



COMUNE DI CAMINO AL TAGLIAMENTO  
PROVINCIA DI UDINE  
REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DENOMINATO "ELLO18  
SOLAR 1" CON POTENZA DI PICCO PARI A 9'820,80 kWp E POTENZA IN  
IMMISSIONE PARI A 8'172,00 kW

Proponente



Ellomay Solar Italy Eighteen Srl  
Via Sebastian Altman, 9  
39100 Bolzano (BZ)  
C.F.: 03138530211

Progettazione



Preparato  
Irina Giorgi

Verificato  
Gianandrea Ing. Bertinazzo

Approvato  
Vasco Ing. Piccoli

## PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Titolo elaborato

### CAMINO AL TAGLIAMENTO RELAZIONE TECNICA ELETTRICA IMPIANTO DI TERRA

Elaborato N. <b>R14</b>	Data emissione 29/03/23			
	Nome file REL IMPIANTO TERRA			
N. Progetto <b>ELLO18 SOLAR 1</b>	Pagina COVER	00	29/03/23	PRIMA EMISSIONE
		REV.	DATA	DESCRIZIONE

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DI ELLOMAY SOLAR 18 S.R.L.. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE.  
THIS DOCUMENT CAN NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF ELLOMAY SOLAR 18. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTE BY LAW.

## Sommario

1	Premessa .....	3
1.1	Inquadramento Generale .....	3
2	Impianto di terra.....	4
2.1	Dimensionamento del conduttore di terra .....	5
2.1.1	Struttura di Sostegno Moduli FV .....	6
2.1.2	Moduli FV.....	7
2.1.3	String Box.....	7
2.1.4	Cabine Elettriche .....	8
2.1.5	Cavidotti.....	11
2.1.6	Recinzioni e Pali TVCC.....	12
2.2	Accorgimenti per limitare i rischi di corrosione .....	12
3	Dimensionamento dell'impianto di Terra .....	13
4	Verifiche dell'impianto di Terra.....	14
5	Sistema di Protezione contro le Scariche Atmosferiche.....	15

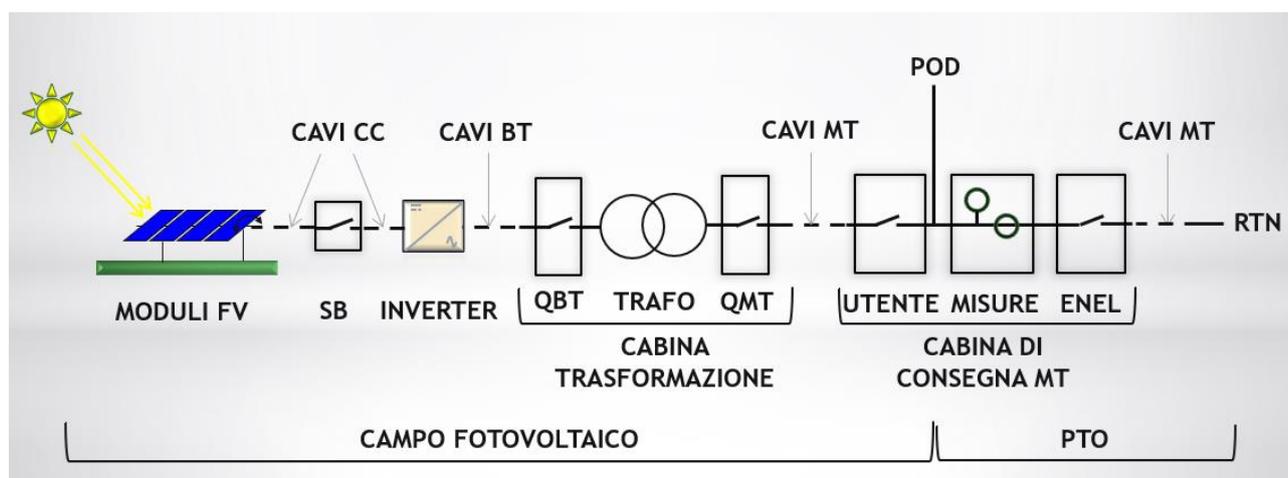
00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 1 Premessa

La presente relazione ha lo scopo di fornire una descrizione l'impianto di terra dell'impianto fotovoltaico a terra di potenza nominale pari a 9'820,80 kWp e di potenza di immissione in rete pari a 8'172,00 kW denominato "Ello18 Solar 1".

