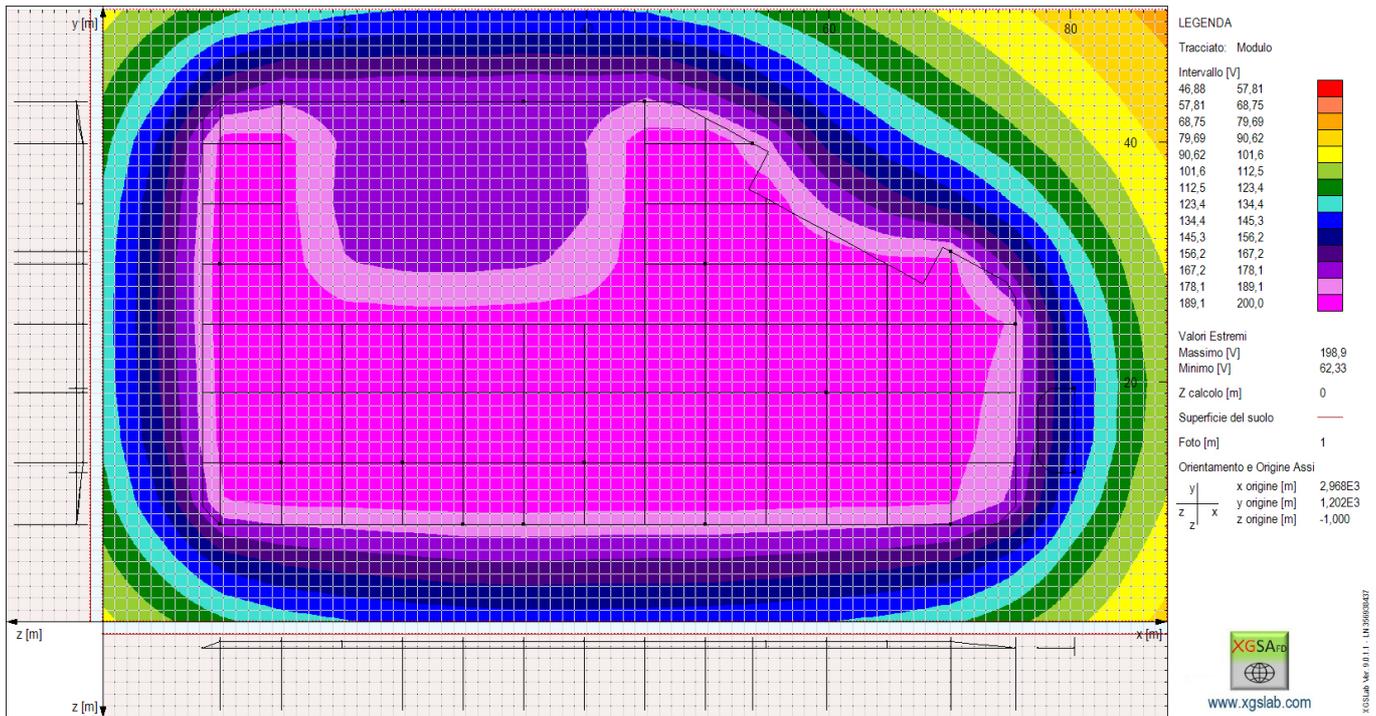
In particolare, per la configurazione in oggetto il programma di calcolo suggerisce i seguenti limiti:

- Tensione di Contatto ammissibile a vuoto  $U_{stp} = 100,63 \text{ V}$  considerando  $1000\Omega$  per scarpe vecchie e umide;
- Tensione di Passo ammissibile a vuoto  $U_{ssp} = 476,89 \text{ V}$  considerando  $1000\Omega$  per scarpe vecchie e umide;
- Tensione di Contatto ammissibile a vuoto considerando lo strato superficiale SCL e  $1000\Omega$  per scarpe vecchie e umide  $U_{stp} + \text{SCL} = 628,64 \text{ V}$ ;
- Tensione di Passo ammissibile a vuoto considerando lo strato superficiale SCL e  $1000\Omega$  per scarpe vecchie e umide  $U_{ssp} + \text{SCL} = 7975,40 \text{ V}$

