

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:

Cepav due
Consorzio ENI per l'Alta Velocità



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA TRATTA MILANO – VERONA
LOTTO FUNZIONALE BRESCIA – VERONA
PROGETTO ESECUTIVO
CABINA TE BRESCIA EST
RELAZIONE RETE DI TERRA**

| | | | | |
|----------------------------|------------------------|------------------------|--|-------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | DIRETTORE LAVORI | | SCALA: - |
| IL PROGETTISTA INTEGRATORE | Consorzio Cepav due | Valido per costruzione | | |
| Data: | Data: | Data: | | |

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

I N O R 1 2 E E 2 1 R S E 5 3 0 0 K 0 2 A 0 0 1 0 1 4

| | | |
|--|-------------------------|-----------|
| | VISTO CONSORZIO SATURNO | |
| | Firma | Data |
| | | 21-07-'23 |

| Progettazione : | | | | | | | | |
|-----------------|-------------|---------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------------|
| Rev | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | IL PROGETTISTA |
| A | EMISSIONE | | 21-07-'23 | | 21-07-'23 | | 21-07-'23 | |
| B | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | |

Data: 21-07-'23

| | |
|-----------------|-----------------------------------------------------|
| CIG. 751447334A | File: INOR12EE21RSE5300K02A00.DOCX Cod. origine: |
|-----------------|-----------------------------------------------------|



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008

| | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------|-----------|-------------------|
| GENERAL CONTRACTOR Cepav due Consorzio ENI per l'Alta Velocità  | CONSORZIO SATURNO High Speed Railway Technologies  | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | | |
| | | Progetto INOR | Lotto 12 | Codifica Documento EE21RSE5300K02 | Rev. A | Foglio 2 di 14 |

INDICE

| | | |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. | GENERALITÀ | 3 |
| 1.1 | SCOPO..... | 3 |
| 2. | RIFERIMENTI..... | 3 |
| 2.1 | Norme di riferimento | 3 |
| 2.2 | Elaborati di riferimento..... | 4 |
| 3. | CRITERI PROGETTUALI..... | 5 |
| 4. | COSTITUZIONE DELL'IMPIANTO | 7 |
| 4.1 | Impianto di terra di piazzale | 7 |
| 4.2 | Impianto di terra del fabbricato di cabina TE | 8 |
| 5. | DIMENSIONAMENTO | 9 |
| 5.1 | Generalità relative al calcolo della resistenza di terra del dispersore | 9 |
| 5.2 | Modellizzazione del suolo..... | 9 |
| 5.3 | Resistenza della maglia di terra..... | 11 |
| 5.4 | Valore della tensione di contatto massimo ammesso per guasto in c.c..... | 12 |
| 5.5 | Verifica della sezione del conduttore di terra e del dispersore in caso di guasto in c.c. | 13 |
| 6. | PROVVEDIMENTI RELATIVI ALLA MAGLIA DI TERRA | 14 |
| 7. | CONCLUSIONI..... | 14 |

| | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------|-----------|-------------------|
| GENERAL CONTRACTOR Cepav due Consorzio ENI per l'Alta Velocità  | CONSORZIO SATURNO High Speed Railway Technologies  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | | |
| | | Progetto INOR | Lotto 12 | Codifica Documento EE21RSE5300K02 | Rev. A | Foglio 3 di 14 |

1. GENERALITÀ

1.1 SCOPO

Scopo del documento è la valutazione delle tensioni accessibili in caso di guasto, nella cabina TE di Brescia Est, appartenente alla tratta AV/AC Brescia-Verona.

Essa è collocata alla PK 94+317 LS / 105+217 AV BP e sita nel Comune di Brescia (BS).

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.

2. RIFERIMENTI

2.1 Norme di riferimento

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:

- **CEI EN 61936-1** Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in c.a. Parte 1: Prescrizione comuni
- **CEI EN 50522** Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV c.a.
- **ANSI / IEEE Std 80** Guide for Safety in AC Substation Grounding
- **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
- **CEI EN 50388-1** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi e materiale rotabile - Criteri tecnici per il coordinamento tra sistemi di alimentazione per trazione elettrica e materiale rotabile per ottenere l'interoperabilità
- **DPR MO SL 07 1 1** Verifica degli impianti di terra di protezione delle linee di contatto 3kVcc e 25kVca, delle cabine TE 3kVcc e dei posti di parallelo 25kVca
- **RFI DMA IM LA SP IFS 370 A** Dispositivo di collegamento del negativo 3kVcc all'impianto di terra di SSE e cabine TE

| | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------|-----------|-------------------|
| GENERAL CONTRACTOR Cepav due Consorzio ENI per l'Alta Velocità  | CONSORZIO SATURNO <i>High Speed Railway Technologies</i>  | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | | |
| | | Progetto INOR | Lotto 12 | Codifica Documento EE21RSE5300K02 | Rev. A | Foglio 4 di 14 |