### 1.1 Inquadramento Generale

L'impianto di generazione di energia elettrica da fonte fotovoltaica è tipicamente molto vasto, poiché l'energia viene generata da ogni modulo fotovoltaico. Compito dei collegamenti elettrici è convogliare tutta l'energia prodotta in un solo punto. Di seguito è illustrato uno schema di principio dell'impianto fotovoltaico:



L'impianto FV ha la capacità di generare energia elettrica dai Moduli FV: ogni singolo Modulo FV trasforma l'irraggiamento solare in energia elettrica, generata in forma di corrente continua.

I pannelli FV sono posizionati su strutture dedicate (strutture FV), che sono in grado di massimizzare l'irraggiamento dal quale è investito il pannello lungo l'arco dell'intera giornata, e collegati elettricamente in serie a formare una "stringa" di moduli.

I moduli FV sono collegati elettricamente in serie a formare una "stringa"; l'energia prodotta dai moduli FV è raggruppata tramite collegamenti in cavo CC e quadri di parallelo stringa (o "string boxes"), e successivamente immessa negli inverter centralizzati che sono in grado di trasformare l'energia elettrica da corrente continua (CC) a corrente alternata (CA) in Bassa Tensione (BT). L'energia disponibile in corrente alternata BT verrà quindi trasformata dal trasformatore in Media Tensione (MT) e portata alla cabina di consegna, tramite cavidotto MT 20 kV.

Il presente impianto fotovoltaico sarà connesso in rete in media tensione tramite la configurazione lotto d'impianti. Il lotto di impianti sarà composto da due impianti di generazione elettricamente distinti, ciascuno di essi avente potenza in immissione pari a 4086 kW.

L'energia generata da ciascun impianto in corrente alternata MT verrà portata alla rispettiva cabina di consegna, tramite collegamenti (cavi MT), dove verrà resa disponibile sul Punto di Connessione (POD) per l'immissione nella rete elettrica.

00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 2 Impianto di terra

L'impianto di terra di un impianto di generazione fotovoltaico si sviluppa lungo un'area particolarmente estesa e quindi esistono regole precise da seguire per realizzare un'unica rete equipotenziale con la struttura FV, estesa fino alle cabine di trasformazione e alla cabina di consegna MT.

L'impianto di terra deve essere dimensionato in modo da essere capace di disperdere le correnti di guasto che potrebbero circolare a seguito di un guasto elettrico verso terra.

L'impianto di terra è fondamentalmente costituito da:

- una rete equipotenziale, ovvero un sistema di componenti che vengono collegati tra di loro mediante opportuni conduttori;
- collettori, ovvero dei punti di raccolta delle varie reti equipotenziali;
- dispersori, ovvero un insieme di elementi che saranno fisicamente installati nel terreno e collegati tra di loro tramite la rete equipotenziale/collettori.