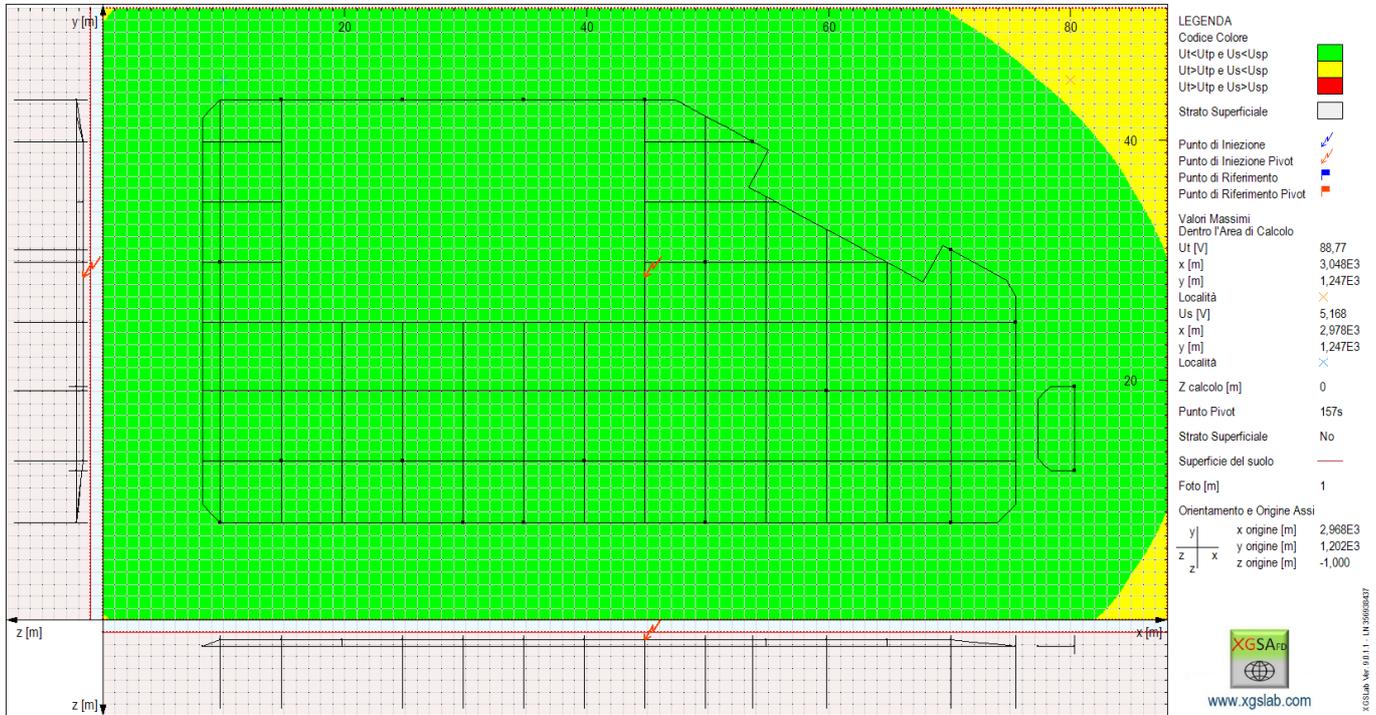
### 8.3 Verifica delle tensioni ammissibili