2.2 Elaborati di riferimento

Per quanto non esplicitamente indicato, saranno in ogni caso 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.

Per i riferimenti progettuali impliciti, sono stati presi in esame gli elaborati di progetto qui di seguito elencati:

| | |
|----------------------|------------------------------------------------------------|
| INOR12EE22LSE5300K10 | CABINA TE BRESCIA EST PLANIMETRIA RETE DI TERRA PIAZZALE |
| INOR12EE22LSE5300K11 | CABINA TE BRESCIA EST PLANIMETRIA RETE DI TERRA FABBRICATO |

| | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------|
| GENERAL CONTRACTOR Cepav due Consorzio ENI per l'Alta Velocità  | | CONSORZIO SATURNO High Speed Railway Technologies  | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | | Progetto INOR | Lotto 12 | Codifica Documento EE21RSE5300K02 | Rev. A | Foglio 5 di 14 |

3. CRITERI PROGETTUALI

L'impianto di terra della cabina TE sarà progettato secondo i riferimenti sopra richiamati e soddisferà le seguenti prescrizioni:

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

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

- Valore della corrente di guasto a terra
- Durata del guasto a terra
- Caratteristiche del terreno.

In un impianto con diversi livelli di tensione, le prescrizioni precedenti devono essere soddisfatte per ciascuno dei sistemi di tensione.

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

A tale impianto devono essere collegate le parti metalliche (masse e masse estranee) o altro punto dell'impianto per cui è prescritto il collegamento a terra (centro stella del trasformatore dei servizi ausiliari, ad esempio).

L'impianto di messa a terra in oggetto è destinato a realizzare il sistema di protezione dai contatti indiretti. Tale sistema, denominato "Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione", è il solo metodo ammesso per gli impianti elettrici alimentati da sistemi di categoria superiore alla I.

Nel piazzale e nel fabbricato della cabina TE, i rischi dai quali proteggere le persone derivano principalmente dal sistema a 3 kVc.c.

Se una qualsiasi apparecchiatura appartenente a tale sistema diviene sede di un guasto, può verificarsi il "tensionamento" indebito di "masse" e/o "masse estranee" normalmente non in tensione e con il conseguente il pericolo di contatti indiretti.

Per attuare un'efficace protezione contro questi rischi, la normativa vigente prevede che tutte le masse (e le masse estranee) del sistema siano collegate direttamente e stabilmente all'impianto di terra.

È inoltre previsto un collegamento, attraverso un dispositivo cortocircuitatore (RFI DMA IM LA SP IFS 370 A), 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, riducendo di conseguenza la quantità 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 che si stabiliscono durante il guasto si mantengano, in ogni caso, al di sotto dei valori consentiti dalle norme.

Verrà assunto come dimensionante il guasto 3kVcc, antecedente la chiusura del cortocircuitatore.

Un guasto sul 3kVcc provoca l'immediato intervento del limitatore di tensione al superamento dei valori di tensione limite di contatto ammessi dalla normativa. Il limitatore di tensione determina un collegamento

| | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------|-----------|-------------------|
| GENERAL CONTRACTOR Cepav due Consorzio ENI per l'Alta Velocità  | CONSORZIO SATURNO High Speed Railway Technologies  | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | | |
| | | Progetto INOR | Lotto 12 | Codifica Documento EE21RSE5300K02 | Rev. A | Foglio 6 di 14 |

metallico tra il negativo e l'impianto di terra che stabilisce un cortocircuito tra positivo e negativo. L'intensità della corrente di guasto in c.c. e il tempo di eliminazione è stato utilizzato per il dimensionamento termico dei conduttori della maglia di terra, tale verifica risulta essere la più significativa da eseguire.