00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 2.1 Dimensionamento del conduttore di terra

La metodologia di calcolo di dimensionamento del conduttore di terra è in funzione della modalità di gestione e trasmissione dell'energia; si definiscono le seguenti macro-sezioni di impianto:

- sezione in Corrente Continua – gestita con un Sistema Isolato da terra, è ammesso l'esercizio con guasto a terra, per cui la durata dello stesso è certamente superiore ai 5s, e quindi il conduttore di terra dovrà essere dimensionato per il passaggio della corrente guasto a terra;
- nella sezione in Corrente Alternata – Bassa Tensione Energia, gestita con Sistema da terra (IT), è ammesso l'esercizio con guasto a terra per cui la durata dello stesso è certamente superiore ai 5s, e quindi il conduttore di terra dovrà essere dimensionato per una corrente pari a metà della corrente di fase;
- nella sezione in Corrente Alternata – Bassa Tensione Ausiliari e Media Tensione, la durata del guasto è inferiore ai 5s per cui per la determinazione della sezione del conduttore di terra bisognerà applicare la seguente formula (fenomeno adiabatico):

$$A = \frac{I_E}{k} \sqrt{\frac{t_F}{\ln \frac{\Theta_f + \beta}{\Theta_i + \beta}}}$$

dove:

- $I_E$  è la corrente di corto circuito verso terra della tratta in analisi;
- $k$  è la costante tipica del materiale del conduttore; si considerino i seguenti valori:
  - conduttore di Rame nudo è 226, ricoperto da isolante HEPR è 176,
  - conduttore di Acciaio nudo è 78;
- $t_F$  è il tempo di permanenza del guasto;
- $\beta$  è reciproco del coefficiente di temperatura della resistenza del componente percorso dalla corrente a 0°C; si considerino i seguenti valori:
  - conduttore in Rame è 234,5°C;
  - conduttore in Acciaio è 202°C.
- $\Theta_i$  è la temperatura iniziale, posta pari a 20°C per la presente analisi;
- $\Theta_f$  è la temperatura finale, posta pari a 300°C per la presente analisi.

La verifica della tenuta al corto circuito ha esito positivo se è rispettata la seguente condizione:

$$S_{tratta} > A$$

00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 2.1.1 Struttura di Sostegno Moduli FV

La struttura di sostegno dei moduli FV, costituita da inseguitori monoassiali, costituisce un elemento essenziale di rete equipotenziale. È una struttura metallica per cui di per sé ogni palo della struttura di sostegno è equiparabile in linea di principio ad un dispersore di terra. È chiaro che il palo metallico che entra nel terreno è un pessimo dispersore se preso singolarmente, ma visto il numero importante di pali e, noto che la resistenza equivalente a resistenze collegate in parallelo è inferiore alla resistenza minore delle due, la struttura di sostegno è un ottimo dispersore equivalente verso terra.

Sarà necessario che:

- tutte le strutture metalliche di una stessa fila siano collegate tra di loro;
- tutte le strutture metalliche di differenti file siano collegate tra loro.

Il collegamento tra diverse strutture avverrà, su elementi di strutture di una stessa fila, tramite un cavo Giallo-Verde tipo G7 da 1x6 mm<sup>2</sup>.

Ciascuna fila di tracker sarà quindi collegata all'anello di terra perimetrale tramite una bandella in acciaio zincato a caldo 50x6mm.