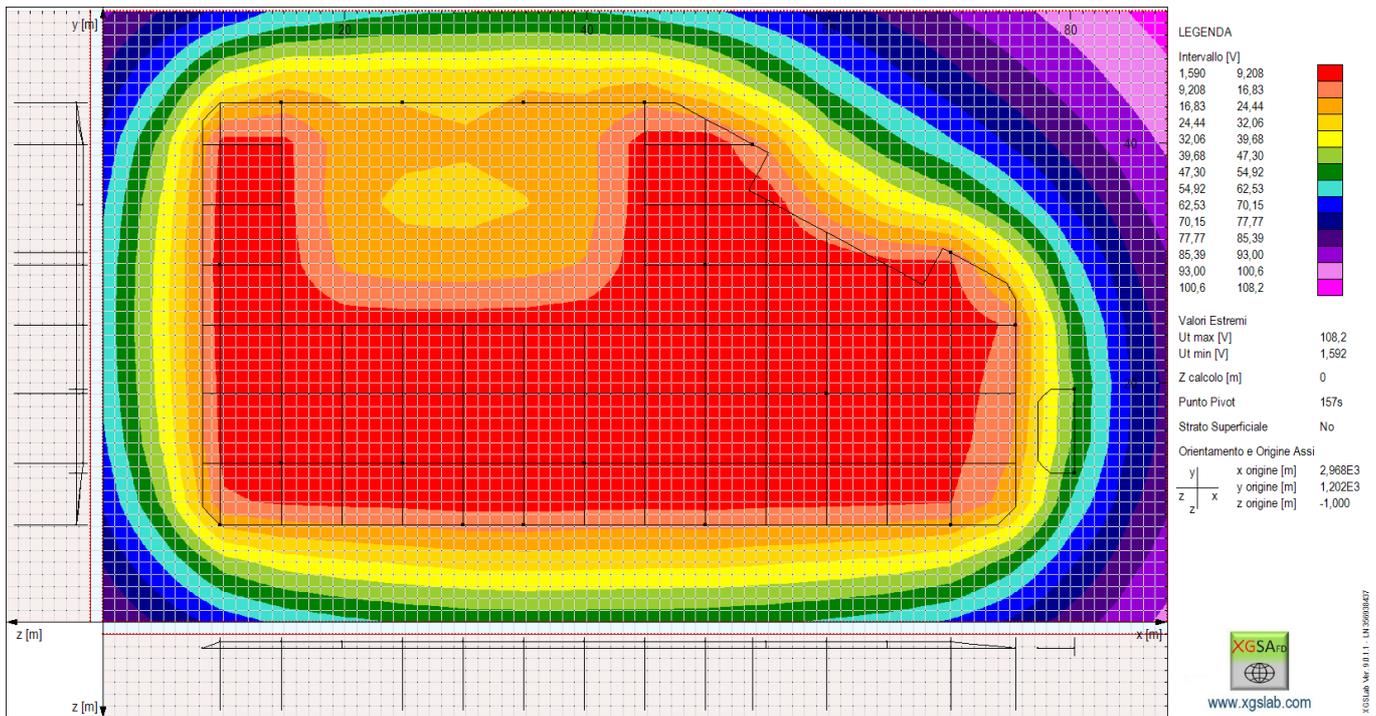
**Fig. 22 – Distribuzione delle correnti disperse nel terreno a seguito di guasto**



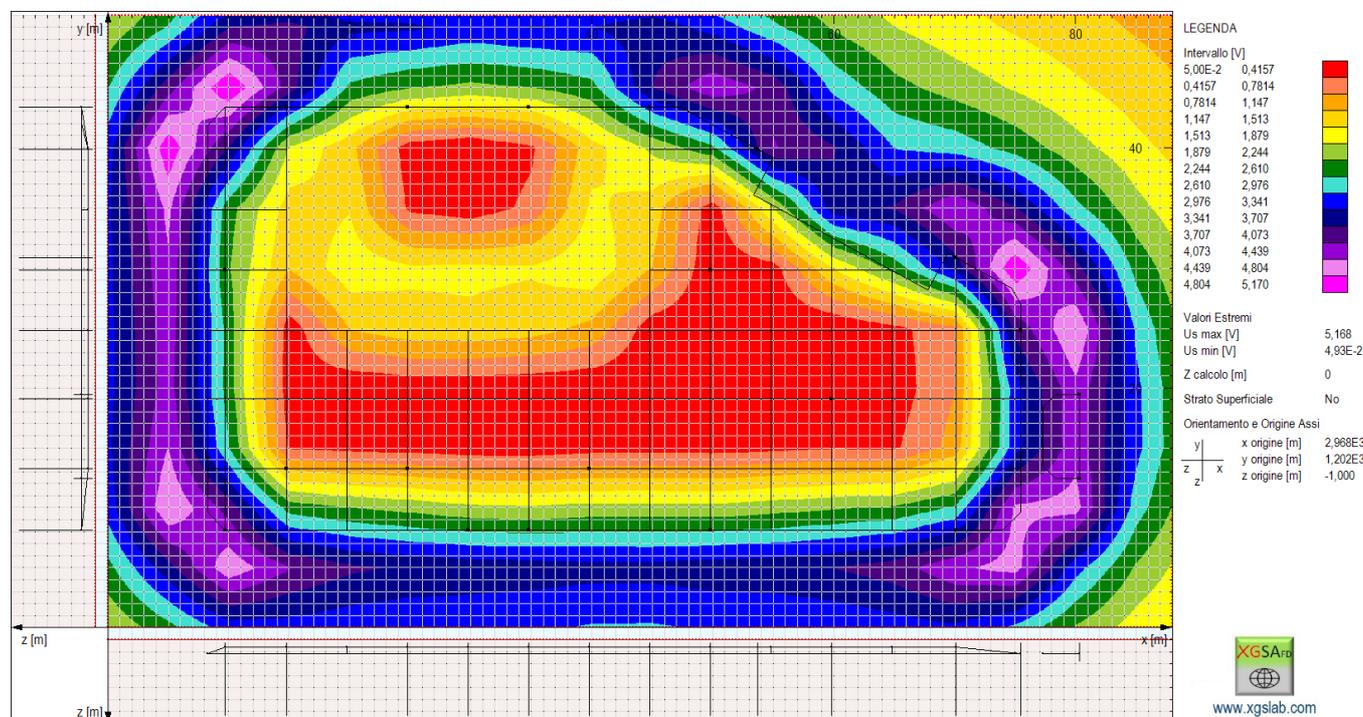
**Fig. 23 – Andamento del potenziale di terra**