Poiché all'interno del fabbricato esistono altri impianti elettrici utilizzatori, anche per essi occorrerà prevedere la messa a terra di sicurezza.

In relazione al fatto che il fabbricato e tutti gli impianti residenti cadono all'interno del piazzale di SSE e che pertanto non è possibile realizzare per essi impianti di terra elettricamente indipendenti dal precedente, l'impianto di messa a terra è UNICO e ad esso saranno collegate tutte le masse e le masse estranee delle apparecchiature presenti all'interno del fabbricato.

Le masse metalliche all'interno del fabbricato saranno invece collegate al dispersore tramite apposito relè di massa, il quale ha la funzione di comandare l'immediato intervento 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 personale.

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

| | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------|-----------|-------------------|
| GENERAL CONTRACTOR Cepav due Consorzio ENI per l'Alta Velocità  | CONSORZIO SATURNO High Speed Railway Technologies  | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | | |
| | | Progetto INOR | Lotto 12 | Codifica Documento EE21RSE5300K02 | Rev. A | Foglio 7 di 14 |

4. COSTITUZIONE DELL'IMPIANTO

4.1 Impianto di terra di piazzale

L'impianto di terra del piazzale è costituito essenzialmente da un dispersore orizzontale a rete magliata realizzato in corda di rame nudo da 120 mm², interrato a circa 0,8 m di profondità in corrispondenza delle zone interne del piazzale e a 1,2 m di profondità in corrispondenza dell'anello perimetrale.

Tale sezione è ampiamente sovrabbondante rispetto a quella minima prescritta dalla normativa riguardo al riscaldamento dei conduttori, alla loro resistenza meccanica agli urti e usure varie.

Tuttavia, essa è normalmente impiegata negli impianti ferroviari, sia per la facile reperibilità del conduttore (corde portanti per TE) sia per tenere conto delle eventuali perdite di materiale per effetto delle corrosioni elettrolitiche prodotte dalle correnti vaganti.

La dimensione delle singole maglie è mediamente di 2,5 m x 2,5 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, è oggetto di verifica del presente calcolo.

L'impianto è integrato da una serie di dispersori verticali costituiti da puntazze di acciaio zincato infisse nel terreno.

La recinzione perimetrale e i chiusini non saranno collegata alla maglia di terra.

Le paline luce, dal momento che saranno in VTR, non necessitano del collegamento equipotenziale.

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 e in modo da mantenere ben all'interno della recinzione l'elemento disperdente più periferico (cioè il conduttore perimetrale). Questi accorgimenti servono per evitare l'insorgere di tensioni pericolose nel suolo degli ambienti esterni limitrofi.

Inoltre, dovrà avere un andamento il più possibile morbido e regolare al fine di evitare la presenza di vertici o antenne che favorirebbero lo stabilirsi di zone ad intensa attività disperdente e conseguenze indesiderabili sul gradiente di potenziale che si stabilisce nel terreno.

Per lo stesso motivo, gli eventuali elementi del cancello metallico di accesso al piazzale non saranno collegati alla rete di terra ma dotati di un dispersore proprio. Tale accorgimento si rende necessario al fine evitare che le strutture metalliche possano assumere potenziali pericolosi per gli estranei all'impianto.

| | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------|-----------|-------------------|
| GENERAL CONTRACTOR Cepav due Consorzio ENI per l'Alta Velocità  | CONSORZIO SATURNO <i>High Speed Railway Technologies</i>  | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | | |
| | | Progetto INOR | Lotto 12 | Codifica Documento EE21RSE5300K02 | Rev. A | Foglio 8 di 14 |

4.2 Impianto di terra del fabbricato di cabina TE

Per quanto riguarda l'impianto di terra del fabbricato, la sua realizzazione consisterà in:

- installazione di collettori di terra in piatto di rame 280x40mm (spessore 5 mm)
- esecuzione delle derivazioni di terra, con corda isolata FG17 1x120mm² giallo verde e/o piatto di rame 50x4mm, dalle masse metalliche fisse al collettore
- installazione di un relè di massa diretto elettromeccanico in cella misure-negativi 3kVcc
- posa e collegamento di N.4 Cavi TACSR Φ 19,62 , dal relè di massa suddetto 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 (ante di celle ed armadi)
 - 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 autoestingente, ed il fissaggio a parete dovrà essere eseguito con viti in acciaio e tasselli in PVC.

| | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------|
| GENERAL CONTRACTOR Cepav due Consorzio ENI per l'Alta Velocità | | CONSORZIO SATURNO High Speed Railway Technologies | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | | Progetto INOR | Lotto 12 | Codifica Documento EE21RSE5300K02 | Rev. A | Foglio 9 di 14 |

5. DIMENSIONAMENTO

5.1 Generalità relative al calcolo della resistenza di terra del dispersore

Per la modellizzazione della rete di terra, per la determinazione del modello di resistività del suolo e per la determinazione della resistenza di terra è utilizzato il programma di calcolo della società CYME INTERNATIONAL INC. (3 Burlington Woods, 4th Floor, Burlington, MA 01803-0269 U.S.A.) "CYMGRD 6.5 rev.2", ampiamente referenziato in tutto il mondo.

Il programma si può applicare in molti casi, sia per reti simmetriche che per reti asimmetriche ed utilizza il metodo degli elementi finiti.

La determinazione delle tensioni di passo e di contatto è in accordo con il metodo raccomandato dalla norma ANSI/IEEE Std. 80/2000.

I dati di input del programma sono: la geometria della maglia di terra, le caratteristiche del terreno, il tempo di interruzione del guasto e l'intensità della corrente verso terra.

Il risultato dell'elaborazione è la misura della resistenza di terra.

5.2 Modellizzazione del suolo

Per la determinazione della resistenza di terra R_T del dispersore è essenziale conoscere il valore ρ_t della resistività del terreno. Al riguardo, poiché alla data in cui viene compilata la presente relazione di progetto l'area che accoglierà la nuova cabina TE non è stata ancora definitivamente formata, non è stato possibile eseguire misure utili della resistività elettrica, in accordo a quanto indicato nella tabella J.1 dell'allegato J (Norma CEI EN 50522):

| Tipo di terreno | Resistività del terreno ρ_E Ωm | |
|---------------------------|------------------------------------------------|---------|
| 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 | |

Resistività del terreno per correnti alternate (Allegato J Norma CEI EN 50522)

Dall'analisi delle caratteristiche del terreno risultanti dai sondaggi effettuati nell'area di sottostazione, è stato assunto cautelativamente un valore di resistività media del terreno pari a:

$$\rho_t = 400 \Omega m^1$$

Al fine delle verifiche, in via cautelativa, si ipotizza che l'asfalto del piazzale sia bagnato, con un valore di resistività ρ_s pari a 10000 Ωm (cfr. Tab. 7 standard IEEE 80 – asfalto umido e ghiaia umida).

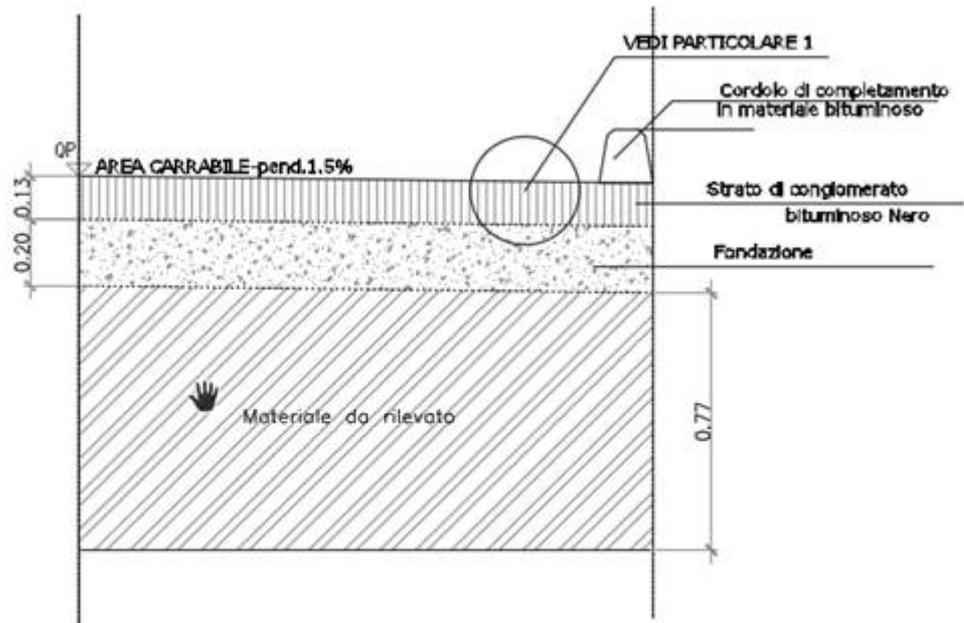
Si riportano di seguito le sezioni delle tipologie di pavimentazione previste in SSE, comunicate dal GC.