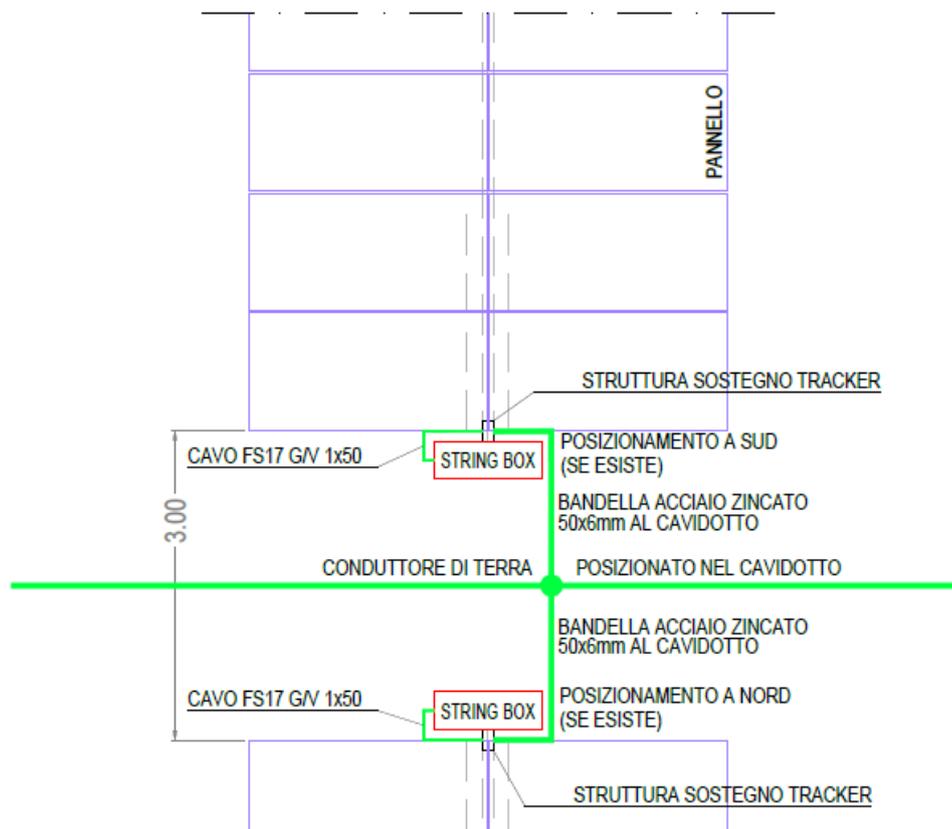


Figura 1 - Dettaglio messa a terra tracker

00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

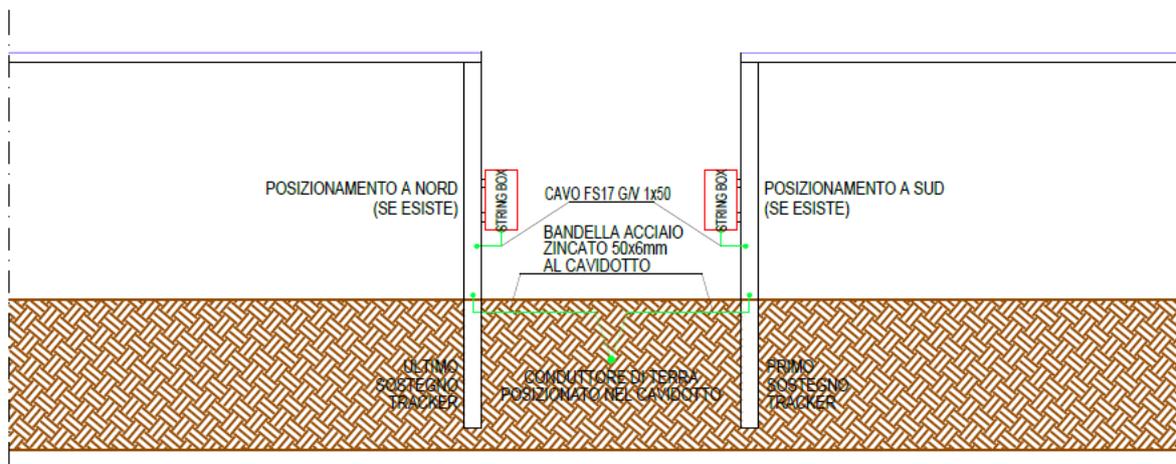
### 2.1.2 Moduli FV

I moduli FV saranno collegati alla rete equipotenziale della struttura di sostegno tramite il contatto diretto tra la cornice del modulo stesso e la struttura sulla quale è fissato.

### 2.1.3 String Box

Gli String Box sono installati direttamente in campo.

Gli string box sono distribuiti sul campo FV e saranno collegati alla rete equipotenziale della struttura di sostegno tramite un cavo Giallo-Verde tipo FS17 da  $1 \times 50 \text{mm}^2$ .