**Fig. 24** – Area sicura per la quale la  $U_{st} < U_{stp}$  ed  $U_{ss} < U_{ssp}$  senza considerare lo strato superficiale di ghiaia o asfalto



**Fig. 25** – Andamento delle tensioni di contatto  $U_{st}$



**Fig. 26 – Andamento delle tensioni di contatto Ust**

Come mostrato dal calcolo riportato in Figura 24, senza considerare cautelativamente lo strato di asfalto o ghiaia superficiale, le tensioni di passo e contatto calcolate a vuoto sono sempre al disotto dei limiti prescritti dalla normativa nell'area indicata in verde, risultando:

$$U_{st} < U_{stp} = 100,63 \text{ V}$$

$$U_{ss} < U_{ssp} = 476,89 \text{ V}$$

Pertanto, nelle ipotesi considerate, è possibile affermare che il dimensionamento e la geometria della maglia di terra soddisfano le prescrizioni normative.

## 9. 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:

Materiale		Tipo di dispersore	Dimensione minima				
			Corpo			Rivestimento/guaina	
			Diame- tro mm	Sezio- ne mm <sup>2</sup>	Spes- sore mm	Valori singoli µm	Valori medi µm
Acciaio	Zincato a caldo	Piattina <sup>(b)</sup>		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 <sup>(a)</sup>	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 <sup>(c)</sup>			
		Corda	1,8 <sup>(d)</sup>	25			
		Tubo	20		2		
	Stagnato	Corda	1,8 <sup>(d)</sup>	25		1	5
	Zincato	Piattina		50	2	20	40
		Con guaina di piombo <sup>(a)</sup>	Corda	1,8 <sup>(d)</sup>	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 mm<sup>2</sup>.  
 (d) Per fili singoli.

**Fig. 17** – Dimensioni minime dei conduttori al fine di garantire la resistenza meccanica e alla corrosione (CEI EN 50522 – Allegato C)

Quindi nel caso di conduttore in corda di rame, la sezione minima indicata dalla norma è pari a 25 mm<sup>2</sup>, per cui avendo scelto per l'impianto in oggetto conduttori di rame nudo da 120 mm<sup>2</sup> la prescrizione risulta essere verificata.

## 10. DIMENSIONAMENTO CON RIFERIMENTO AL COMPORTAMENTO TERMICO

In funzione del valore stabilito per la corrente di guasto a terra, e della durata della stessa, può essere eseguita la verifica della sezione scelta per il conduttore utilizzato per la costruzione della maglia, in accordo a quanto 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:

$$A = \frac{I}{k} \sqrt{\frac{t}{\ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right)}}$$

Dove:

A	[mm <sup>2</sup> ]	Sezione trasversale del conduttore
I = I <sub>F</sub> * k <sub>M</sub>	[A]	Corrente di guasto
k <sub>M</sub>		Fattore di divisione
I <sub>F</sub>	[A]	Corrente di guasto a terra
t	[s]	tempo di permanenza del guasto
k <sub>M</sub>		fattore di divisione
k	[A mm <sup>-2</sup> s <sup>1/2</sup> ]	costante che dipende dal materiale
β	[°C]:	reciproco del coefficiente di temperatura della resistenza del conduttore a 0°C
θ <sub>i</sub>	[°C]:	temperatura iniziale del conduttore
θ <sub>f</sub>	[°C]:	temperatura finale del conduttore