¹ Il valore sarà confermato da misure in campo della resistività appena l'area sarà formata.

| | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------|-----------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR Cepav due Consorzio ENI per l'Alta Velocità | CONSORZIO SATURNO High Speed Railway Technologies | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | | |
| | | Progetto INOR | Lotto 12 | Codifica Documento EE21RSE5300K02 | Rev. A | Foglio 10 di 14 |

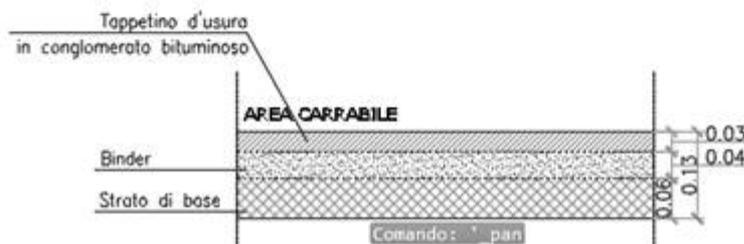
PACCHETTO MINIMO PAVIMENTAZIONE PIAZZALE

Scala 1:20



PARTICOLARE -1-

Scala 1:10

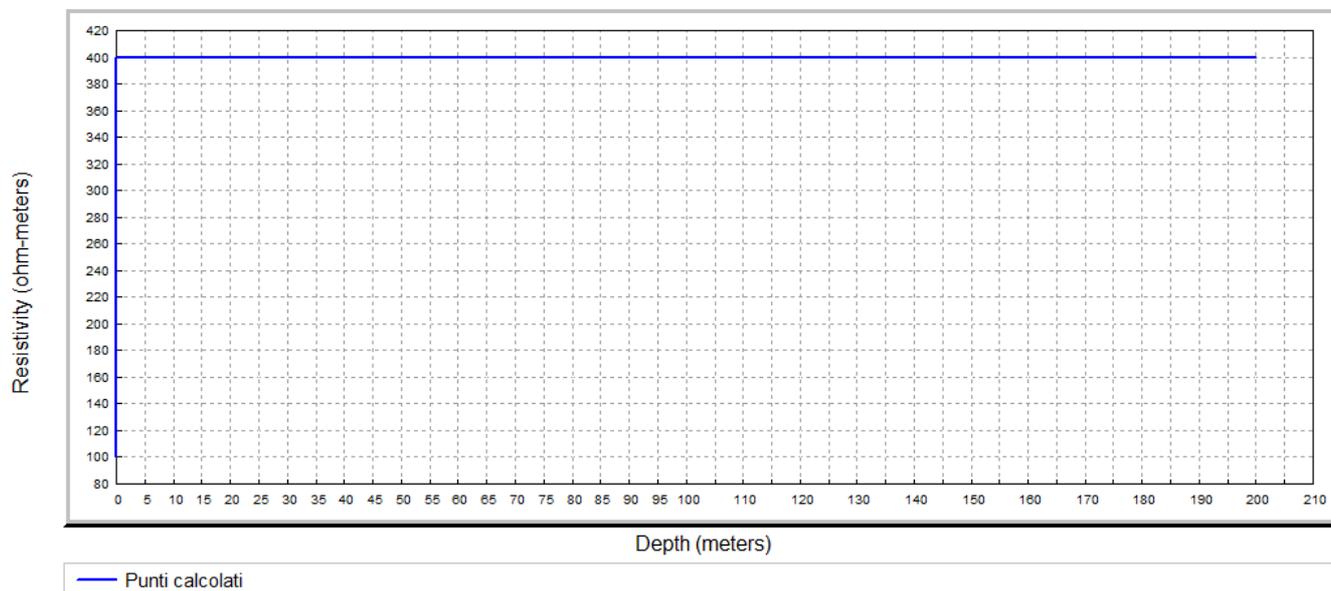


Il valore di resistività è stato poi estrapolato, partendo dalle misure, nel programma di calcolo CYMGRD, utilizzando la modellizzazione del suolo a due strati, la quale ha, tuttavia, confermato una certa omogeneità del terreno, come si evince dalla figura seguente.