00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

#### 2.1.4 Cabine Elettriche

Le cabine elettriche nel campo FV sono fundamentalmente le cabine di trasformazione e la cabina di consegna.

##### 2.1.4.1 Cabina di Trasformazione

Le cabine elettriche hanno in ingresso i cavi in corrente alternata degli inverter box, e sono in grado di trasformare l'energia elettrica entrante mediante l'impiego di trasformatori MT/BT, da corrente alternata in Bassa Tensione (650V/660V) a corrente alternata in Media Tensione (20'000V). All'interno della cabina sarà distribuito il sistema di Bassa Tensione per l'alimentazione dei circuiti ausiliari (400V).

I vari sistemi elettrici avranno un unico sistema equipotenziale che raggrupperà i vari livelli in un apposito collettore di terra che verrà collegato con sistema di dispersione.

La cabina elettrica è fornita direttamente dal costruttore con i collegamenti equipotenziali tutti opportunamente dimensionati, sotto la responsabilità del costruttore stesso.

Le cabine di trasformazione saranno circondate da un singolo anello costituito da tondo in acciaio zincato a caldo avente diametro 10 e sezione 78,5 mm<sup>2</sup> e da 6 dispersori in acciaio zincato DR1015 che, opportunamente collegata alla rete equipotenziale in due punti distinti, garantirà la sicurezza dell'operatore considerando le protezioni differenziali a 30mA, per la sezione in Bassa Tensione (sistema TN).