Ora considerando come conduttore una corda di rame, la norma CEI EN 50522 indica che i coefficienti k e β valgono rispettivamente:

$$k = 226$$

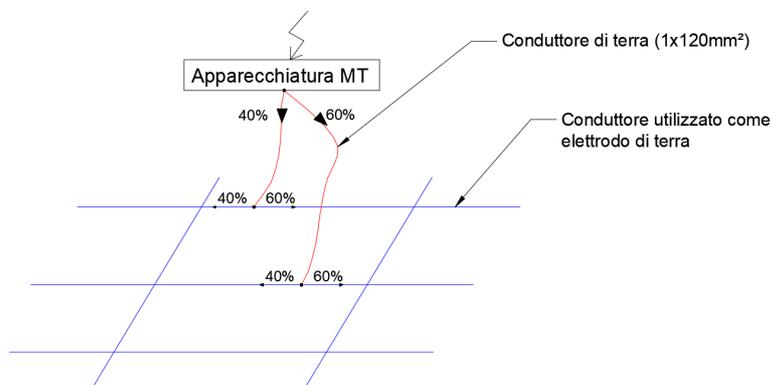
$$\beta = 234,5$$

Inoltre, come indicato nella suddetta norma, è possibile considerare i seguenti valori di temperature per il conduttore del sistema di messa a terra:

$$\theta_i = 20 \text{ °C}$$

$$\theta_f = 300 \text{ °C}$$

Ciascuna struttura metallica di sostegno agli apparati MT (3kV) sarà connessa al sistema di messa a terra attraverso due conduttori da 120mm<sup>2</sup> connessi in due punti differenti dell'impianto. Con questa configurazione è possibile affermare che la corrente di guasto si dividerà nei diversi conduttori.


**Fig. 20 – Fattore di divisione k<sub>M</sub>**

Come mostrato dalla figura, in via cautelativa è stato considerato un conduttore più carico rispetto l'altro assumendo un valore k<sub>M</sub>.

Nella seguente tabella sono indicati i valori delle sezioni minime del conduttore di terra utilizzato per realizzare l'anello perimetrale e la maglia superficiale, calcolati prendendo a riferimento le seguenti correnti di corto circuito:

$I_F$  sistema c.c. = 881 A (valore calcolato precedentemente)

$I_F$  sistema c.a. = 13500 A (valore di  $I_{cw}$  per 250 ms preso nei dati di targa del trasformatore di gruppo riportati nella specifica RFI DTC STS ENE SP IFS SS 182 A)

pertanto per il sistema in c.c.:

Conduttore di Terra									
IF [A]	kM	I [A]	k	tf [sec]	b	θf	θi	Sezione trasversale minima - A [mm <sup>2</sup> ]	Sezione trasversale utilizzata - A [mm <sup>2</sup> ]
881	0,6	528,6	226	0,1	234,5	300	20	0,9	120

Conduttore di terra utilizzato come elettrodo di terra (Maglia di terra)									
IF [A]	kM	I [A]	k	tf [sec]	b	θf	θi	Sezione trasversale minima - A [mm <sup>2</sup> ]	Sezione trasversale utilizzata - A [mm <sup>2</sup> ]
528,6	0,6	317,16	226	0,1	234,5	300	20	0,5	120

mentre per il sistema c.a.:

Conduttore di Terra									
IF [A]	kM	I [A]	k	tf [sec]	b	$\theta_f$	$\theta_i$	Sezione trasversale minima - A [mm <sup>2</sup> ]	Sezione trasversale utilizzata - A [mm <sup>2</sup> ]
13500	0,6	8100	226	0,25	234,5	300	20	20,8	120

Conduttore di terra utilizzato come elettrodo di terra (Maglia di terra)									
IF [A]	kM	I [A]	k	tf [sec]	b	$\theta_f$	$\theta_i$	Sezione trasversale minima - A [mm <sup>2</sup> ]	Sezione trasversale utilizzata - A [mm <sup>2</sup> ]
8100	0,6	4860	226	0,25	234,5	300	20	12,5	120

**Tab. 4** – Calcolo della sezione minima dei conduttori di terra

Come si può osservare dal calcolo svolto, la sezione della corda di rame scelta nel progetto è ampiamente sovradimensionata rispetto a quella minima prescritta dalla normativa, in relazione alle sollecitazioni termiche ed alla loro resistenza meccanica; Tale sezione viene normalmente impiegata negli impianti ferroviari, sia per la facile reperibilità del conduttore (corde portanti per TE) sia per tenere conto della eventualità che sui conduttori stessi si verifichino migrazioni di materiale per effetto delle corrosioni elettrolitiche prodotte dalle correnti vaganti.

## 11. 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.

Pertanto, la verifica finale e le prove ad impianto costruito da effettuare in sito secondo gli allegati H, L ed M della norma EN 50522, sono necessarie e fondamentali.

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 l'impianto di terra della SSE dovrà essere verificata a scadenze non superiori di 5 anni analizzando l'efficienza dell'impianto di terra mediante le seguenti prove periodiche previste dalla specifica DPR.MO.SL.13:

- 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.