La curva estrapolata è stata quindi usata per determinare la resistenza della rete di terra.

| | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR Cepav due Consorzio ENI per l'Alta Velocità | | CONSORZIO SATURNO High Speed Railway Technologies | | ALTA SORVEGLIANZA ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | | Progetto INOR | Lotto 12 | Codifica Documento EE21RSE5300K02 | Rev. A | Foglio 11 di 14 |

Cabia TE Brescia est



Tutta l'area della cabina TE sarà asfaltata.

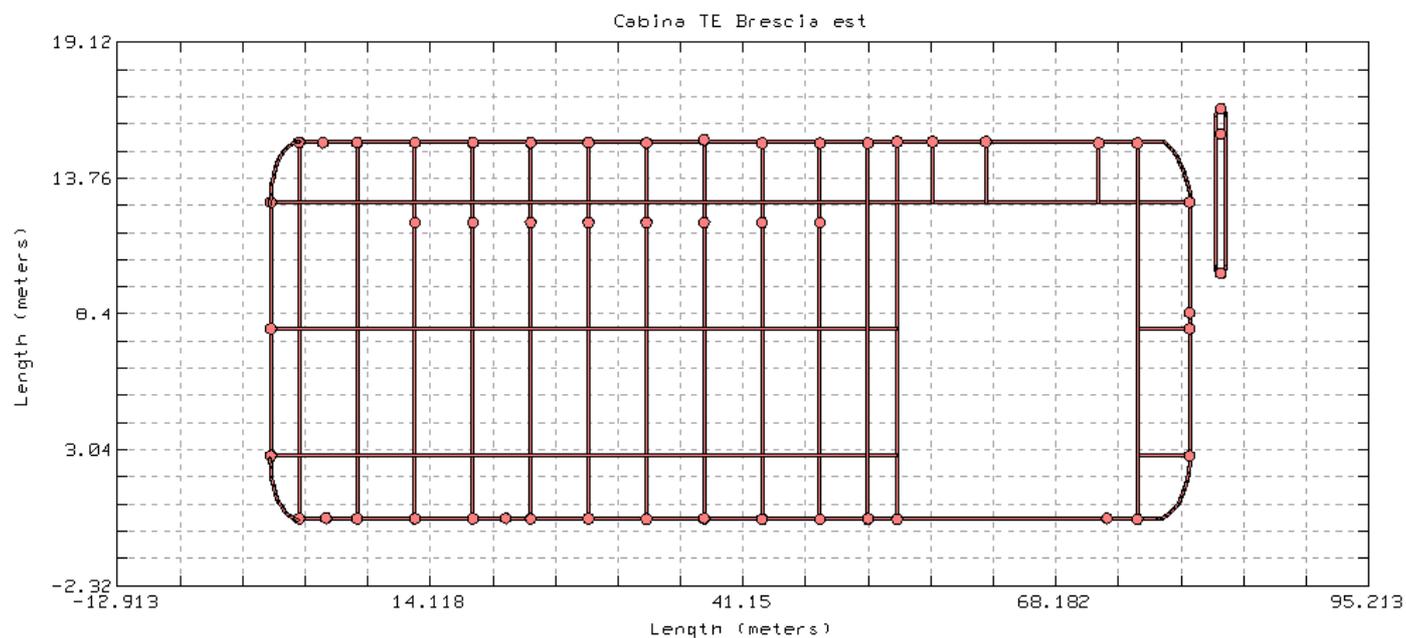
Si riassumono di seguito le principali caratteristiche geometriche della maglia di terra:

- Sezione corda di rame: 120 mm²
- Profondità di interramento corda: 0,8 m
- Profondità di interramento corda perimetrale: 1,2 m
- Lato medio della maglia di terra: 2,5 m
- Superficie maglia di terra: 1200 m²
- Numero puntazze del tipo ø 50 mm di lunghezza 1,5 metri: n° 3
- Numero puntazze del tipo ø 50 mm di lunghezza 3 metri: n° 8
- Numero puntazze del tipo ø 50 mm di lunghezza 6 metri: n° 4

5.3 Resistenza della maglia di terra

Con i dati di progetto definiti in precedenza, la resistenza di terra calcolata con il programma CYMGRD, indipendente dal valore della corrente di guasto, risulta pari a 4,24 Ohm.

Di seguito il modello della rete di terra della Cabina TE inserito nel programma.



5.4 Valore della tensione di contatto massimo ammesso per guasto in c.c.

Dall'analisi dei grafici e tabelle riportati nelle Norme CEI EN 61936-1, CEI EN 50522, e CEI EN 50122-1, risulta che il valore limite della tensione di contatto massimo ammesso, considerando un tempo di intervento di 0,1 s (valore conservativo per l'apertura degli extrarapidi), è pari a 625 V.

| | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR Cepav due Consorzio ENI per l'Alta Velocità | | CONSORZIO SATURNO High Speed Railway Technologies | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | | Progetto INOR | Lotto 12 | Codifica Documento EE21RSE5300K02 | Rev. A | Foglio 13 di 14 |

5.5 Verifica della sezione del conduttore di terra e del dispersore in caso di guasto in c.c.

La sezione minima del conduttore di terra e del dispersore è calcolata in accordo all'Allegato D della Norma CEI EN 50522.

$$A = \frac{I}{K} \cdot \sqrt{\frac{t}{\ln \frac{T_f + \beta}{T_i + \beta}}}$$

Dove:

A = Sezione minima del conduttore [mm^2]

I = Corrente di guasto [A]

t = Durata del guasto [s]

K = Costante propria del materiale [$\frac{0,5 A s}{mm^2}$]

β = Reciproco del coefficiente di temperatura della resistenza del conduttore [$^{\circ}C$]

T_i = Temperatura iniziale [$^{\circ}C$]

T_f = Temperatura finale [$^{\circ}C$]

Invertendo la formula:

$$I = A \cdot K \cdot \sqrt{\frac{\ln \frac{T_f + \beta}{T_i + \beta}}{t}}$$

Nel nostro caso:

$A = 120 mm^2$

$t = 0,1 s$ (in via conservativa)

$K_{rame} = 226 \frac{0,5 A s}{mm^2}$

$\beta_{rame} = 234,5 ^{\circ}C$

$T_i = 20 ^{\circ}C$

T_f giunzioni a compressione = $250 ^{\circ}C$

La corrente massima supportabile da un conduttore di sezione $120 mm^2$ risulta essere $70kA$.

Considerando che:

- Il valore massimo a regime di I_{cc} tipicamente non supera il valore di $70kA$
- la corrente si ripartisce, in via conservativa, in due parti uguali grazie alla magliatura del dispersore e al doppio collegamento di terra tra la maglia e le apparecchiature
- la corrente di corto circuito non raggiunge il valore di regime, a causa dell'azione limitante dell'interruttore, come mostrato nella figura seguente

| | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------|-----------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR Cepav due Consorzio ENI per l'Alta Velocità  | CONSORZIO SATURNO High Speed Railway Technologies  | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | | |
| | | Progetto INOR | Lotto 12 | Codifica Documento EE21RSE5300K02 | Rev. A | Foglio 14 di 14 |

6. PROVVEDIMENTI RELATIVI ALLA MAGLIA DI TERRA

Si elencano di seguito i provvedimenti da adottare nella realizzazione della maglia di terra.

- L'area verrà asfaltata e dovrà essere anteposto allo strato di asfalto uno strato di magrone cementizio.
- La maglia di terra dovrà essere posata e coperta di uno strato di terreno vegetale di circa 10 cm (la cui resistenza deve essere inferiore a 100 Ω m) che non contenga ciottolame. Il terreno dovrà essere compattato prima e dopo la posa della corda.
- Le paline perimetrali dovranno essere realizzate in vetroresina.
- Il cancello avrà una terra separata (due puntazze e un anello al di sotto della struttura).
- Ogni apparecchiatura metallica avrà doppio collegamento a terra.
- Non si dovranno collegare a terra le battute metalliche dei chiusini e dei pozzetti, che saranno preferibilmente in vetroresina o cemento.
- Si dovranno inserire giunti isolanti sulle eventuali tubazioni entranti o uscenti dall'area di cabina, di lunghezza non inferiore a 10m.

7. CONCLUSIONI

A seguito delle verifiche svolte nel documento, si conclude che l'impianto di terra è correttamente dimensionato in relazione alle caratteristiche dei conduttori impiegati e delle tensioni accessibili in caso di guasto.