00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## CABINA TRASFORMAZIONE

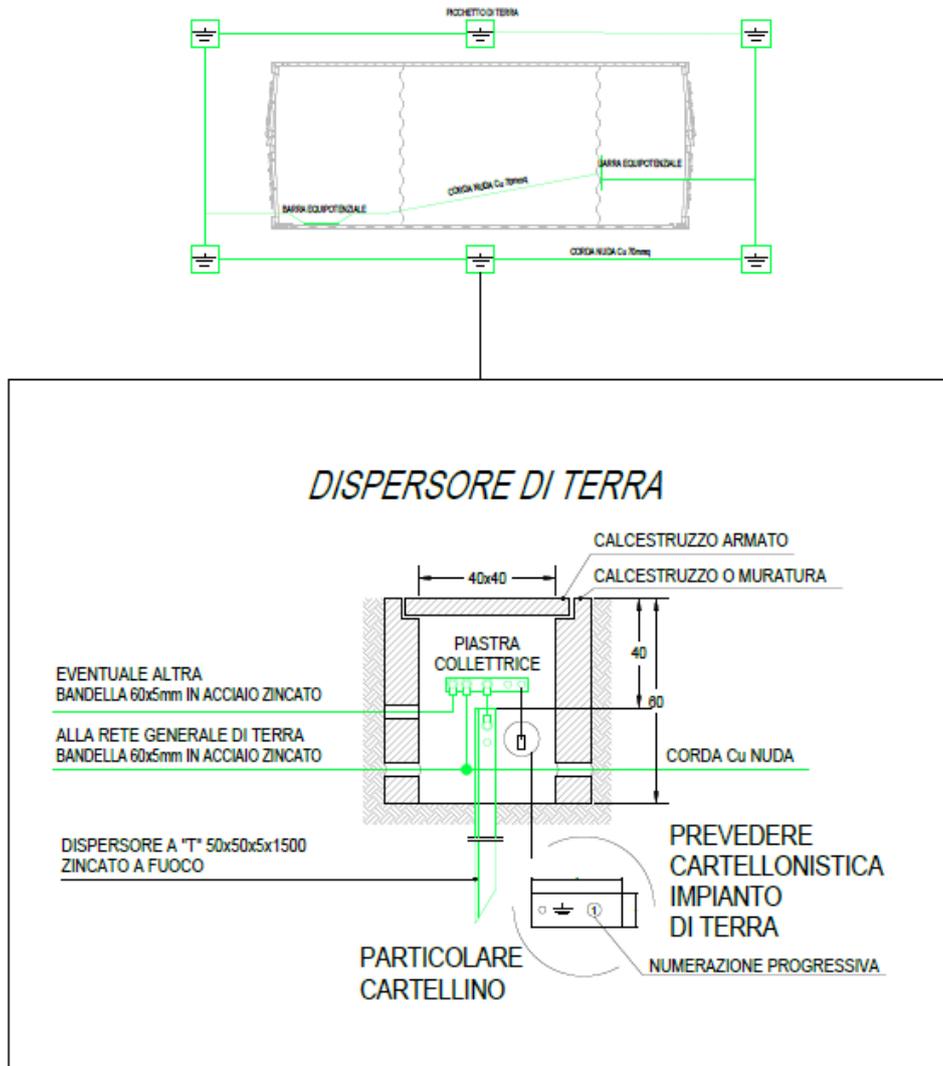


Figura 2 - Dettagli impianto di terra cabine di trasformazione

00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 2.1.4.2 Cabina di Consegna

Le cabine di consegna hanno in ingresso i cavi in Media Tensione (20'000V) dalla distribuzione interna del campo ed in uscita la connessione con il sistema RTN nazionale – gestito da e-Distribuzione.

Il sistema equipotenziale della cabina di consegna sarà costituito da una corda nuda in rame avente sezione  $35\text{mm}^2$ , posizionata ad 1m dalla sagoma della cabina, da 6 dispersori in acciaio zincato DR1015. Uno di questi dispersori (interno al campo fotovoltaico) sarà posizionato all'interno di un pozzetto ispezionabile con collettore di terra per opportune verifiche e misure.



Figura 3 - Dettagli impianto di terra cabina di consegna

I vari sistemi equipotenziali interni alla cabina di consegna dovranno convergere al collettore principale, interno alla cabina.

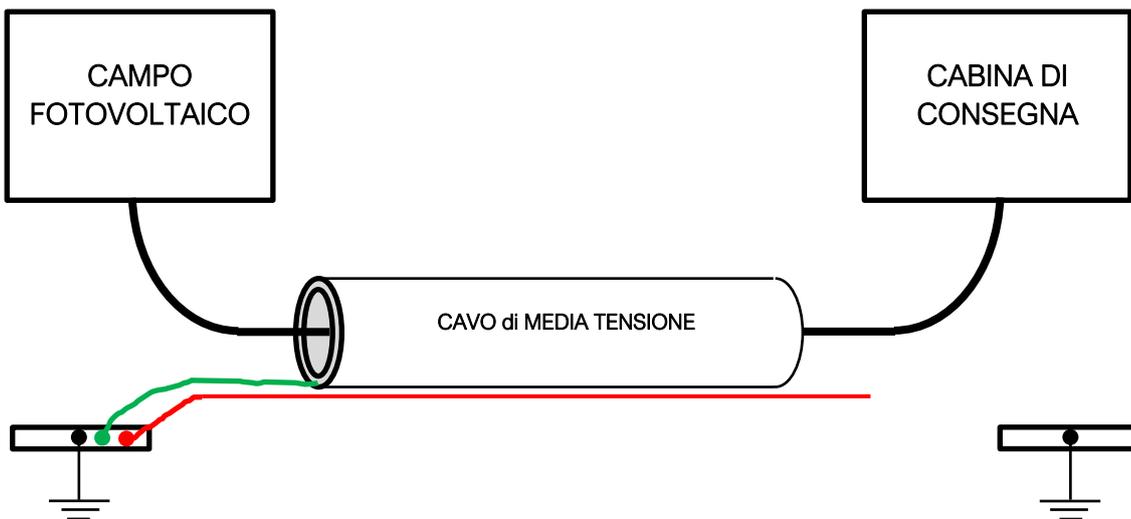
00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 2.1.5 Cavidotti

Se per l'impianto di terra, la rete equipotenziale è unica e quindi tutte le cabine elettriche fanno parte dell'unico sistema equipotenziale, dal punto elettrico, ogni cabina è collegata alla cabina di consegna mediante un cavidotto di Media Tensione. Questo collegamento non deve comportare un'interazione diretta (by pass) tra punti equipotenziali fisicamente distanti, così da evitare possibili dispersioni indesiderate.

Al fine di evitare questa interazione, sarà necessario connettere:

- lo schermo all'equipotenziale di terra che è lo schermo metallico del cavo di Media Tensione, in una sola delle estremità, ed in particolare quella di arrivo (più lontana dalla cabina di consegna), mentre la seconda estremità deve rimanere isolata, lasciandola all'interno della guaina del cavo totale, come ben schematizzato in verde nella figura sottostante;
- l'equipotenziale che è posata all'interno della trincea cavi di connessione in Media Tensione, sarà collegata in una sola delle estremità, ed in particolare ricalcando la logica dello schermo del cavo, quella di arrivo, mentre la seconda estremità deve rimanere isolata, non collegandola al sistema di terra di sottostazione, come ben schematizzato in rosso nella figura sottostante.



Connessione schermo cavo Media Tensione (verde) e corda di rame del cavidotto (rosso) tra Campo Fotovoltaico e RTN

00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 2.1.6 Recinzioni e Pali TVCC

Ogni palo del sistema TVCC sarà alimentato da un cavo elettrico che porterà anche la terra, per cui basterà assicurarsi le varie parti metalliche siano una massa equipotenziale, mediante collegamenti con cavo Giallo-Verde isolato, resistente ai raggi UV, di sezione pari a  $2 \times (1 \times 6) \text{ mm}^2$  -  $2 \times$  poiché dovranno essere garantiti collegamenti ridondanti con percorsi differenti.

In caso di utilizzo di cavi ed apparecchiature a bordo palo in classe II, la messa a terra non sarà obbligatoria (CEI 64-8).

Il cancello ed i pali delle recinzioni in corrispondenza del cancello sono già un sistema di terra: bisognerà garantire l'equipotenzialità tra questi elementi, mediante l'utilizzo del tondino di acciaio della stessa tipologia adottata nel cavidotto o il cavo isolato giallo-verde da  $6 \text{ mm}^2$ .

Non sarà necessario collegare la restante parte della recinzione, poiché ogni palo sarà distante più di 2m dall'equipotenziale e costituirà di fatto un sistema di terra parziale.

## 2.2 Accorgimenti per limitare i rischi di corrosione

In fase di costruzione possono essere scelti conduttori equipotenziali di materiali diversi, ma bisogna essere particolarmente attenti alle modalità con le quali vengono garantite le continuità elettriche, poiché il contatto diretto tra materiali tra metalli molto distanti nella scala dei potenziali elettrochimici, come ad esempio tra rame e ferro, diversi può generare dei fenomeni di corrosione.

Una giunzione molto comune negli impianti di terra è quella tra acciaio zincato e rame. Per evitare la corrosione fra zinco e rame si può utilizzare per la giunzione un metallo con potenziale elettrochimico intermedio come il bronzo o l'ottone, oppure utilizzare capocorda stagnati o cadmiati. In ogni caso, per quanto concerne la resistenza meccanica e protezione contro la corrosione, devono essere rispettate le dimensioni minime prescritte dalla Norma CEI EN 50522 e 64-8.

Il tondino di acciaio zincato a caldo può avere un punto debole in corrispondenza del taglio, in quanto nel punto stesso del taglio verrà rimossa la zincatura a taglio: in questo caso si richiede l'utilizzo di barriere fisiche, mediante l'utilizzo di nastri con materiali auto-vulcanizzanti, vernici, resine o catrame, tali da rendere la giunzione impermeabile all'acqua e all'aria.

00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3 Dimensionamento dell'impianto di Terra

Per il corretto dimensionamento dell'impianto di Terra dovrà essere verificate la tenuta al corto circuito (energia passante) per guasto fase-terra, applicando la seguente formula:

$$S_{\min} = \frac{I_{CC} \times \sqrt{t}}{k_{PE}}$$

dove:

- $I_{CC}$  è la corrente di corto circuito verso terra della tratta in analisi, per cui dovrà essere fatto il calcolo per ogni sezione; per la sezione di Media Tensione, questo valore sarà calcolato in funzione del valore di corto circuito immediatamente a valle del trasformatore BT/MT nella cabina di trasformazione;
- $t$  è il tempo di estinzione del guasto, determinato in base al settaggio delle protezioni;
- $k_{PE}$  è un fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore, dal materiale isolante e dal tipo di conduttore utilizzato; si consideri che in nelle cabine elettriche, il conduttore è di solito nudo ed assume valori pari a: per corda di Rame nuda è 228; per corda di Alluminio nuda è 125; per conduttore di Ferro nudo è 82.

**La verifica della tenuta al corto circuito ha esito positivo se è rispettata la seguente condizione:**

$$S_{\text{tratta}} > S_{PE}$$

Questa verifica verrà fatta all'interno del campo per ogni sezione.

00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 4 Verifiche dell'impianto di Terra

La resistività del terreno di un impianto fotovoltaico è molto variabile in funzione:

- della conformazione del terreno; data la vastità del presente impianto FV potrebbero esserci terreni in aree sempre riconducibili a questo impianto, con caratteristiche diverse;
- dalle condizioni ambientali; in funzione del grado di umidità del particolare momento, la resistività tenderà a valori molto alti nelle stagioni secche e a valori bassi nelle stagioni umide.

Vista la tipologia di terreno presente in questo impianto, sarà necessario tener conto anche delle condizioni ambientali nelle misure di verifica dell'impianto di terra.

La verifica dell'impianto di terra verrà fatta:

- mediante la misura della resistenza di terra in ogni cabina elettrica; la prova dovrà essere fatta prima di effettuare il collegamento del suo Sistema di terra con il Sistema generale: solo ad ottenimento dei valori accettabili (tipicamente  $<1,5\text{Ohm}$ ) sarà possibile collegare il sistema di terra della cabina con il sistema di terra di campo FV. Qualora i risultati non dovessero essere in linea con le aspettative, sarà necessario aumentare il numero di picchetti;
- mediante la misura della tensione di passo e di contatto, individuando un numero congruo di punti per ogni campo (a seconda dell'estensione del campo FV stesso), ottenendo un valore in accordo con le Norme di Riferimento.

00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 5 Sistema di Protezione contro le Scariche Atmosferiche

L'installazione dell'impianto fotovoltaico nell'area, prevedendo mediamente strutture di altezza contenuta e omogenee tra loro, non alterando il profilo verticale dell'area medesima. Ciò significa che le probabilità della fulminazione diretta non sono influenzate in modo sensibile. Considerando inoltre che il sito non sarà presidiato, la protezione della fulminazione diretta sarà realizzata soltanto mediante un'adeguata rete di terra che garantirà l'equipotenzialità delle masse.

Per quanto riguarda la fulminazione indiretta, bisogna considerare che l'abbattersi di un fulmine in prossimità dell'impianto può generare disturbi di carattere elettromagnetico e tensioni indotte sulle linee dell'impianto, tali da provocare guasti e danneggiarne i componenti. Per questo motivo gli inverter sono dotati di un proprio sistema di protezione da sovratensioni, sia sul lato in corrente continua, sia su quello in corrente alternata. In aggiunta, considerata l'estensione dei collegamenti elettrici, tale protezione è rafforzata dall'installazione di idonei SPD (Surge Protective Device – scaricatori di sovratensione).

00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione