

# Regione Piemonte

Provincia di Alessandria

Comune di Tortona



Progetto per la realizzazione di un impianto Agrovoltaiico  
nel comune di Tortona e Pozzolo Formigaro  
Potenza DC: 60 MW - Potenza immessa AC: 50 MW



## opdeenergy

Committente:

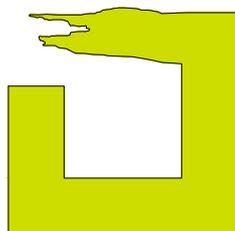
**MARGISOLAR S.R.L.**

Rotonda Giuseppe Antonio Torri n. 9

40127 - Bologna (BO)

P.IVA: 03920651209

Comune di Tortona e Pozzolo Formigaro



**INTEGRA s.r.l.**

Società di Ingegneria

sede operativa:

Via Emilia 199 - 15057 Tortona (AL)

tel. 0131.863490 - fax 0131.1926520

e-mail: integra@integraingegneria.it

Progettazione generali e opere civili:



**FAROGB**  
società di ingegneria

**FAROGB s.r.l.**

Dott. Ing. Gabriele Bulgarelli

Corso Unione Sovietica 612/15B - 10135 Torino (To)

P.IVA 09816980016

Progettazione elettrica:



Titolo:  
**RELAZIONE SPECIALISTICA**

Scala:

Tavola:

**R.02**

| Rev. | Data       | Redatto da: | Controllato da: | Approvato da: |
|------|------------|-------------|-----------------|---------------|
| A    | Marzo 2023 | BULGARELLI  | BULGARELLI      | CASTAGNELLO   |
|      |            |             |                 |               |
|      |            |             |                 |               |

## SOMMARIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>0. <u>PREMESSA</u></b>  | <b>4</b>  |
| <b>1. <u>OGGETTO</u></b>   | <b>4</b>  |
| <b>2. <u>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</u></b>                                | <b>5</b>  |
| <b>3. <u>IDENTIFICAZIONE DELL'IMPIANTO AGROVOLTAICO</u></b>              | <b>7</b>  |
| 3.1 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO  | 7         |
| 3.2 CABINE E LOCALI TECNICI  | 11        |
| 3.3 MESSA A TERRA  | 17        |
| 3.4 AUSILIARI BT E ILLUMINAZIONE ESTERNA                                 | 17        |
| 3.5 SISTEMA DI MONITORAGGIO E ACQUISIZIONE DATI                          | 18        |
| 3.6 OFFICINA ELETTRICA   | 18        |
| 3.7 ENERGIA PRODOTTA DALL'IMPIANTO PV                                    | 19        |
| <b>4. <u>CONNESSIONE ALLA RETE AT</u></b>                                | <b>21</b> |
| <b>5. <u>SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE MT/AT (30/132KV) UTENTE</u></b> | <b>21</b> |
| 5.1 DESCRIZIONE DELLA SOTTOSTAZIONE UTENTE                               | 21        |
| 5.2 VIABILITÀ DI ACCESSO E AREE DI PERTINENZA                            | 22        |
| 5.3 IMPIANTO DI TERRA  | 23        |
| 5.4 SISTEMA DI AUTOMAZIONE (RTU) DELLA SOTTOSTAZIONE                     | 23        |
| 5.5 SCADA E CCI  | 23        |
| 5.6 APPARECCHIATURE MT   | 24        |
| 5.7 PROTEZIONE DI INTERFACCIA  | 25        |
| 5.8 PROTEZIONE DEL TRASFORMATORE MT/AT                                   | 25        |
| <b>6. <u>NUOVO STALLO DELLA CABINA PRIMARIA "BOSCO MARENGO"</u></b>      | <b>25</b> |
| <b>7. <u>CAVIDOTTI MT E AT DI CONNESSIONE ALLA RETE</u></b>              | <b>26</b> |
| 7.1 INQUADRAMENTO GENERALE   | 26        |
| 7.2 AUTORIZZAZIONI E INTERFERENZE  | 27        |
| 7.3 DESCRIZIONE OPERE  | 28        |
| 7.4 TABELLA DI PICCHETTATURA   | 32        |
| 7.5 CARATTERISTICHE DEI CAVI DI ENERGIA                                  | 35        |
| <b>8. <u>CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI</u></b>                             | <b>37</b> |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>8.1</b> | <b>PREMESSA</b>  | <b>37</b> |
| <b>8.2</b> | <b>ELETTRODOTTI</b>  | <b>37</b> |
| <b>8.3</b> | <b>SOTTOSTAZIONE</b>   | <b>41</b> |
| <b>9.</b>  | <b><u>CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEI CIRCUITI BT</u></b>      | <b>44</b> |
| <b>9.1</b> | <b>MISURE DI PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI</b>                      | <b>44</b> |
| <b>9.2</b> | <b>MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I GUASTI A TERRA (CONTATTI INDIRETTI)</b> | <b>45</b> |
| <b>9.3</b> | <b>MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI</b>                    | <b>46</b> |
| <b>9.4</b> | <b>CONDUTTURE ELETTRICHE BT</b>  | <b>47</b> |
| <b>10.</b> | <b><u>COLLAUDO</u></b>   | <b>48</b> |
| <b>11.</b> | <b><u>ALLEGATI</u></b>   | <b>49</b> |

## 0. PREMESSA

La presente Relazione tecnica individua le scelte progettuali effettuate per l'esecuzione degli impianti elettrici e fotovoltaici definiti nell'oggetto, in relazione alle caratteristiche delle aree in cui saranno installati, con particolare riferimento ai requisiti di sicurezza, affidabilità e funzionalità.

La realizzazione delle opere dovrà essere preceduta da approvazione da parte della Committenza e dalla presentazione delle pratiche necessarie per l'esecuzione delle opere, nonché dalla redazione di progetto esecutivo.

Gli impianti elettrici e fotovoltaici di cui al presente progetto devono essere eseguiti nel rispetto di tutte le prescrizioni tecniche nel seguito indicate, nonché nel totale rispetto delle disposizioni legislative, regolamentari e normative vigenti, quando siano applicabili, anche se non direttamente richiamate all'interno della presente relazione.

## 1. OGGETTO

La presente Relazione ha per oggetto la progettazione elettrica dell'**impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica (PV)**, ad uso **AGROVOLTAICO**, di **potenza nominale DC di circa 60 MW e potenza immessa in rete AC 50 MW**, da realizzare su terreni ad uso agricolo nei comuni di Tortona (AL) e Pozzolo Formigaro (AL).

L'impianto agrivoltaico è suddiviso in più sottoimpianti (A - B - C - D), individuati nell'immagine sottostante.

Per la verifica del rispetto dei parametri richiesti agli impianti agrivoltaici dalle linee guida vigenti si rimanda alla tavola EL.01.

Il presente progetto si riferisce anche alle opere di connessione alla rete AT ed alle opere elettriche accessorie connesse con l'impianto PV.

In particolare, il documento descrive:

- le caratteristiche principali dell'impianto PV;
- le linee MT di collegamento alla nuova sottostazione MT/AT utente
- la sottostazione MT/AT utente e il raccordo AT alla sottostazione AT-MT di distribuzione pubblica esistente di Frugarolo (Cabina Primaria "Bosco Marengo", sita in Comune di Frugarolo S.P.160 s.n - E-distribuzione spa), collegata alla RTN di Terna spa, come meglio dettagliato nelle tavole di progetto.



*Inquadramento area impianto e relative opere di connessione*

## **2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Nella realizzazione del presente progetto, dovranno essere rispettate tutte le disposizioni legislative, regolamentari e normative vigenti ed applicabili agli impianti in esame.

Si richiamano di seguito le principali disposizioni che regolamentano le attività di progettazione ed installazione degli impianti elettrici in oggetto, con riferimento alla parte elettrica degli stessi:

- Terna - Codice di trasmissione dispacciamento, sviluppo e sicurezza della rete.
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici.
- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 11-4/1-1 (EN 50341-1): Linee elettriche aeree con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata. Parte 1: Prescrizioni generali - Specifiche comuni.
- Norme della serie EN 50341: Linee elettriche aeree con tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo.
- CEI 11-52 (EN 61660-2): Correnti di cortocircuito negli impianti ausiliari in c.c. nelle centrali e nelle stazioni elettriche Parte 2: Calcolo degli effetti.
- CEI 11-62: Stazioni del Cliente finale allacciate a reti di terza categoria.
- CEI 64-8 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata 1500V in corrente continua.
- CEI 81-10 (EN 62305) - Protezione delle strutture contro i fulmini.
- CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione.

- CEI 99-2 (EN 61936-1): Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 1: Prescrizioni comuni.
- CEI 99-3 (EN 50522): Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI 99-5: Guida per l'esecuzione degli impianti di terra delle utenze attive e passive connesse ai sistemi di distribuzione con tensione superiore a 1 kV in c.a.”
- Legge 1 marzo 1968 n. 186 “Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici”.
- DLgs 30/4/1992 n. 285 e s.m.i. “Nuovo codice della strada”
- DLgs 26 ottobre 1995 n. 504 e s.m.i. “Testo unico delle disposizioni legislative concernenti le imposte sulla produzione e sui consumi e relative sanzioni penali e amministrative”.
- DPR 22 ottobre 2001 n. 462 “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”.
- DLgs 29/12/2003 n. 387 e s.m.i. “Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità”.
- DLgs 2/2/2007 n. 26 e s.m.i. “Attuazione della direttiva 2003/96/CE che ristruttura il quadro comunitario per la tassazione dei prodotti energetici e dell'elettricità”.
- DLgs 9/4/2008 n. 81 e s.m.i. “Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”.
- DLgs 3/3/2011 n. 28 e s.m.i. “Attuazione della Direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE”.
- DM 10/9/2010 “Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili”.
- DLgs 19/5/2016 n. 86 “Attuazione direttiva 2014/35/UE, concernente l'armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative alla messa a disposizione sul mercato del materiale elettrico destinato a essere adoperato entro taluni limiti di tensione”.
- Delibera AEEG n. 88/07 “Disposizioni in materia di misura dell'energia elettrica prodotta da impianti di generazione” e s.m.i.
- Decreto 22/1/2008 n. 37 “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” e s.m.i.
- Delibera ARG/elt n. 99/08 “Testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica (Testo integrato delle connessioni attive - TICA)” e s.m.i.

- Delibera 84/2012/R/EEL “Interventi urgenti relativi agli impianti di produzione di energia elettrica, con particolare riferimento alla generazione distribuita per garantire la sicurezza del sistema elettrico nazionale” e s.m.i.
- Legge regionale n. 31 del 24/03/2000 della Regione Piemonte “Disposizioni per la prevenzione e lotta all’inquinamento luminoso e per il corretto impiego delle risorse energetiche” e s.m.i.
- Legge 22 febbraio 2001, n.36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz”;
- DM 29 maggio 2008 “Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell’induzione magnetica”;
- DLgs 1 agosto 2016, n. 159 “Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE”;
- Legge regionale 9 febbraio 2018 n. 3 della Regione Piemonte “Modifiche alla legge regionale 24 marzo 2000, n. 31 (Disposizioni per la prevenzione e lotta all’inquinamento luminoso e per il corretto impiego delle risorse energetiche)”.
- DLgs 8/11/2021 n. 199 “Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell’11 dicembre 2018, sulla promozione dell’uso dell’energia da fonti rinnovabili”.
- Documento MITE “Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici” (giugno 2022);
- Disposizioni regionali, provinciali e comunali in materia.
- Prescrizioni del distributore di energia elettrica, del GSE e dell’Agenzia delle dogane.

### **3. IDENTIFICAZIONE DELL’IMPIANTO AGROVOLTAICO**

#### **3.1 DESCRIZIONE DELL’IMPIANTO**

L’impianto agrivoltaico sarà realizzato nei comuni di Tortona (AL) e Pozzolo Formigaro (AL), nei terreni individuati nelle tavole planimetriche allegate alla presente relazione.

Si prevede la posa di moduli fotovoltaici bifacciali in silicio monocristallino, ad altissima efficienza e con 30 anni di garanzia sulla performance, di dimensioni circa 2,46x1,13 m e potenza unitaria almeno 610 W (vedasi esempio riportato in scheda tecnica allegata), posati su file di strutture di

supporto ad inseguimento monoassiale (più sinteticamente “inseguitori”), composte da 56 o da 28 moduli, sostenuti rispettivamente da 5 e 3 sostegni a palo infissi al suolo senza alcuna opera di fondazione (vedasi esempio riportato in scheda tecnica allegata).

Tenuto conto che:

- i moduli previsti, a tolleranza positiva, presentano un'efficienza  $> 21,5\%$ , tra le più alte tra quelli disponibili che garantiscono la sostenibilità economico finanziaria del progetto;
- i moduli bifacciali sono dotati di una doppia faccia attiva, laminata in un supporto vetro-vetro insieme ad EVA trasparente. Questa tecnologia sfrutta sia la luce diretta, che colpisce le celle frontalmente, sia la luce diffusa riflessa dall'ambiente circostante, nella parte posteriore, ottenendo così un incremento di potenza che varia dal 4% al 20% a seconda dell'albedo del terreno;
- gli inseguitori solari monoassiali sono dispositivi che “inseguono” le radiazioni solari ruotando intorno al proprio asse; nel caso degli inseguitori di rollio, come quelli in esame, l'asse di rotazione è Nord-Sud; gli inseguitori tramite servomeccanismi inseguono il sole durante il suo percorso nel cielo e garantiscono una maggiore produzione di energia elettrica rispetto ad un impianto fotovoltaico tradizionale fisso; inoltre, grazie alla loro semplicità e alla loro robustezza, permettono grandi risparmi di scala dimostrandosi ideali per i grandi parchi fotovoltaici.

La soluzione tecnica prevista a progetto si colloca, pertanto, a pieno titolo, tra i BAT (migliori tecnologie disponibili), garantendo di minimizzare il rapporto di occupazione del suolo per potenza unitaria, lasciando, al tempo stesso, ampi spazi necessari per l'attività agricola.

Le file sono infatti collocate ad un interasse di 11,5 m e consentono la coesistenza sulle stesse superfici dell'attività agricola e di quella per la produzione di energia elettrica, come evidenziato nella sottostante immagine, garantendo il rispetto dei parametri di occupazione del suolo richiesti agli impianti agrovoltaici (tav. EL.01).



I moduli saranno collegati in serie in stringhe con tensione massima DC di 1500 V.

Le stringhe di moduli saranno collegate, tramite linee in corrente continua realizzate con cavi solari, a quadri di parallelo DC, a loro volta collegati ai gruppi di conversione, costituiti da inverter DC/AC posti nelle cabine elettriche, tramite condutture interrate.

L'impianto sarà suddiviso in più sottocampi, ciascuno di potenza massima DC di circa 3 MW, abbinato ad un inverter con uscita in AC di circa 2,5 MVA (alla tensione 600/660 V, vedasi esempio riportato in scheda tecnica allegata), collegato a trasformatore elevatore BT/MT (tensione MT di 30 kV) e relativo quadro MT di protezione e collegamento.

Le varie cabine inverter saranno collegate in entra-esce tra loro, suddivise su più linee MT a 30 kV fino alle due cabine di parallelo MT di campo, da cui saranno derivate le due linee MT a 30 kV fino alla sottostazione AT/MT utente.

La seguente tabella sintetizza le caratteristiche dei **singoli sottoimpianti** e dell'**impianto agrivoltaico** nel suo complesso, costituito da **98.364 moduli da 610 W**, per una potenza di **60002,04 kW<sub>p</sub>**.

| <b><u>IMPIANTO MARGISOLAR</u></b> |                                      |                                      |  |   |   |
|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|---|---|
| <b>Sottoimpianto</b>              | <b>Tracker 2V28<br/>da 56 moduli</b> | <b>Tracker 2V14<br/>da 28 moduli</b> | <b>Totale moduli<br/>sottoimpianto</b> | <b>Potenza totale<br/>sottoimpianto</b> | <b>Numero cabine<br/>inverter<br/>(sottoimpianto)</b> |
| <b>A</b>                          | 772                                  | ---                                  | 43232                                  | 26371,52 kWp                            | 8   |
| <b>B</b>                          | 528                                  | 1                                    | 29596                                  | 18053,56 kWp                            | 6   |
| <b>Ca</b>                         | 113                                  | ---                                  | 6328                                   | 3860,08 kWp                             | 2   |
| <b>Cb</b>                         | 127                                  | ---                                  | 7112                                   | 4338,32 kWp                             | 2   |
| <b>D</b>                          | 216                                  | ---                                  | 12096                                  | 7378,56 kWp                             | 3   |
| <b>TOTALE</b>                     | <b>1756</b>                          | <b>1</b>                             | <b>98364</b>                           | <b>60002,04 kWp</b>                     | <b>21</b>   |

Per maggiori dettagli sulle caratteristiche dell'impianto agrivoltaico e delle linee DC e MT interne all'impianto si rimanda alle tavole di progetto allegata alla presente relazione.

### **3.2 CABINE E LOCALI TECNICI**

Nell'impianto saranno presenti:

- n. 2 cabine di parallelo MT (generali di sottoimpianto)
- n. 21 cabine di sottocampo
- locali tecnici e magazzini di stoccaggio

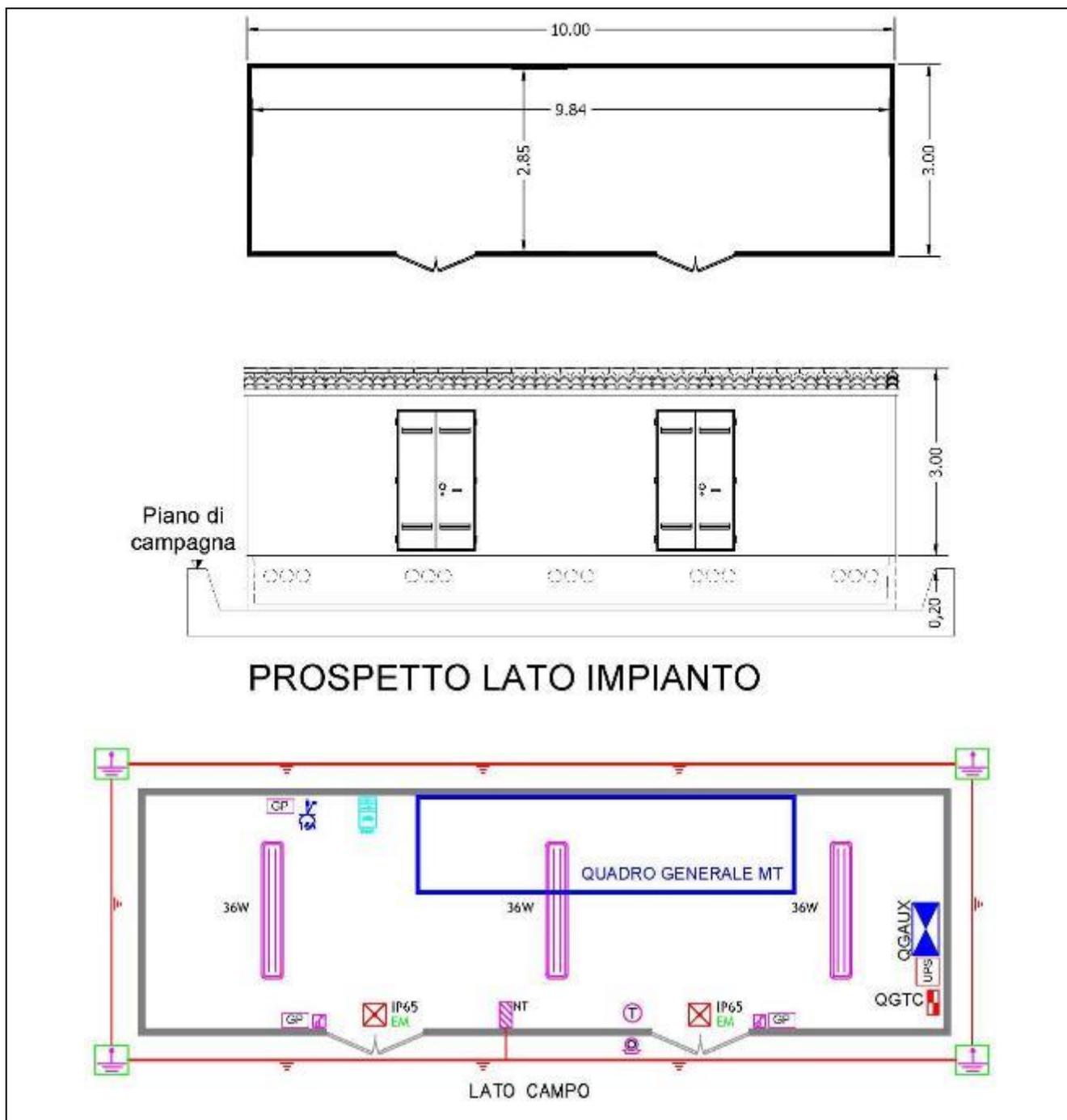
meglio dettagliati nel seguito

#### **Cabine generali di sottoimpianto**

Le cabine sono realizzate in ca confezionato con cemento ad alta resistenza adeguatamente armato con pareti di spessore almeno 7 cm.

Ogni cabina è internamente ed esternamente trattata con intonaco murale plastico al quarzo che conferisce elevata resistenza agli agenti atmosferici. Il tetto è impermeabilizzato con guaina catramata, saldata e verniciata con pittura bituminosa di colore alluminio. La ventilazione naturale all'interno dei box avviene tramite di aerazione che consentono l'eliminazione dei fenomeni di condensa. Il basamento è essere prefabbricato e realizzato come una vasca che, attraverso dei fori opportunamente predisposti, consente il passaggio dei cavi.

*Dimensioni cabina (L x h x p): 10 m x 3 m x 3 m*

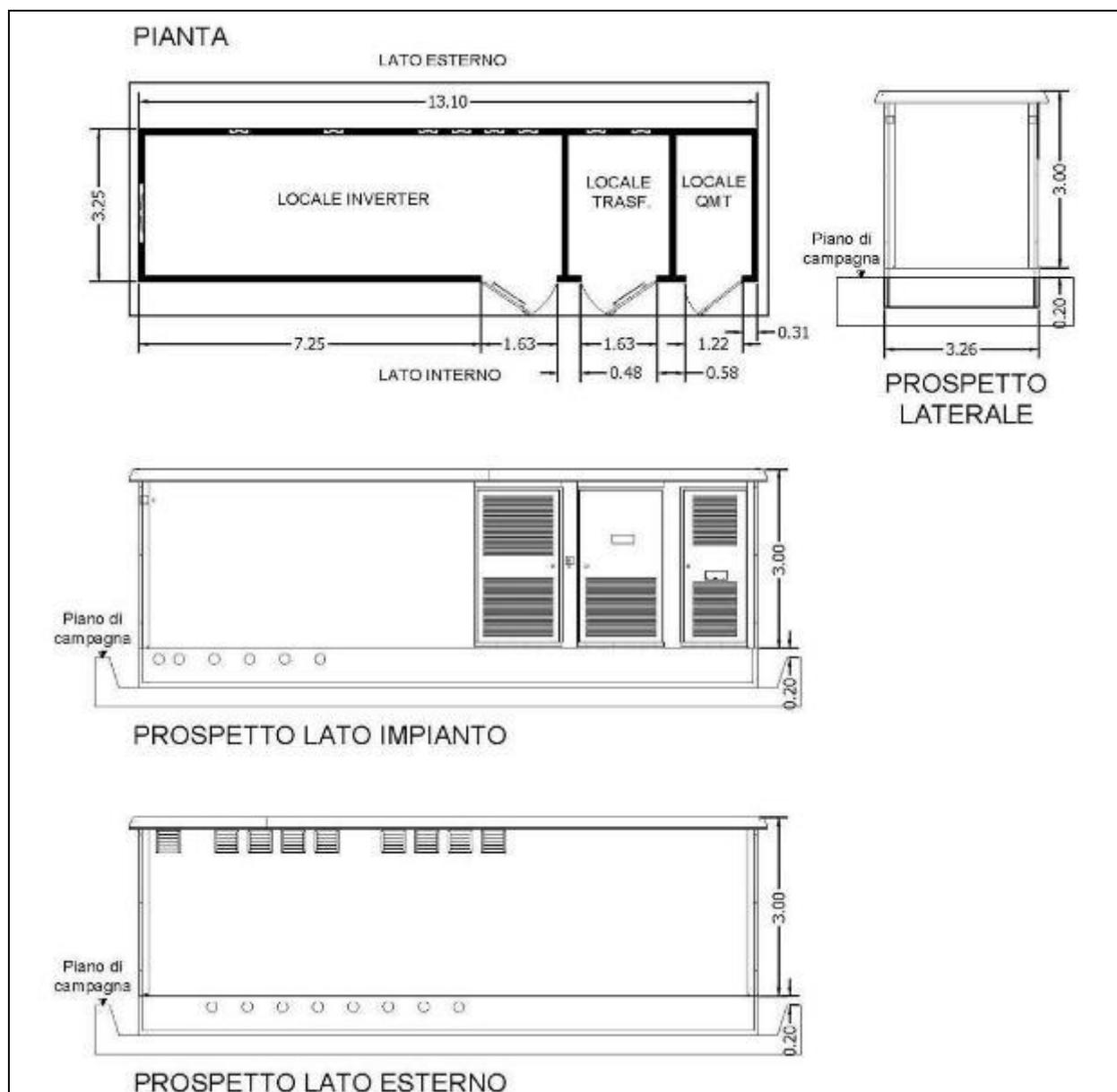


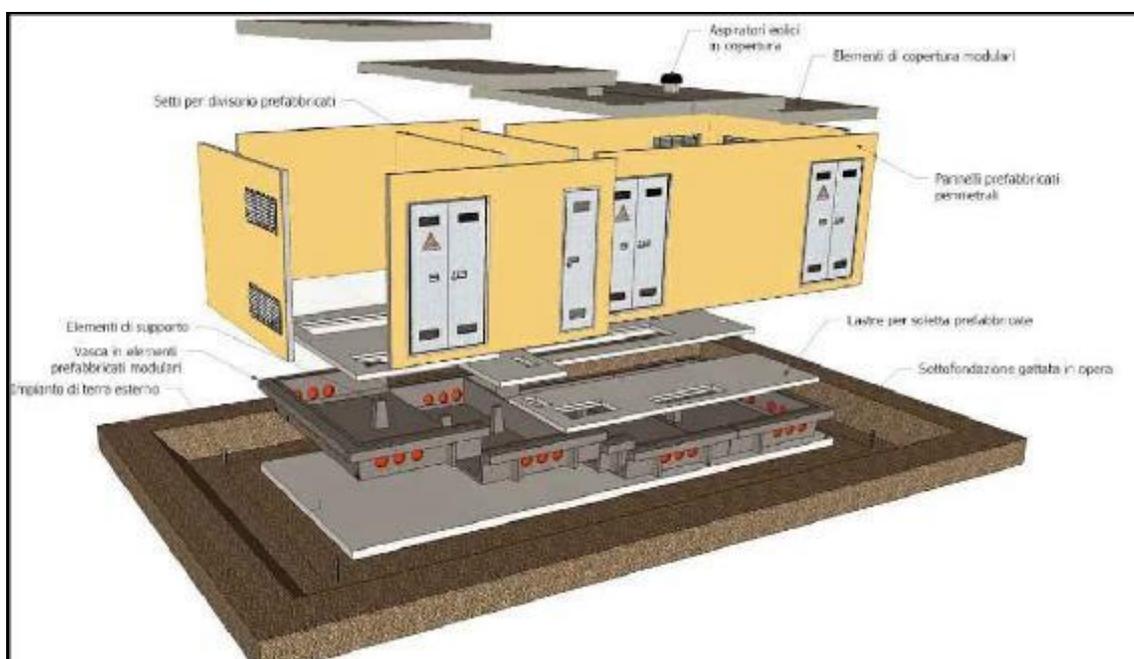
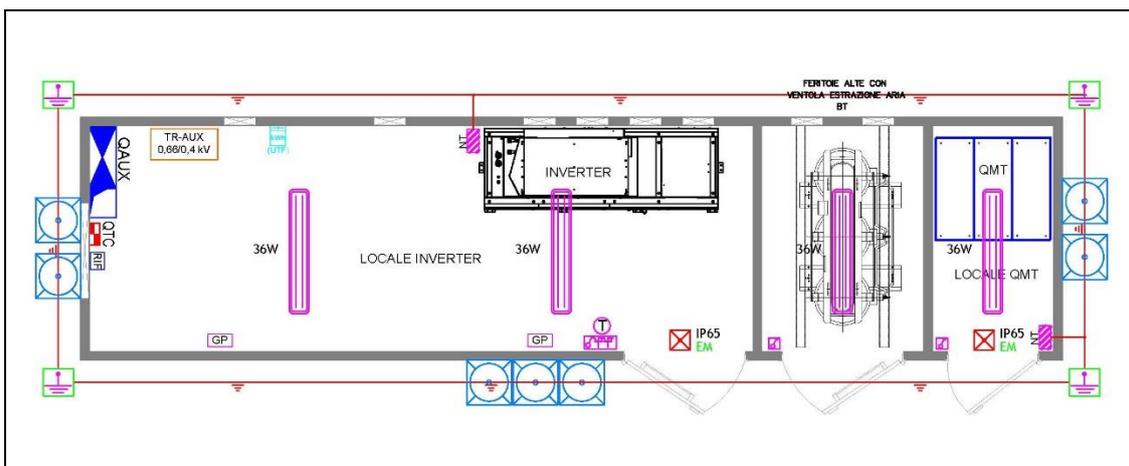
### Cabine di sottocampo

Le cabine sono realizzate in ca confezionato con cemento ad alta resistenza adeguatamente armato con pareti di spessore 7 cm, sono internamente ed esternamente trattate con intonaco murale plastico al quarzo che conferisce elevata resistenza agli agenti atmosferici. Il tetto è impermeabilizzato con guaina catramata, saldata e verniciata con pittura bituminosa di colore alluminio. La ventilazione naturale all'interno dei box avviene tramite finestre di aerazione che consentono l'eliminazione dei fenomeni di condensa. Il basamento di tali box è prefabbricato e

realizzato come una vasca che, attraverso dei fori opportunamente predisposti, consente il passaggio dei cavi.

*Dimensioni cabina (L x h x p): 13,1 m x 3 m x 3,25 m*





## Locali tecnici

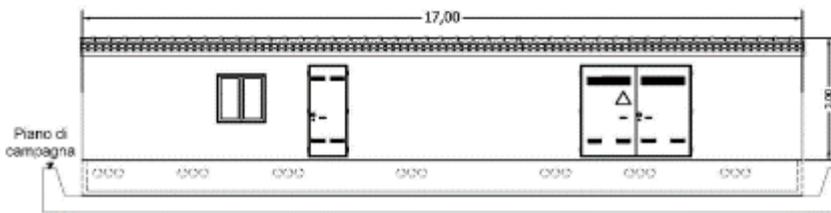
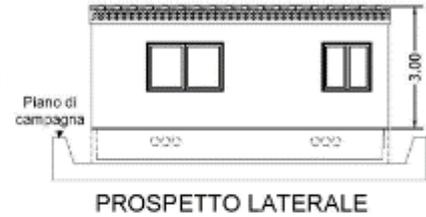
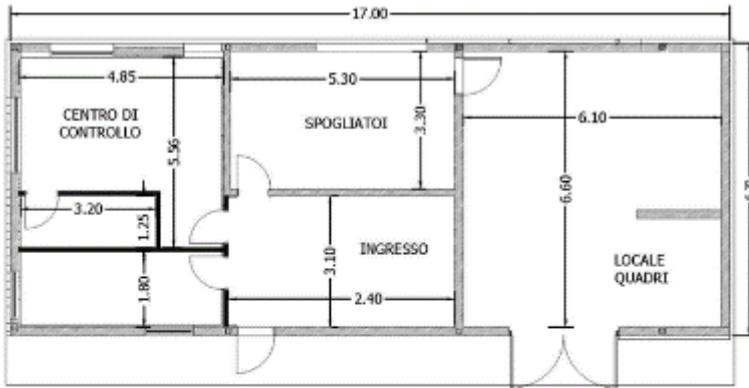
Ciascun locale tecnico è costituito da una cabina prefabbricata con lastra di copertura di spessore 10 cm piana, realizzata in cemento armato monoblocco con materiali certificati CE, calcestruzzo in classe di resistenza a compressione, additivo cristallizzante per calcestruzzi impermeabili a sistema integrale, armature interne in acciaio ad aderenza migliorata.

Altre caratteristiche:

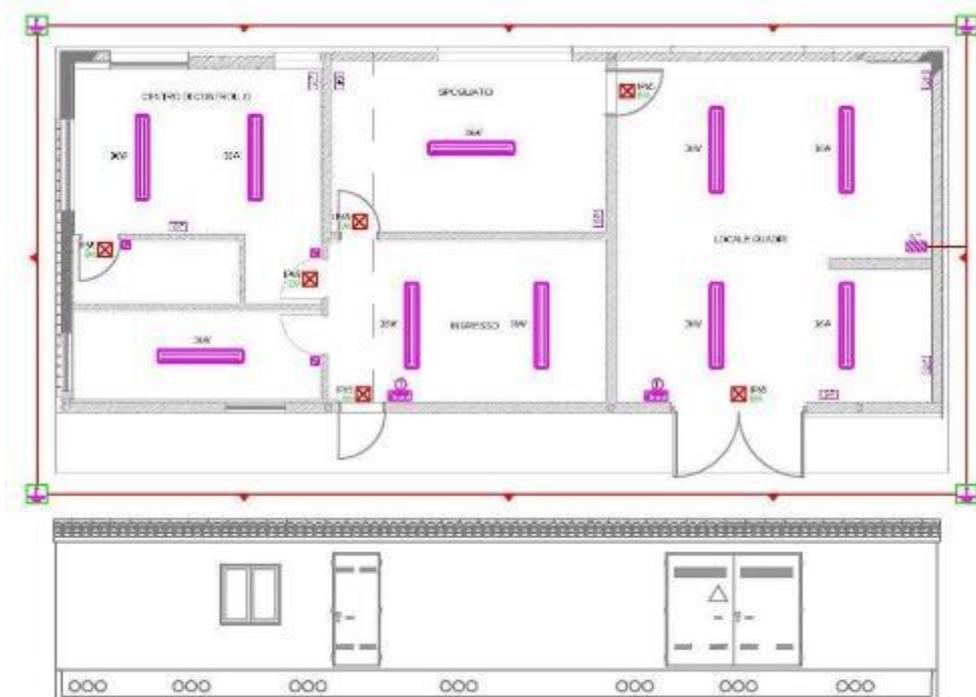
- Tinteggiatura interna colore bianco pareti verticali e sotto lastra di copertura
- Sigillatura lastra di copertura alla cabina
- Rivestimento protettivo pareti esterne con pittura elastomerica antifessurazione
- Guaina ardesiata sopra la copertura

- Porta metallica/REI 60
- Griglia di aerazione in alluminio anodizzato a singolo filare ad alette fisse orizzontali, passo 20 mm, dimensioni 500x500 mm montata a parete

Dimensioni locale tecnico (L x h x p): 17 m x 3 m x 6,70 m



PROSPETTO LATO IMPIANTO

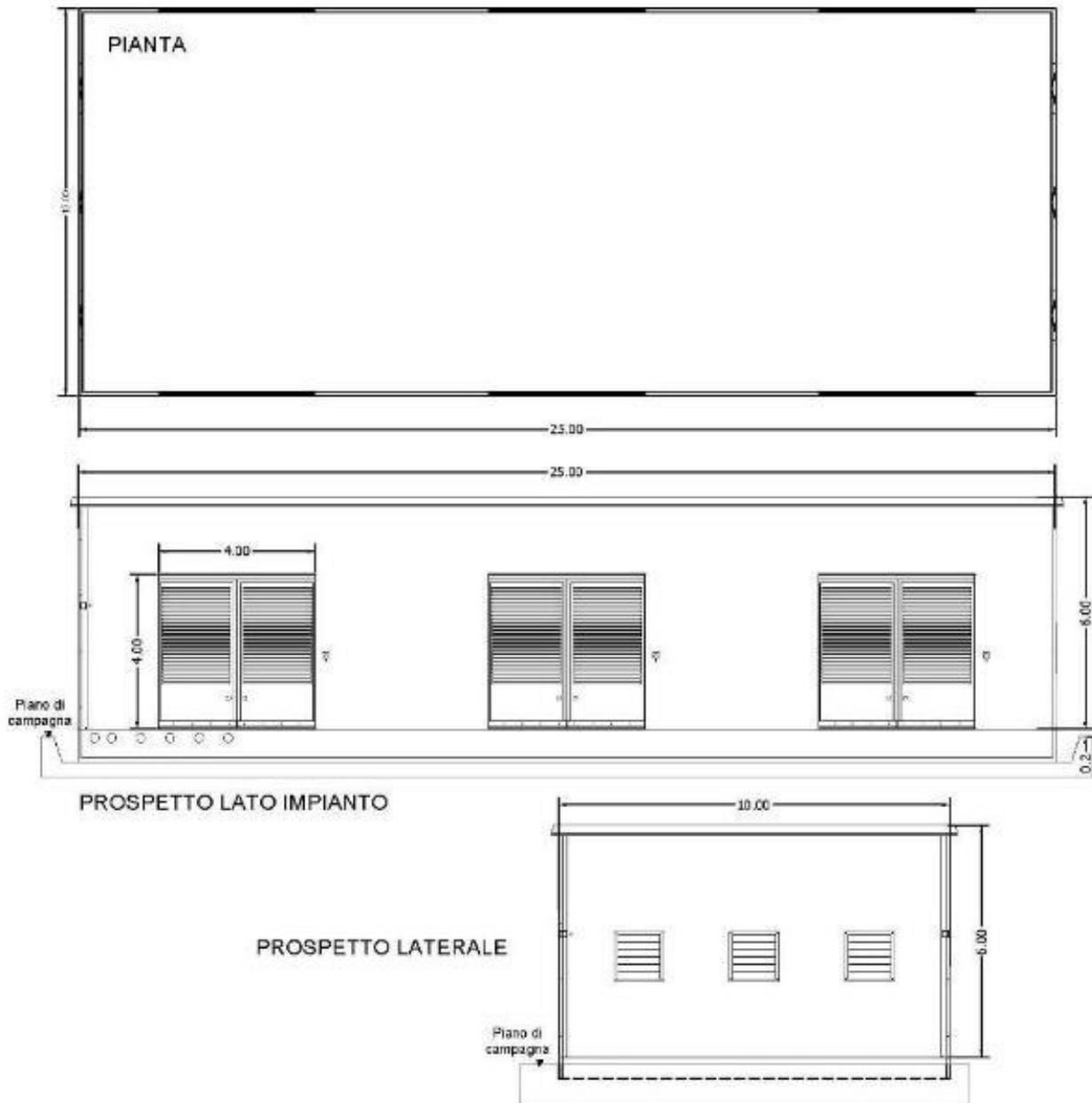


## Magazzino di stoccaggio

Locali prefabbricati, utilizzati come deposito delle attrezzature agricole.

Caratteristiche e modalità di montaggio come i locali tecnici.

Dimensioni magazzino di stoccaggio (L x h x p): 25 m x 6 m x 10 m



### 3.3 MESSA A TERRA

L'impianto di terra dell'impianto sarà costituito:

- dagli schermi metallici dei cavi MT, collegati a terra ad entrambe le estremità;
- dagli anelli di terra delle cabine, realizzati con corda nuda di rame di sezione almeno 50 mm<sup>2</sup> (diametro minimo di ciascun filo 1,8 mm) e picchetti ai vertici;
- dalle corde nude di rame di sezione almeno 50 mm<sup>2</sup> (diametro minimo di ciascun filo 1,8 mm) posate in corrispondenza di ogni scavo, ad eccezione dello scavo dedicato alle linee MT;
- dalle strutture metalliche degli inseguitori (dispersori naturali);
- dai nodi di terra delle cabine e dai conduttori di protezione ed equipotenziali.

Si prevede un anello di terra per ciascuna delle cabine MT.

All'impianto di terra dovranno essere collegate tutte le masse e le masse estranee dell'impianto.

A favore della sicurezza, le strutture metalliche di supporto dei moduli dovranno essere collegate a terra.

### 3.4 AUSILIARI BT E ILLUMINAZIONE ESTERNA

L'alimentazione degli ausiliari BT di campo (es. circuiti di illuminazione esterna, sistema TVcc / antintrusione, motorizzazioni degli inseguitori, ecc.) è garantita da circuiti derivati dai quadri ausiliari BT collocati nelle cabine di sottocampo.

Tali quadri saranno alimentati tramite trasformatori BT/BT posti nelle cabine, come meglio dettagliato nelle tavole di progetto.

L'impianto di illuminazione esterna sarà realizzato nel rispetto delle disposizioni legislative nazionali e regionali e delle normative di settore, ai fini della sicurezza e del risparmio energetico e del contenimento dell'inquinamento luminoso.

Si prevede l'accensione dell'impianto solo in caso di interventi di manutenzione non diurni o in caso di allarme del sistema antintrusione.

Gli apparecchi di illuminazione, di nuova installazione su pali e/o cabine elettriche, saranno conformi alle normative di riferimento (in particolare, CEI 34-21) ed avranno le seguenti caratteristiche elettriche minime:

- Sorgente LED ad alta efficienza (> 110 lm/W), con temperatura di colore ≤ 3500 K, CRI > 70, L80-B10 > 60000 h;
- Grado di protezione minimo contro la penetrazione ai corpi solidi e liquidi: IP65.
- Elevato rendimento luminoso.

Gli apparecchi saranno montati secondo le specifiche del costruttore, in conformità alla legge regionale per il contenimento dell'inquinamento luminoso.

### **3.5 SISTEMA DI MONITORAGGIO E ACQUISIZIONE DATI**

L'impianto fotovoltaico sarà dotato di un sistema di monitoraggio e acquisizione dati, in grado di fornire i parametri generali dell'impianto (potenza, energia prodotta, tensioni, correnti, ecc.), lo stato dell'impianto stesso e di ciascun inverter (funzionamento, guasto, causa del guasto, momento del guasto, ecc.) e le condizioni ambientali monitorate.

Il sistema di acquisizione dati consentirà le funzioni di monitoraggio, memorizzazione, visualizzazione, valutazione e confronto di tutti i più importanti parametri di funzionamento del generatore fotovoltaico e degli inverter.

Le caratteristiche e l'ubicazione dei sensori e dei componenti del sistema di monitoraggio e acquisizione dati saranno stabilite con la Direzione lavori e la Committenza in fase di realizzazione degli impianti.

Per il sistema di controllo centrale di impianto (CCI) si rimanda al par. 5.5.

### **3.6 OFFICINA ELETTRICA**

L'impianto fotovoltaico in esame è soggetto all'obbligo di denuncia di officina elettrica presso l'Agenzia delle dogane e monopoli – ADM competente per territorio (DLgs 504/1995 e s.m.i. - Titolo II), che, eseguita la verifica degli impianti, rilascia la licenza di esercizio, soggetta al pagamento di un diritto annuale.

Nelle immediate vicinanze di ogni quadro AC in ciascuna cabina di sottocampo dovrà pertanto essere installato un gruppo di misura di energia prodotta ad uso fiscale (UTF):

- accompagnato da certificato ad uso UTF rilasciato, a seguito di adeguate verifiche di laboratorio (sul banco) effettuate da laboratorio autorizzato;
- certificato MID e conforme alle norme EN 62052 e EN 62053 e a tutte le disposizioni legislative e normative ad esso applicabili.

Il contatore dovrà essere verificabile, tarabile e sigillabile sul posto.

Le verifiche e prove sul posto dovranno essere eseguite ad impianto funzionante e dovranno essere ripetute ogni 3 anni per contatori di tipo statico (digitale).

Nell'impianto in esame, per la misura dell'energia prodotta e incentivata, si prevede il ricorso a gruppi di misura costituiti da contatori statici di tipo digitale (idonei per la telelettura), da trasformatori di misura amperometrici e voltmetrici (TA e TV) e da morsettiera di prova.

Dovrà essere previsto un idoneo sistema di telelettura e acquisizione dati in remoto (modulo di comunicazione RS485).

In fase di installazione dovranno essere rispettate tutte le prescrizioni dell'ADM (UTF) competente ed adottate le misure antifrode da questa richieste.

### **3.7 ENERGIA PRODOTTA DALL'IMPIANTO PV**

Per l'impianto PV in esame si stima una produzione annua di circa 10,07 GWh, come sintetizzato nell'immagine sottostante ricavata dall'applicativo PVGIS del Joint Research Centre (JRC) dell'Unione Europea, da cui si ricavano i seguenti parametri:

- 1) Irraggiamento annuale: 2196,12 kWh/m<sup>2</sup>
- 2) Produzione annua media attesa: **100.729,1 MWh**
- 3) Producibilità annua attesa (ore equivalenti): 1678,8 kWh/kW
- 4) Perdite totali: 23,55% (tenuto conto anche delle perdite di trasporto energia sulle linee DC e AC, fino alla sottostazione di consegna)



European Commission

## Rendimento FV ad inseguimento

PVGIS-5 stima del rendimento energetico FV

Valori inseriti:

Latitudine/Longitudine: 45.836,8.783  
 Orizzonte: Calcolato  
 Database solare: PVGIS-SARAH  
 Tecnologia FV: Silicio cristallino  
 FV installato: 60002.04 kWp  
 Perdite di sistema: 16 %

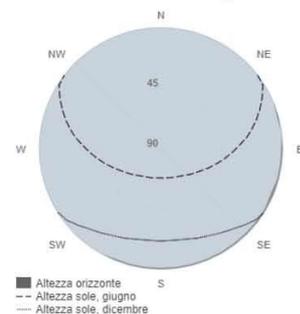
Output del calcolo

Angolo inclinazione [°]: 39 (opt)  
 Produzione annuale FV [kWh]: 100729129.12  
 Irraggiamento annuale [kWh/m<sup>2</sup>]: 2196.03  
 Variazione interannuale [kWh]: 6333792.6  
 Variazione di produzione a causa di:  
 Angolo d'incidenza [%]: -1.51  
 Effetti spettrali [%]: 1.16  
 Perdite temp. ed irr. bassa [%]: -8.66  
 Perdite totali [%]: -23.55

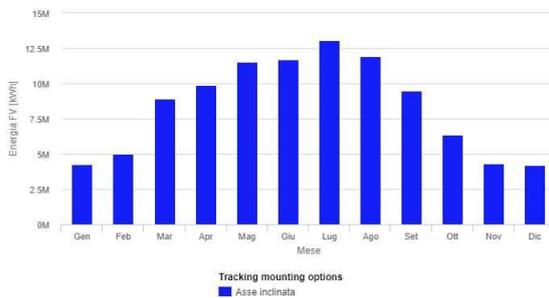
IA\*

\* IA: Asse inclinata

Grafico dell'orizzonte al luogo scelto:



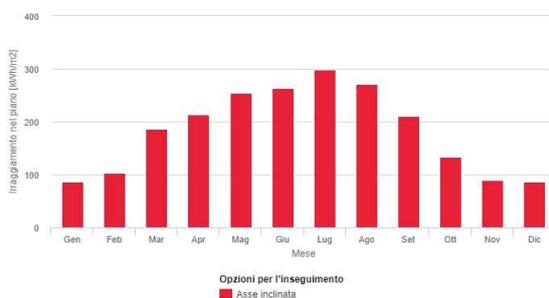
Energia mensile da sistema FV ad inseguimento:



| Mese      | E_m          | H(m)      | SD_m |
|-----------|--------------|-----------|------|
| Gennaio   | 4288019.634  | 1183709.3 |      |
| Febbraio  | 49932470.3   | 1345800.4 |      |
| Marzo     | 89148618.7   | 1599175.4 |      |
| Aprile    | 98776914.1   | 1642780.3 |      |
| Maggio    | 11558477.456 | 1154490.2 |      |
| Giugno    | 11696370.354 | 933359.9  |      |
| Luglio    | 13085522.888 | 903774.6  |      |
| Agosto    | 11930422.145 | 956328.8  |      |
| Settembre | 94911621.4   | 985395.5  |      |
| Ottobre   | 63394618.7   | 1574481.7 |      |
| Novembre  | 4323418.915  | 1255799.1 |      |
| Dicembre  | 4230538.537  | 1053888.0 |      |

E\_m: Media mensile del rendimento energetico del sistema definito [kWh]  
 H\_m: Media mensile di irraggiamento al metro quadro sui moduli del sistem scelto [kWh/m<sup>2</sup>]  
 SD\_m: Variazione standard del rendimento mensile di anno in anno [kWh]

Irraggiamento mensile nel piano di inseguimento:



La Commissione europea gestisce questo sito per offrire al pubblico un più ampio accesso alle informazioni sulle sue iniziative e le politiche dell'Unione europea in generale. L'obiettivo è quello di fornire informazioni esatte e aggiornate. Qualsiasi errore, omissione o inesattezza sarà prontamente corretto. La Commissione declina, tuttavia, qualsiasi responsabilità per quanto riguarda le informazioni ottenute consultando questo sito.  
 È nostra cura ridurre al minimo le disfunzioni imputabili a problemi tecnici. Tuttavia, parte dei dati o delle informazioni contenute nel sito possono essere stati creati o strutturati in file o formati non esenti da errori, e non possiamo garantire che il servizio non subisca interruzioni o non risulti in altro modo di tali problemi. La Commissione declina ogni responsabilità per gli eventuali problemi derivati dall'utilizzazione del presente sito o dai siti esterni ad esso collegati.  
 Per ulteriori informazioni, visitate [https://ec.europa.eu/info/legal/notice\\_it](https://ec.europa.eu/info/legal/notice_it)

## **4. CONNESSIONE ALLA RETE AT**

L'impianto sarà collegato, mediante sottostazione MT/AT utente, alla cabina primaria E-distribuzione presente nel comune di Frugarolo (AL), con collegamento tra le due sottostazioni realizzato con linea interrata in cavo AT, attestata a nuovo stallo da realizzare entro la cabina primaria, come meglio dettagliato nelle tavole di progetto.

## **5. SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE MT/AT (30/132kV) UTENTE**

### **5.1 DESCRIZIONE DELLA SOTTOSTAZIONE UTENTE**

La nuova sottostazione di trasformazione MT/AT sarà conforme alle prescrizioni del gestore di rete, del Codice di rete Terna e alle norme CEI applicabili.

Tutti i componenti saranno dimensionati in base ai calcoli effettuati sulla producibilità massima dell'impianto PV, con i dovuti margini di sicurezza, e in base ai criteri generali di sicurezza elettrica. La sottostazione riceverà energia attraverso le due linee di media tensione a 30 kV derivate dall'impianto PV.

In sottostazione è previsto n. 1 trasformatore 132/30 kV, da 63 MVA.

È inoltre prevista la predisposizione per un secondo stallo trasformatore, ad uso di altro produttore. La sottostazione è progettata in modo da prevedere che l'entrata dei cavi di rete MT a 30 kV e l'uscita dei cavi AT a 132 kV (raccordo verso la sottostazione AT/MT di E-distribuzione) avvenga in sotterraneo, passando per lo stallo AT di protezione e misura in aria.

Per consentire la gestione indipendente delle linee, è stata prevista un'area in cui sono alloggiato le sbarre a 132 kV e lo stallo di protezione della partenza in cavo AT verso la sottostazione di E-Distribuzione.

In adiacenza sono realizzate le aree utente con gli stalli MT/AT e i relativi fabbricati, delimitate da opportune recinzioni.

Ogni stallo trasformatore sarà principalmente costituito da:

- trasformatore di potenza MT/AT;
- terna di scaricatori AT;
- terna di TA in AT;
- interruttore tripolare AT;
- sezionatori tripolari;
- raccordo alle sbarre di raccolta.

Lo stallo di protezione della partenza in cavo AT verso sottostazione di E-Distribuzione sarà principalmente costituito da:

- terna di TV induttivi capacitivi AT;
- terna di TA in AT;
- interruttore tripolare AT;
- sezionatore tripolare;
- terna di scaricatori AT.

La misura dell'energia prodotta in rete avverrà:

- sul lato AT (132 kV) di ciascuna sezione di impianto;
- sul lato MT nei quadri generali MT in sottostazione;
- sul lato BT in corrispondenza dei servizi ausiliari in sottostazione.

Per maggiori dettagli si rimanda allo schema unifilare ed alle tavole planimetriche di progetto.

All'interno dell'area recintata della sottostazione elettrica sarà ubicato un fabbricato, suddiviso in vari locali, che ospiteranno i quadri MT, gli impianti BT e di controllo, gli apparecchi di misura, il locale per l'alloggiamento del gruppo elettrogeno, i servizi igienici, ecc.

L'area della sottostazione sarà delimitata da una recinzione con elementi prefabbricati "a pettine", che saranno installati su apposito cordolo in calcestruzzo (interrato). La finitura del piazzale interno sarà in asfalto. In corrispondenza delle apparecchiature AT sarà realizzata una finitura in ghiaietto.

## **5.2 VIABILITÀ DI ACCESSO E AREE DI PERTINENZA**

In fase di esecuzione delle opere è prevista la realizzazione di un tratto di viabilità di accesso alla sottostazione, opportunamente sistemata in modo da consentire il transito dei mezzi pesanti, specialmente in fase di cantiere.

Tale tracciato sarà studiato per evitare il più possibile eventuali interferenze.

Inoltre, sarà prevista una breve fascia di servizio perimetrale, esternamente alla recinzione della sottostazione, per eventuali opere di stabilizzazione e regimazione delle acque, per manutenzione e per passaggio cavi interrati.

### **5.3 IMPIANTO DI TERRA**

L'impianto di terra, realizzato nel rispetto delle prescrizioni della norma CEI EN 50522 e della guida della CEI 99-5, sarà costituito da una maglia di terra realizzata con conduttori nudi in rame elettrolitico di sezione pari a 120 mm<sup>2</sup> interrati ad una profondità di almeno 0,7 m.

Per le connessioni ai componenti dell'impianto ed armadi verranno impiegati conduttori di sezione pari ad almeno 70 mm<sup>2</sup>.

### **5.4 SISTEMA DI AUTOMAZIONE (RTU) DELLA SOTTOSTAZIONE**

Il sistema di automazione e controllo della sottostazione risponderà alle specifiche E-Distribuzione e Terna.

Le caratteristiche degli apparati periferici RTU saranno tali da rispondere ai requisiti di affidabilità e disponibilità richiesti e potranno variare in funzione delle richieste del gestore di rete.

La RTU dovrà svolgere le seguenti funzioni:

- Interrogazione delle protezioni della sottostazione, per l'acquisizione di segnali e misure attraverso le linee di comunicazione;
- Comando della sezione AT e MT della sottostazione;
- Acquisizione di segnali generali di tutta la rete elettrica;
- Trasmettere a Terna i dati richiesti dal Regolamento di Esercizio, secondo i criteri e le specifiche dei documenti Terna.

La RTU sarà comandabile in locale dalla sottostazione tramite un quadro sinottico che riporterà lo stato degli organi di manovra di tutta la rete MT e AT, i comandi, gli allarmi, le misure delle grandezze elettriche.

### **5.5 SCADA E CCI**

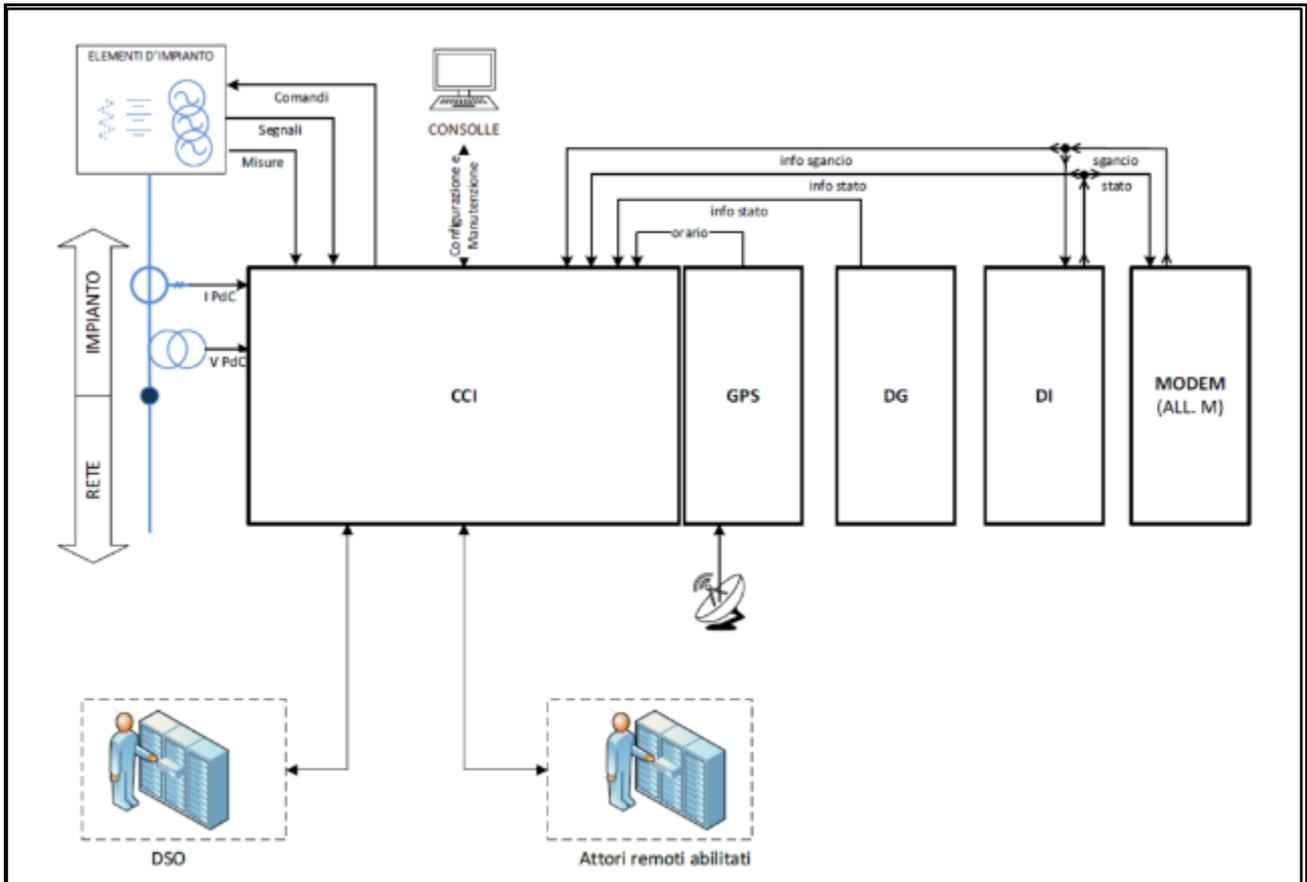
Il sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) sarà modulare e configurabile secondo le necessità e configurazione basata su PC locale con Web Server per l'accesso remoto.

La struttura delle pagine video del sistema SCADA includerà:

- Schema generale di impianto;
- Pagina allarmi con finestra di pre-view;
- Schemi dettagliati di stallo.

Lo SCADA dovrà acquisire, gestire e archiviare ogni informazione significativa per l'esercizio e la manutenzione, nonché i tracciati oscillografici generati dalle protezioni.

L'impianto sarà inoltre dotato di Controllore Centrale di Impianto (CCI), designato ad acquisire dall'impianto e convogliare al TSO, tramite il DSO cui l'impianto è sotteso, i dati richiesti dall'Allegato A.6 del codice di rete Terna, come richiesto dalla delibera ARERA 361/2020/EEL.



Schema di principio di funzionamento del CCI

## 5.6 APPARECCHIATURE MT

La sottostazione sarà dotata di quadri MT con interruttori automatici MT per le linee di collegamento all'impianto PV, sezionatori di terra, lampade di presenza rete ad accoppiamento capacitivo, trasformatori di misura.

Gli interruttori MT (con azionamento motorizzato) forniranno tramite relè indiretto la protezione dai cortocircuiti, dai sovraccarichi, dai guasti a terra.

Sarà presente anche un trasformatore MT/BT per l'alimentazione dei servizi ausiliari di sottostazione, abbinato a gruppo elettrogeno di emergenza.

L'energia assorbita da tali utenze ausiliarie sarà misurata attraverso apposito misuratore ai fini fiscali.

## **5.7 PROTEZIONE DI INTERFACCIA**

La protezione di interfaccia ha lo scopo di separare i gruppi di generazione in MT dalla rete di trasmissione ad alta tensione in caso di malfunzionamento della rete. Sarà realizzata tramite rilevatori di minima e massima tensione, minima e massima frequenza, minima tensione omopolare. La protezione agirà sul dispositivo generale DG della protezione generale AT; sarà realizzata anche una protezione di rinalzo (con ritardo di 0,5 s) che agirà sull'interruttore AT del trasformatore MT/AT (protezione di macchina).

## **5.8 PROTEZIONE DEL TRASFORMATORE MT/AT**

La protezione di macchina del trasformatore MT/AT è costituita da due interruttori automatici, uno sul lato MT, l'altro sul lato AT, corredati di relativi sezionatori e sezionatori di terra, lampade di presenza tensione ad accoppiamento capacitivo, scaricatori di sovratensione, trasformatori di misura e di rilevazione guasti. Sarà così realizzata sia la protezione dai cortocircuiti e dai sovraccarichi, sia la protezione differenziale.

## **6. NUOVO STALLO DELLA CABINA PRIMARIA “BOSCO MARENCO”**

La connessione tra la sottostazione utente e la cabina primaria E-distribuzione “Bosco Marengo” avverrà mediante raccordo in cavo 132 kV interrato, meglio descritto al paragrafo successivo.

Tale linea si attesterà su un nuovo stallo della sottostazione.

Lo stallo di protezione della partenza in cavo AT verso la sottostazione AT/MT sarà principalmente costituito da:

- terna di TV induttivi capacitivi AT;
- terna di TA in AT;
- interruttore tripolare AT;
- sezionatore tripolare;
- terna di scaricatori AT.

La configurazione finale del nuovo stallo sarà definita in fase di progettazione esecutiva, tenuto conto delle prescrizioni del gestore di rete.

## 7. CAVIDOTTI MT E AT DI CONNESSIONE ALLA RETE

### 7.1 INQUADRAMENTO GENERALE

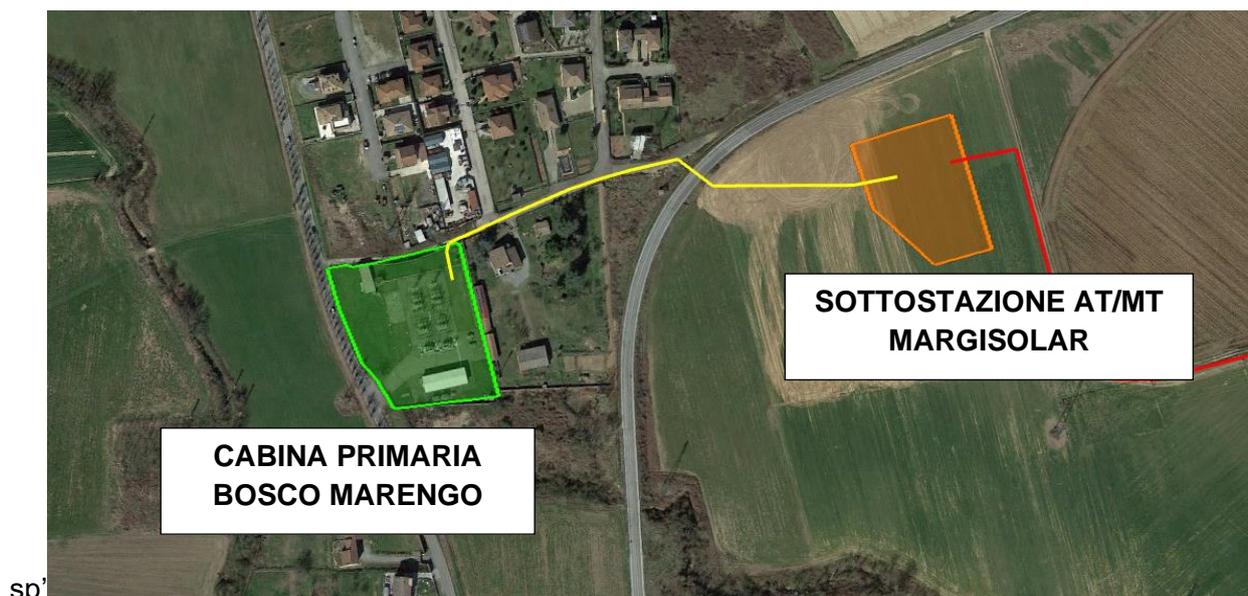
Le opere di connessione dell'impianto fotovoltaico alla rete di distribuzione pubblica, presso la Cabina Primaria E-distribuzione "Bosco Marengo", sita in Comune di Frugarolo S.P.160 s.n., consistono in due cavidotti:

- 1) **CAVIDOTTO IN MEDIA TENSIONE:** collegherà le cabine generali di parallelo MT poste nell'impianto fotovoltaico con la Sottostazione AT/MT, denominata "Margisolar", nel comune di Frugarolo in prossimità della S.P. 180, per una lunghezza totale 9450 m circa;
- 2) **CAVIDOTTO IN ALTA TENSIONE:** collegherà la suddetta Sottostazione AT/MT. "Margisolar" con la Cabina primaria "Bosco Marengo", per una lunghezza totale di 330 m (entro i confini del comune di Frugarolo).

Il tracciato dei cavidotti, dettagliato nell'immagine sottostante, si snoda sia lungo viabilità pubbliche, sia terreni privati.



*Tracciato dei cavidotti*



sp' *Dettaglio del tracciato del cavidotto AT*

## 7.2 AUTORIZZAZIONI E INTERFERENZE

| INTERFERENZA   | AUTORIZZAZIONE | ENTE COINVOLTO  | RIFERIMENTI  |
|--|----------------|---|--|
| ACQUE PUBBLICHE:<br>RIO RIATA<br>RIO LOVASSINA   | Concessione    | REGIONE PIEMONTE  |  |
| STRADE<br>PROVINCIALI:<br>S.P.n.180var<br>S.P. 150<br>S.P. 149<br>S.P. 148<br>EX S.S. 35 “dei Giovi” | Concessione    | PROVINCIA DI<br>ALESSANDRIA<br>P.za Libertà, 17 -<br>15121 Alessandria (AL) | Tel. 0131/304814   |
| STRADE COMUNALI<br>FRUGAROLO:<br>Via Mortaisti Divisione<br>Ravenna                                  | Concessione    | COMUNE DI<br>FRUGAROLO<br>Via Cavour, 2<br>Frugarolo (AL)                   | Tel. 0131/304814<br>Fax. 0131/296244<br>Pec: protocollo@comune.<br>frugarolo.al.it |
| FERROVIA<br>Linea Torino-Genova<br>Km 100+500  | Concessione    | FERSERVIZI<br>Ufficio concessioni<br>Via Rivarolo, 18<br>16161 Genova       | Tel. 010.9854904<br>Fax 010.9854942<br>genova@ferservizi.it                        |
| ACQUEDOTTO   | Nullaosta      | Gestione Acqua S.p.a.<br>Corso Italia, 69<br>Novi Ligure (AL)               | Tel. 800.338400<br>info@gestioneacqua.it   |

|                             |                             |  |   |
|-----------------------------|-----------------------------|--|---|
| TUBAZIONE GAS               | Nullaosta                   | 2i RETE GAS  | Tel. 80090131   |
| LINEE TELECOMUNICAZIONI     | Nullaosta                   | MINISTERO DELLE TELECOMUNICAZIONI                  | Ispettorato Territoriale Piemonte Valle d' Aosta<br>Via Arsenale, 13 - 10121 TORINO |
| CAVI TELEFONICI             | Nullaosta<br>Tacito assenso | TELECOM ITALIA s.p.a.                              | E-mail: assistenzascavi_pv@telecomitalia.it   |
| VINCOLO ARCHEOLOGICO        | Autorizzazione              | SEBAP per le province di Alessandria, Asti e Cuneo | Via Pavia<br>15121 Alessandria  |
| TERRENI PRIVATI             | Servitù inamovibile         | COME DA PIANO PARTICELLARE ALLEGATO                |   |
| DENUNCIA IMPIANTI ELETTRICI | Denuncia                    | REGIONE PIEMONTE                                   |   |

### 7.3 DESCRIZIONE OPERE

#### CAVIDOTTI MT

Il nuovo cavidotto collega le due cabine di parallelo MT poste nell'impianto fotovoltaico con la sottostazione AT Margisolar, sita in comune di Frugarolo, per una lunghezza complessiva di poco inferiore a 9,5 km.

Il cavidotto sarà costituito da n. 4 tubi corrugati serie N "pesante" 450N di colore grigio, diametro 200 mm, e da n. 1 tritubo pead diametro 50 mm.

Tutti gli scavi sono stati considerati di profondità di almeno 1,40 m (1 m all'estradosso) con fornitura di materiale fine/sabbia sul tubo e del nastro monitore rosso.

All'interno dei tubi corrugati saranno posate n. 4 terne di cavi MT (2 terne per ciascuna linea).

Il cavo previsto è tipo ARE4H1R AI 18/30 kV 3x1x400 mm<sup>2</sup> o similare.

I giunti di continuità sono di tipo GIU1PMTRET - CAV AI 400 mm<sup>2</sup> (quantità prevista: 240).

Lungo il tracciato è presente la linea ferroviaria a doppio binario Torino-Genova, che sarà superato posando la tubazione con tecnica teleguidata.

Allo stesso modo, con tecnica teleguidata saranno risolte le interferenze con l'attraversamento di acque pubbliche (in particolare con quelle del Rio Riata e del rio Lovassina) e con l'attraversamento della ex S.S. 35 dei Giovi.

Sussiste anche vincolo archeologico di cui alla Legge 1089/39 e smi lungo tutta la via Emilia, indicata come Centuriazione Romana; ogni intervento risulta quindi subordinato al parere vincolante della Soprintendenza Archeologica.

## **OPERE SU STRADE PUBBLICHE**

Tutte le lavorazioni lungo le strade pubbliche saranno eseguite nel rispetto delle prescrizioni del Codice della Strada vigente e delle indicazioni dell'Ente Concessionario.

Si riporta nel seguito una breve descrizione dell'attività.

### ***Rimozione manto***

Prima di procedere allo scavo, sia esso longitudinale che trasversale alla strada, si provvederà al taglio con sega a disco rotante o macchina taglia-asfalti e successiva rimozione della pavimentazione bitumata (tappeto d'usura e binder).

### ***Riempimento scavi***

Il riempimento dello scavo sarà costituito da:

- 1) Sabbia, o similari, nella parte di posizionamento della condotta, con uno spessore di almeno 10 cm superiore all'estradosso della condotta stessa;
- 2) Tout venant di cava stabilizzato, o altro materiale indicato dall'ente concessionario, fino alla quota di -10 cm dal filo superiore dello scavo;
- 3) Strato di collegamento Binder per i restanti 10 cm.

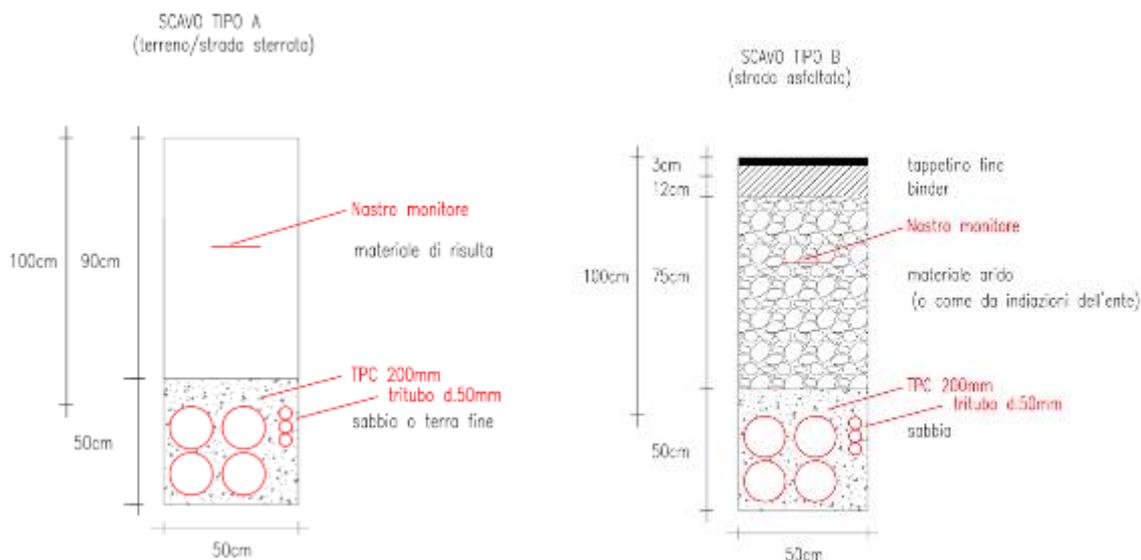
Dopo aver effettuato il riempimento con le modalità prescritte al precedente punto, il ripristino definitivo sarà eseguito nella stagione adatta (clima caldo o mite), non prima di mesi 6 (sei) dalla data del primo ripristino.

### ***Ripristino definitivo***

Il ripristino definitivo sarà eseguito mediante la ricostruzione dello strato di usura in conglomerato bituminoso dello spessore di 3-4 cm, incassato nella pavimentazione esistente e steso esclusivamente con macchina vibrofinitrice, previa fresatura dell'area oggetto di scavo, estesa per una larghezza di almeno 50 cm sui quattro lati dello stesso. Ad opere ultimate la parte superiore della zona ripristinata sarà pari alla pavimentazione della strada esistente senza bombature, avvallamenti, slabbrature; non deve essere impedito il regolare deflusso delle acque meteoriche e non devono risultare ristagni di acqua.

La sigillatura delle zone perimetrali del ripristino, qualora necessaria, sarà eseguita con speciale mastice di bitume colato a caldo previa pulizia/asportazione di eventuali irregolarità superficiali e riscaldamento delle pareti delle fessure con lancia termica.

La larghezza del ripristino sarà pari a tutta la carreggiata stradale in strade la cui larghezza risulta inferiore ai 5 m e pari alla mezza carreggiata per quelle la cui larghezza totale risulta superiore.



### ***Posa con tecnica teleguidata***

Nota anche come Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.) e Trivellazione Orizzontale Teleguidata (T.O.T.), o in inglese Horizontal Directional Drilling (HDD) , è una tecnologia "no dig" che permette il controllo centimetrico della traiettoria.

La perforazione orizzontale teleguidata si avvale di una radiosonda montata sulla punta di perforazione che emette dei segnali radio che indicano la posizione della punta così che l'operatore, possa interagire su: altezza, inclinazione e direzione.

La radiosonda, montata in cima alla punta di perforazione, dialoga con l'unità operativa esterna permettendo il controllo e la correzione, in tempo reale, della traiettoria del foro pilota.

La prima operazione di una perforazione orizzontale teleguidata consiste nella realizzazione del foro pilota, lungo tutto il tracciato dell'attraversamento da realizzare (strada, ferrovia, canale, ecc.).

La punta di perforazione viene spinta da aste metalliche cave ed elastiche, che permettono la realizzazione di curve. La testa di perforazione è costituita da una punta, chiamata anche "paletta", che ha la forma appiattita ed inclinata di 25° rispetto all'asse dell'asta per permetterle di cambiare direzione a seconda dell'inclinazione impostata.

Questa "paletta" è forata alla base il che permette la fuoriuscita del liquido in pressione utilizzato durante la perforazione. Il monitor dell'operatore ed il rilevatore radar portatile consentono di individuare l'esatta posizione della testa di perforazione, permettendo così il costante controllo della traiettoria e di modificare, all'occorrenza, il percorso in caso vi sia da aggirare ostacoli o sottoservizi.

La seconda operazione della perforazione teleguidata consiste nell'allargamento del foro pilota, in modo da permettere di inserire, all'interno della perforazione, un tubo camicia.

L'allargamento avviene con l'ausilio di alesatori disponibili in diverse misure e adatti ad aggredire qualsiasi tipo di terreno, anche roccioso. Gli alesatori vengono montati al posto della punta di perforazione e trainati all'indietro dalle aste cave, al cui interno viene immesso un liquido ad alta pressione per migliorare l'estrusione dei materiali e consolidare il foro.

L'ultima operazione è la spinta del tubo all'interno del foro allargato; solitamente l'attività si esegue contestualmente all'allargamento fissando il tubo con apposite teste al retro dell'alesatore.

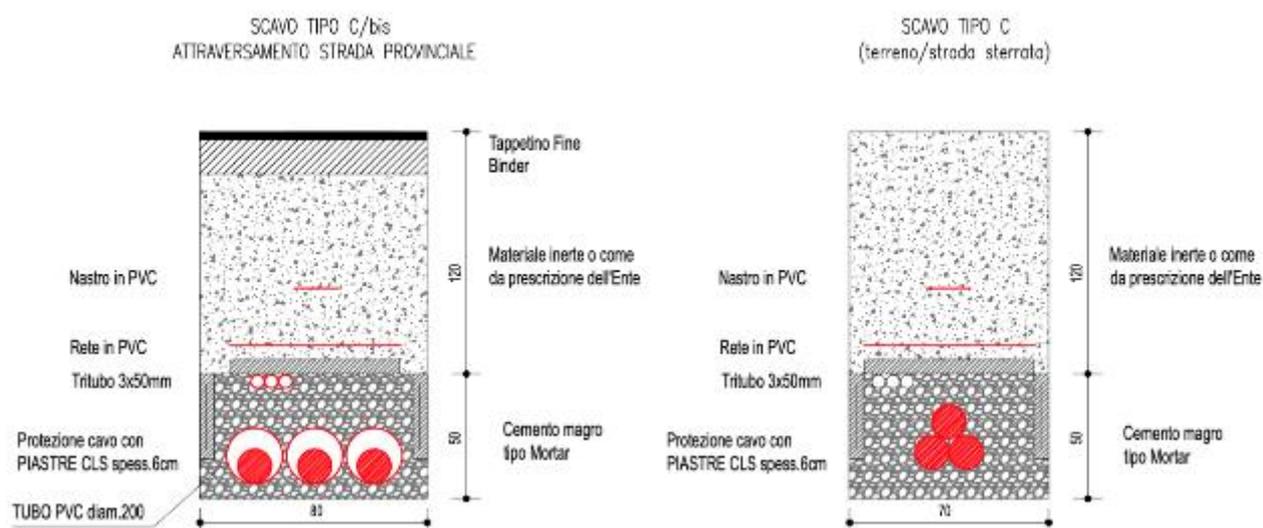


### **CAVIDOTTO DI ALTA TENSIONE**

Il cavidotto AT collega tra di loro la nuova Sottostazione AT/MT Margisolar e la cabina primaria di E-distribuzione Bosco Marengo..

Il Cavidotto si svilupperà in parte in proprietà privata, in parte in proprietà pubblica lungo la viabilità della Provincia di Alessandria e del Comune di Alessandria, in via della Rana.

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità di 1,6 m, con disposizione delle fasi a trifoglio.



Nello stesso scavo, a distanza di almeno 0,3 m dai cavi di energia, sarà posato un cavo con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati.

Tutti i cavi verranno protetti con cemento 'mortar' con adeguata resistività termica ( $R_t < 1,2 \text{ K m/W}$ ).

I cavi saranno protetti e segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico, ed ove necessario anche da una lastra di protezione in cemento armato dello spessore di 6 cm.

Anche sui lati si potrà porre a protezione lastre in cemento dello spessore di 6 cm.

La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto.

Altre soluzioni particolari, quali l'alloggiamento dei cavi in cunicoli prefabbricati o gettati in opera od in tubazioni di PVC della serie pesante o di ferro, potranno essere adottate per attraversamenti specifici. Nella fase di posa dei cavi, per limitare al massimo i disagi al traffico veicolare locale, la terna di cavi sarà posata in fasi successive in modo da poter destinare al transito, in linea generale, almeno una metà della carreggiata.

In tal caso la sezione di posa potrà differire da quella normale sia per quanto attiene il posizionamento dei cavi che per le modalità di progetto delle protezioni.

Gli attraversamenti delle opere interferenti saranno eseguiti in accordo a quanto previsto dalla norma CEI 11-17.

## 7.4 TABELLA DI PICCHETTAZIONE

Data la natura dell'opera, le misure della seguente tabella di picchettazione sono di tipo indicativo e non esaustivo e potrebbero quindi subire variazioni in fase esecutiva.

## CAVIDOTTO MT

| TRATTA PICCHETTI | DENOMINAZIONE STRADA               | U.M. | QUANTITA' | SCAVO TIPO | TIPO RIPRISTINO     | U.M. | LARGHEZZA RIPRISTINO | TIPO CAVI      | QUANTITA' |
|------------------|------------------------------------|------|-----------|------------|---------------------|------|----------------------|----------------|-----------|
|                  |                                    |      |           |            |                     |      |                      | TIPO TUBI      |           |
| 001-002          | SOTTOSTAZIONE MARGISOLAR           | m    | 16,00     | A          | Ghiaia              | m    | 1                    | MT 3X1X400     | 4         |
|                  |                                    |      |           |            |                     |      |                      | PEAD DIAM. 200 | 4         |
| 002-003          | TERRENO PRIVATO                    | m    | 200,00    | A          | Sterrato            | m    | 0                    | MT 3X1X400     | 4         |
|                  |                                    |      |           |            |                     |      |                      | PEAD DIAM. 200 | 4         |
| 003-004          | STRADA PRIVATA STERRATA            | m    | 320,00    | A          | Sterrato            | m    | 0                    | MT 3X1X400     | 4         |
|                  |                                    |      |           |            |                     |      |                      | PEAD DIAM. 200 | 4         |
| 004-005          | STRADA PRIVATA STERRATA            | m    | 424,00    | A          | Sterrato            | m    | 0                    | MT 3X1X400     | 4         |
|                  |                                    |      |           |            |                     |      |                      | PEAD DIAM. 200 | 4         |
| 005-006          | ATTRAVERSAMENTO S.P.150            | m    | 6,00      | B          | Fresatura + Asfalto | m    | 3,5                  | MT 3X1X400     | 4         |
|                  |                                    |      |           |            |                     |      |                      | PEAD DIAM. 200 | 4         |
| 006-007          | S.P.150                            | m    | 310,00    | B          | Fresatura + Asfalto | m    | 3,5                  | MT 3X1X400     | 4         |
|                  |                                    |      |           |            |                     |      |                      | PEAD DIAM. 200 | 4         |
| 007-008          | Rampa sottopasso                   | m    | 60,00     | B          | Fresatura + Asfalto | m    | 3                    | MT 3X1X400     | 4         |
|                  |                                    |      |           |            |                     |      |                      | PEAD DIAM. 200 | 4         |
| 008-009          | SOTTOPASSO FERROVIA                | m    | 50,00     | B          | TELEGUIDATA         | m    | 0                    | MT 3X1X400     | 4         |
|                  |                                    |      |           |            |                     |      |                      | PEAD DIAM. 200 | 4         |
| 009-010          | Rampa sottopasso                   | m    | 60,00     | B          | Fresatura + Asfalto | m    | 3                    | MT 3X1X400     | 4         |
|                  |                                    |      |           |            |                     |      |                      | PEAD DIAM. 200 | 4         |
| 010-011          | S.P.150                            | m    | 220,00    | B          | Fresatura + Asfalto | m    | 3                    | MT 3X1X400     | 4         |
|                  |                                    |      |           |            |                     |      |                      | PEAD DIAM. 200 | 4         |
| 011-012          | ATTR. RIO RISTA                    | m    | 16,00     | B          | TELEGUIDATA         | m    | 0                    | MT 3X1X400     | 4         |
|                  |                                    |      |           |            |                     |      |                      | PEAD DIAM. 200 | 4         |
| 012-013          | S.P.150                            | m    | 560,00    | B          | Fresatura + Asfalto | m    | 3                    | MT 3X1X400     | 4         |
|                  |                                    |      |           |            |                     |      |                      | PEAD DIAM. 200 | 4         |
| 013-014          | S.P.150                            | m    | 527,00    | B          | Fresatura + Asfalto | m    | 3                    | MT 3X1X400     | 4         |
|                  |                                    |      |           |            |                     |      |                      | PEAD DIAM. 200 | 4         |
| 014-015          | S.P.150                            | m    | 10,00     | B          | Fresatura + Asfalto | m    | 3                    | MT 3X1X400     | 4         |
|                  |                                    |      |           |            |                     |      |                      | PEAD DIAM. 200 | 4         |
| 015-016          | S.P.150                            | m    | 995,00    | B          | Fresatura + Asfalto | m    | 3                    | MT 3X1X400     | 4         |
|                  |                                    |      |           |            |                     |      |                      | PEAD DIAM. 200 | 4         |
| 016-017          | ATTR. RIO LOVASSINA                | m    | 30,00     | D          | TELEGUIDATA         | m    | 0                    | MT 3X1X400     | 4         |
|                  |                                    |      |           |            |                     |      |                      | PEAD DIAM. 200 | 4         |
| 017-018          | S.P.150                            | m    | 466,00    | B          | Fresatura + Asfalto | m    | 3                    | MT 3X1X400     | 4         |
|                  |                                    |      |           |            |                     |      |                      | PEAD DIAM. 200 | 4         |
| 018-019          | ATTRAVESAMENTO S.S. N.35 DEI GIOVI | m    | 60,00     | D          | TELEGUIDATA         | m    | 0                    | MT 3X1X400     | 4         |
|                  |                                    |      |           |            |                     |      |                      | PEAD DIAM. 200 | 4         |

|               |                                |          |                |   |                        |   |   |              |   |
|---------------|--------------------------------|----------|----------------|---|------------------------|---|---|--------------|---|
| 019-020       | S.P.150                        | m        | 380,00         | B | Fresatura +<br>Asfalto | m | 3 | MT 3X1X400   | 4 |
|               |                                |          |                |   |                        |   |   | PE DIAM. 200 | 4 |
| 020-021       | S.P.150                        | m        | 560,00         | B | Fresatura +<br>Asfalto | m |   | MT 3X1X400   | 4 |
|               |                                |          |                |   |                        |   |   | PE DIAM. 200 | 4 |
| 021-022       | S.P.150                        | m        | 682,00         | B | Fresatura +<br>Asfalto | m | 3 | MT 3X1X400   | 4 |
|               |                                |          |                |   |                        |   |   | PE DIAM. 200 | 4 |
| 022-023       | S.P.150                        | m        | 516,00         | B | Fresatura +<br>Asfalto | m | 3 | MT 3X1X400   | 4 |
|               |                                |          |                |   |                        |   |   | PE DIAM. 200 | 4 |
| 023-024       | S.P.148                        | m        | 403,00         | B | Fresatura +<br>Asfalto | m | 3 | MT 3X1X400   | 4 |
|               |                                |          |                |   |                        |   |   | PE DIAM. 200 | 4 |
| 024-025       | S.P.148                        | m        | 1088,00        | B | Fresatura +<br>Asfalto | m | 3 | MT 3X1X400   | 4 |
|               |                                |          |                |   |                        |   |   | PE DIAM. 200 | 4 |
| 025-026       | S.P.149                        | m        | 90,00          | B | Fresatura +<br>Asfalto | m | 3 | MT 3X1X400   | 4 |
|               |                                |          |                |   |                        |   |   | PE DIAM. 200 | 4 |
| 026-027       | S.P.149                        | m        | 662,00         | B | Fresatura +<br>Asfalto | m | 3 | MT 3X1X400   | 4 |
|               |                                |          |                |   |                        |   |   | PE DIAM. 200 | 4 |
| 027-028       | S.P.149                        | m        | 187,00         | B | Fresatura +<br>Asfalto | m | 3 | MT 3X1X400   | 4 |
|               |                                |          |                |   |                        |   |   | PE DIAM. 200 | 4 |
| 028-029       | ATTRAVERSAME<br>NTO VIA EMILIA | m        | 20,00          | D | TELEGUIDA<br>TA        | m |   | MT 3X1X400   | 4 |
|               |                                |          |                |   |                        |   |   | PE DIAM. 200 | 4 |
| 029-030       | S.P.149                        | m        | 417,00         | B | Fresatura +<br>Asfalto | m | 3 | MT 3X1X400   | 4 |
|               |                                |          |                |   |                        |   |   | PE DIAM. 200 | 4 |
| 030-031       | PROPIETA'<br>PRIVATA           | m        | 100,00         | A | STERRATO               | m | 3 | MT 3X1X400   | 4 |
|               |                                |          |                |   |                        |   |   | PE DIAM. 200 | 4 |
| <b>TOTALE</b> |                                | <b>m</b> | <b>9435,00</b> |   |                        |   |   |              |   |

### CAVIDOTTO A.T.

| TRATTA PICCHETTI | DENOMINAZIONE<br>TRATTO                     | U.M. | QUANTITA' | SCAVO<br>TIPO | TIPO<br>RIPRISTINO     | U.M.     | LARGHEZZA<br>RIPRISTINO | TIPO CAVI | QUANTITA'   |
|------------------|---|------|-----------|---------------|------------------------|----------|-------------------------|-----------|-------------|
|                  |   |      |           |               |                        |          |                         | TIPO TUBI |             |
| A-B              | SOTTOSTAZIONE<br>A.T.<br>BOSCO MARENGO      | m    | 22,00     | C             | Sterrato               | m        | 0                       | AT 1X630  | 3           |
| B-C              | STRADA PRIVATA                              | m    | 30,00     | C             | Ghiaia                 | Sterrato | m                       | 0         | AT<br>1X630 |
| C-D              | VIA MORTAISTI<br>DELLA DIVISIONE<br>RAVENNA | m    | 95,00     | C             | Fresatura +<br>Asfalto | m        | 6                       | AT 1X630  | 3           |
| D-E              | STRADA STERRATA<br>COMUNE DI                | m    | 56,00     | C             | Sterrato               | m        | 0                       | AT 1X630  | 3           |

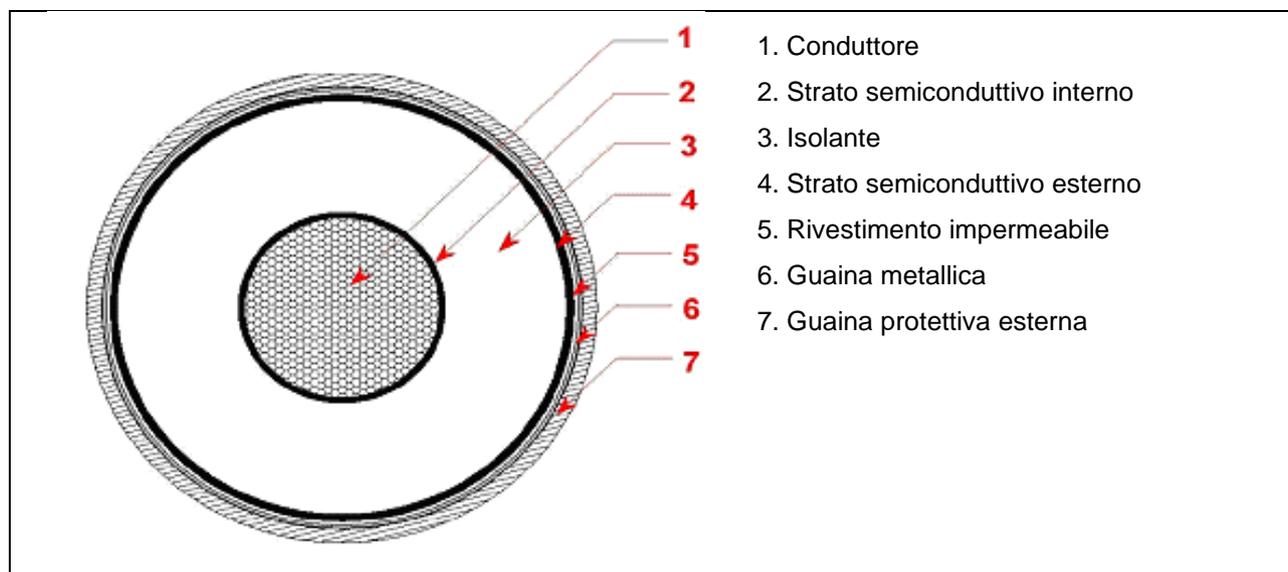
| FRUGAROLO     |                             |          |               |   |                        |   |   |          |   |
|---------------|-----------------------------|----------|---------------|---|------------------------|---|---|----------|---|
| E-F           | ATTRAVERSAMENTO<br>S.P. 180 | m        | 10,00         | C | Fresatura +<br>Asfalto | m | 4 | AT 1X630 | 3 |
| F-G           | TERRENO PRIVATO             | m        | 100,00        | C | Sterrato               | m | 0 | AT 1X630 | 3 |
| G-H           | SOTTOSTAZIONE<br>MARGISOLAR | m        | 16,00         | C | Ghiaia                 | m | 0 | AT 1X630 | 3 |
| <b>TOTALE</b> |                             | <b>m</b> | <b>329,00</b> |   |                        |   |   |          |   |

## 7.5 CARATTERISTICHE DEI CAVI DI ENERGIA

### CAVI AT

L'elettrodotto a 132 kV sarà realizzato con una terna di cavi unipolari realizzati con conduttore in rame o in alluminio, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermatura in alluminio e guaina esterna in polietilene. Ciascun conduttore di energia avrà una sezione indicativa di circa 630 mm<sup>2</sup> in rame.

Di seguito si riporta a titolo illustrativo la sezione del cavo che verrà utilizzato:



Il conduttore è generalmente tamponato per evitare la accidentale propagazione longitudinale dell'acqua. Sopra il conduttore viene applicato prima uno strato semiconduttivo estruso, poi l'isolamento XLPE e successivamente un nuovo semiconduttivo estruso; su quest'ultimo viene avvolto un nastro semiconduttivo igroespandente, anche in questo caso per evitare la propagazione longitudinale dell'acqua.

Gli schermi metallici intorno ai conduttori di fase dei cavi con isolamento estruso hanno la funzione principale di fornire una via di circolazione a bassa impedenza alle correnti di guasto in caso di

cedimento di isolamento. Pertanto essi saranno dimensionati in modo da sostenere le massime correnti di cortocircuito che si possono presentare.

Sopra lo schermo di alluminio viene applicata la guaina aderente di polietilene nera e grafitata avente funzione di protezione anticorrosiva ed infine la protezione esterna meccanica.

Tali dati potranno subire adattamenti comunque non essenziali dovuti alla successiva fase di progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori e/o appaltatori.

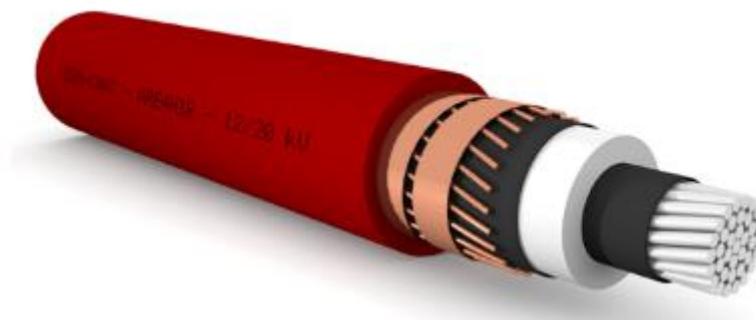
## **CAVI MT**

Il cavo MT sarà di tipo ARE4H1R, con tensione di esercizio 18/30 kV, sezione 400 mm<sup>2</sup> (con conduttore in alluminio).

Il cavo, conforme alle norme IEC 60502-2 - CEI 20-13 - CEI EN 20-35, è adatto alla posa interrata, anche non protetta, ed alla posa in aria o in tubazione.

### *Caratteristiche funzionali:*

- Tensione nominale U<sub>0</sub>/U: 18/30 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90 °C
- Temperatura minima di esercizio: -15 °C (in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Resistenza elettrica massima dello schermo: 3 Ω/km
- Temperatura minima di posa: 0 °C
- Temperatura massima di cortocircuito: 250 °C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 12 volte il diametro del cavo
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 60 N/mm<sup>2</sup>



## **8. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI**

### **8.1 PREMESSA**

Il DPCM 8 luglio 2003 stabilisce i limiti di esposizione ed i valori di attenzione per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) nonché, per il campo magnetico, anche un obiettivo di qualità ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni.

il sopracitato DPCM stabilisce, come limite di esposizione, il valore di 100  $\mu\text{T}$  per il campo magnetico, ed un valore di attenzione di 10  $\mu\text{T}$  nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori alle quattro ore giornaliere.

Per nuovi elettrodotti ed installazioni elettriche viene fissato l'obiettivo di qualità a 3  $\mu\text{T}$  in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenza non inferiori alle quattro ore giornaliere.

Per il campo elettrico il limite di esposizione è fissato a 5 kV/m.

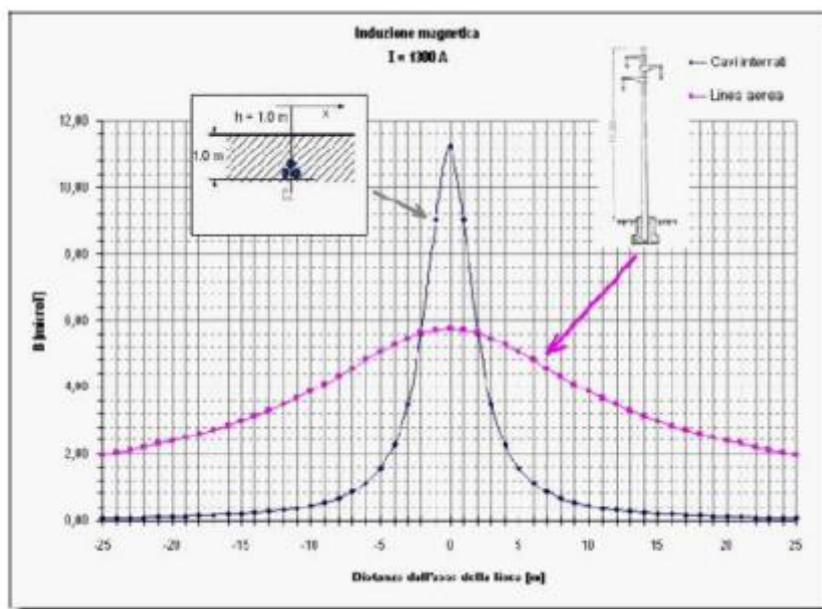
### **8.2 ELETTRODOTTI**

In generale, gli elettrodotti dedicati alla trasmissione e distribuzione di energia elettrica sono percorsi da correnti elettriche di intensità diversa, ma tutte alla frequenza di 50 Hz, e quindi tutti i fenomeni elettromagnetici che li vedono come sorgenti possono essere studiati correttamente con il modello per campi quasi statici.

Il metodo di calcolo adottato per la stima dei campi elettromagnetici è conforme alla norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche".

Gli impianti per la produzione e la distribuzione dell'energia elettrica alla frequenza di 50 Hz ricadono tra le sorgenti di campi elettrici e magnetici nell'intervallo 30-300 Hz.

Sempre in linea generale, una linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico ed un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza, come riportato nel grafico seguente.



## CAMPO ELETTRICO

Nel caso di cavi interrati, la presenza dello schermo metallico dei cavi (messo a terra alle estremità), la relativa vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche e l'effetto schermante del terreno stesso rendono di fatto il campo elettrico trascurabile ovunque, in quanto la somma vettoriale delle tre correnti di fase è di fatto nulla

Pertanto, il rispetto dei limiti previsti dalla normativa vigente in corrispondenza dei recettori sensibili è sempre garantito, indipendentemente dalla distanza degli stessi dall'elettrodotto interrato (MT o AT).

Non si riporta pertanto alcun calcolo del campo elettrico prodotto dalle linee in cavo interrate, poiché, come detto, il campo elettrico esterno, in corrispondenza delle linee stesse, è di fatto nullo.

## CAMPO MAGNETICO

Il campo magnetico è generato in funzione della potenza trasmessa (corrente) e della disposizione geometrica dei conduttori, che può essere nel piano o a triangolo.

Per quanto riguarda la generazione di campi magnetici, si evidenzia che la disposizione a trifoglio dei cavi unipolari consente di avere valori di induzione assai ridotti, grazie alla vicinanza reciproca dei conduttori di fase.

Infatti, i campi magnetici delle fasi, interagendo tra loro, si attenuano a vicenda.

Si ricorda che il valore di campo magnetico generato da un sistema elettrico trifase simmetrico ed equilibrato in un punto dello spazio è dipendente dalla distanza esistente tra gli assi dei conduttori delle tre fasi. In linea puramente teorica, se i tre conduttori coincidessero nello spazio il campo magnetico esterno risulterebbe nullo per qualsiasi valore della corrente circolante nei conduttori.

## **CAVIDOTTI MT**

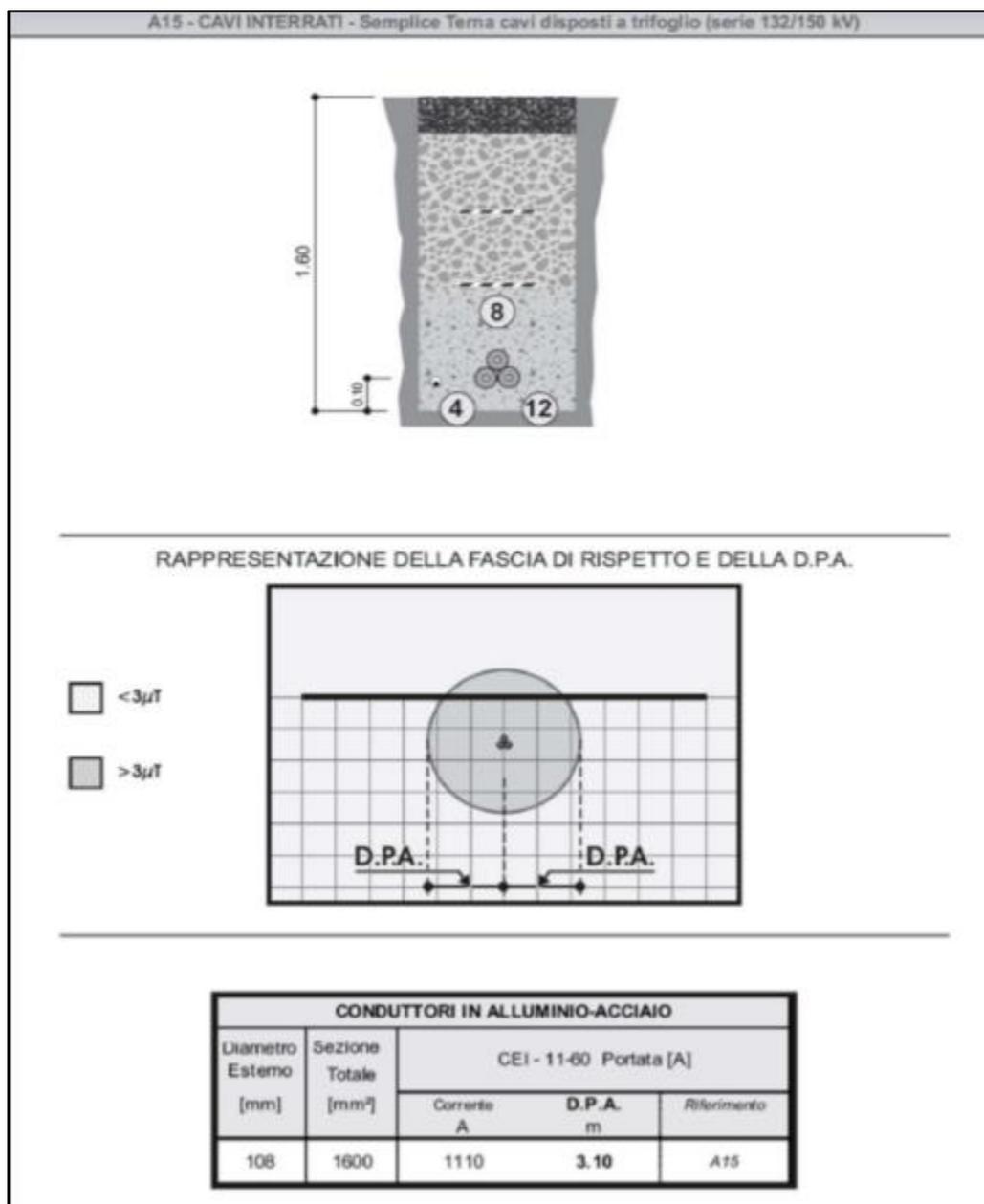
La situazione più significativa ai fini del calcolo dell'intensità del campo magnetico è quella relativa al campo magnetico generato dal tratto di cavidotto interrato in cui convergono le due linee derivate dalle cabine di parallelo MT interne all'impianto (potenza elettrica AC trasportata 50 MW).

I valori di campo magnetico risultano essere notevolmente abbattuti mediante interrimento degli elettrodotti.

Nel caso in esame, i cavi MT vengono posti a circa 1,0 – 1,2 metri di profondità e sono composti da un conduttore cilindrico, una guaina isolante, una guaina conduttrice (la quale funge da schermante per i disturbi esterni, i quali sono più acuti nel sottosuolo in quanto il terreno è significativamente più conduttore dell'aria) e un rivestimento protettivo.

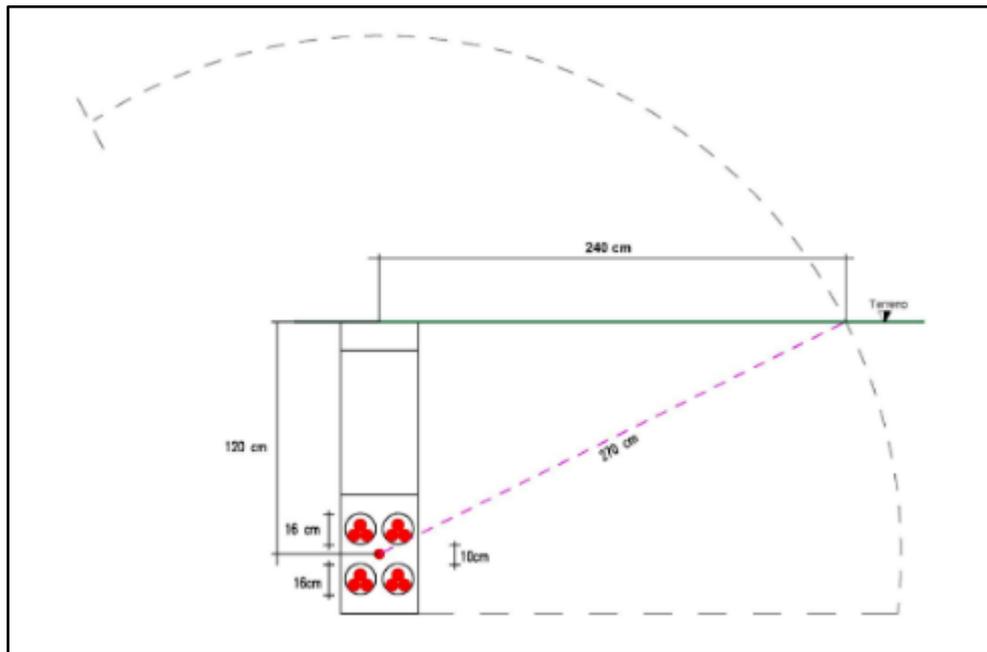
I cavi interrati generano, a parità di corrente trasportata, un campo magnetico al livello del suolo più intenso degli elettrodotti aerei (circa il doppio), però l'intensità di campo magnetico si riduce molto più rapidamente con la distanza.

Per la stima della distanza di rispetto, individuata come Distanza di Prima Approssimazione (DPA) secondo DM 29 maggio 2008, è possibile fare riferimento all'esempio A15 del documento E-Distribuzione Spa "Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 - Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche", che individua una DPA di 3,1 m per una singola terna attraversata da 1100 A di corrente, come desumibile dall'immagine sottostante, tratta dal citato documento.



Nel caso in esame, la corrente massima complessivamente circolante nel cavidotto MT di collegamento tra impianto fotovoltaico e sottostazione MT/BT è pari a 962 A, suddivisa in 4 terne di conduttori, ciascuna intrecciata a trifoglio.

Considerando, cautelativamente, tale corrente circolante in un'unica terna, posta al centro del cavidotto interrato, dall'esempio precedente si desume una DPA di 2,7 m, che a livello strada corrisponde ad una fascia di circa 2,4 m per lato rispetto alla verticale posta sul centro del fascio di tubi, come evidenziato nell'immagine sottostante.



Tale fascia può essere ridotta aumentando, ove necessario (ad es. nell'attraversamento di centri abitati), la profondità di posa dei tubi.

In fase di progettazione esecutiva, si procederà a svolgere calcoli di dettaglio e/o adottare le idonee misure per evitare che campi magnetici superiori a  $3 \mu\text{T}$  possano interessare luoghi e ambienti con presenza di persone  $> 4 \text{ h}$ .

### CAVIDOTTO AT

Nel caso della linea AT, la corrente circolante è  $< 250 \text{ A}$ , a cui corrisponde una DPA di circa  $0,7 \text{ m}$ . Tenuto conto della maggiore profondità di interrimento della linea (circa  $1,6 \text{ m}$ ), il volume interessato da campi magnetici superiori a  $3 \mu\text{T}$  rimane interamente confinato entro il terreno, senza interessare la sede stradale e gli edifici limitrofi.

## 8.3 SOTTOSTAZIONE

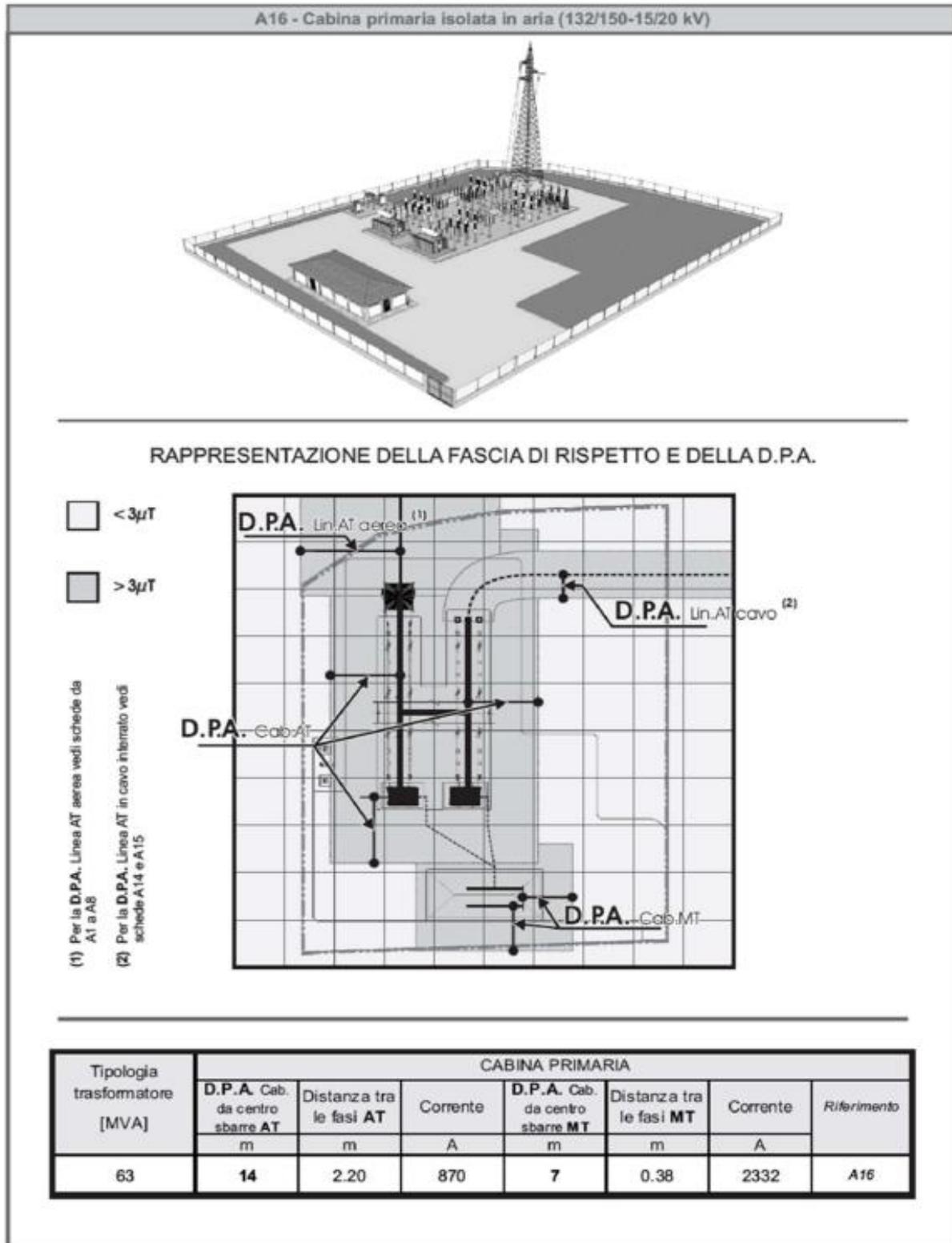
### CAMPO MAGNETICO

Per quanto concerne la sottostazione MT/AT a progetto, essa è del tutto assimilabile ad una Cabina Primaria, per la quale la Distanza di Prima Approssimazione (DPA) rientra, come indicato nel paragrafo 5.2.2 dell'Allegato al Decreto 29 maggio 2008, nei confini dell'area di pertinenza della sottostazione stessa.

A riprova di quanto sopraindicato, è possibile fare riferimento all'esempio A16 del già citato documento E-Distribuzione Spa "Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 - Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche", che individua le

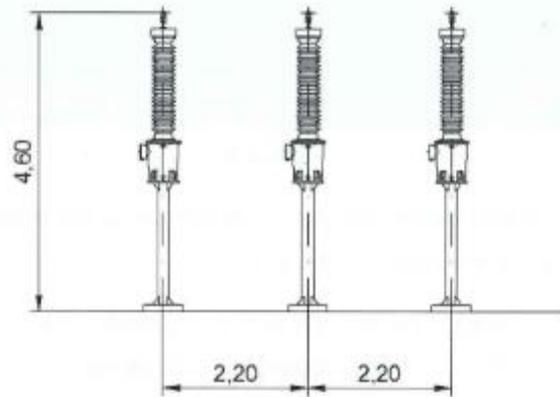
DPA di una cabina primaria isolata in aria.

Tale esempio risulta cautelativo nel caso in esame, tenuto conto della minore corrente nominale AT dell'impianto fotovoltaico (< 250 A) e della presenza dell'arrivo in cavo interrato, anziché linea aerea.



## CAMPO ELETTRICO

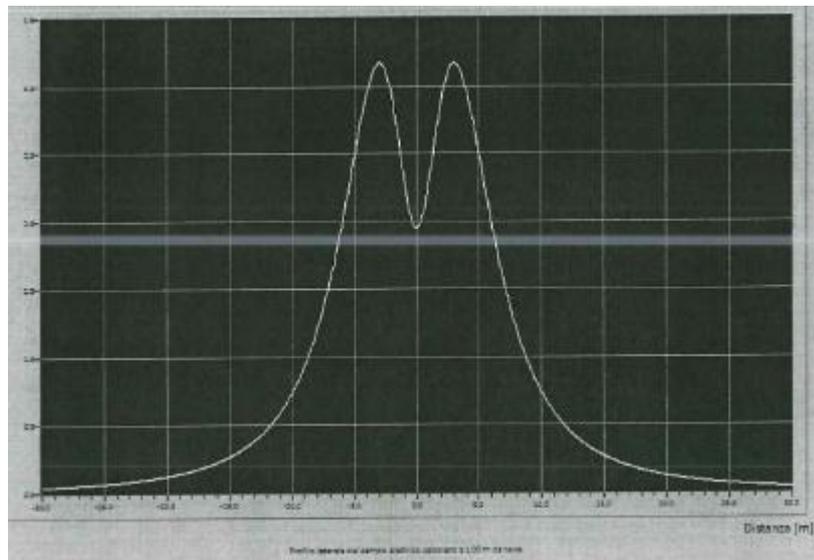
Si considera la sezione di uno stallo AT rappresentata in figura sottostante.



Tensione = 132 kV ; Diam. conduttori = 36 mm

La figura sottostante, tratta dalla letteratura tecnica di settore, rappresenta l'andamento del campo elettrico in corrispondenza di tale stallo.

Dalla figura si evince che il valore massimo del campo elettrico riscontrabile in corrispondenza dello stazzo, a 1 m da terra, è di circa 3 kV/m, inferiore al limite di esposizione di 5 kV/m di cui al DPCM 8/7/2003.



## CONCLUSIONI

Si può quindi affermare che l'impatto elettromagnetico su persone prodotto dalla sottostazione elettrica è trascurabile, poiché:

- in conformità a quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 la fascia di rispetto (coincidente

con la DPA) rientra nei confini dell'area di pertinenza della Stazione elettrica;

- la sottostazione è comunque realizzata in un'area agricola, con totale assenza di edifici abitati per un raggio di almeno 50 m;
- all'interno dell'area della sottostazione non è prevista la permanenza di persone per periodi continuativi superiori a 4 ore con l'impianto in tensione.

## 9. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEI CIRCUITI BT

### 9.1 MISURE DI PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI

Per la protezione delle linee contro le sovracorrenti dei circuiti BT dovranno essere rispettate le seguenti condizioni:

- a)  $I_b \leq I_n \leq I_z$  (oppure  $I_b \leq I_n \leq 0,9 I_z$  nel caso di fusibili)
- b)  $I_f \leq 1,45 I_z$
- c) potere di interruzione (o di cortocircuito) del dispositivo di protezione non inferiore al valore della corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione,

in cui:

- $I_b$  = corrente di impiego del circuito;
- $I_z$  = portata della conduttura;
- $I_n$  = corrente nominale o corrente termica di regolazione del dispositivo di protezione;
- $I_f$  = corrente di intervento del dispositivo entro il tempo convenzionale stabilito.

In relazione alle portate  $I_z$  ed alle condizioni a) e b), si determinano i valori di corrente nominale (o di regolazione termica) degli interruttori o fusibili posti a protezione delle singole linee, come si evince dagli schemi unifilari dei quadri elettrici allegati.

Il potere di interruzione (o di cortocircuito) dei dispositivi di protezione non dovrà essere inferiore al valore della corrente di cortocircuito presunta in corrispondenza del punto di installazione, salvo la possibilità di sfruttare la filiazione tra componenti della stessa Ditta costruttrice.

Dovrà, inoltre, essere garantito il coordinamento tra l'energia specifica passante dell'apparecchiatura di protezione (integrale di Joule) e l'energia specifica passante tollerabile dai conduttori, rappresentato mediante la seguente relazione:

$$\int_0^{t_i} i^2 dt \leq K^2 S^2$$

dove:

- $\int_0^{t_i} i^2 dt$  = energia specifica passante (tra  $t = 0$  e  $t = t_i$ ) del dispositivo di protezione;
- K = costante dell'isolante del conduttore [115 per cavi in pvc; 143 per cavi EPR];
- S = sezione del conduttore [mm<sup>2</sup>].

## 9.2 MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I GUASTI A TERRA (CONTATTI INDIRETTI)

### GUASTI IN MEDIA TENSIONE

I guasti a terra sulle linee di media tensione presenti nell'impianto PV saranno interrotti dalle protezioni MT presenti nell'impianto.

La sicurezza delle persone sarà sicuramente garantita se l'impianto di terra dell'impianto garantirà una resistenza di terra  $R_E$  tale per cui:

$$R_E I_{k1} \leq U_{Tp}$$

dove  $I_{k1}$  è la massima corrente di guasto monofase a terra e  $U_{Tp}$  è la tensione di contatto limite ammissibile corrispondente al tempo di eliminazione del guasto delle protezioni MT.

I valori di  $U_{Tp}$ , indicati dalle norme CEI 99-2 e 99-3, sono riportati nella tabella sottostante.

| $t_F$ (s) | $U_{Tp}$ (V) |  | $t_F$ (s) | $U_{Tp}$ (V) |
|-----------|--------------|--|-----------|--------------|
| 0,04      | 732          |  | 0,55      | 197          |
| 0,06      | 706          |  | 0,60      | 180          |
| 0,08      | 677          |  | 0,64      | 170          |
| 0,10      | 654          |  | 0,65      | 167          |
| 0,14      | 600          |  | 0,70      | 157          |
| 0,15      | 599          |  | 0,72      | 154          |
| 0,20      | 537          |  | 0,80      | 139          |
| 0,25      | 464          |  | 0,90      | 127          |
| 0,29      | 410          |  | 1,00      | 117          |
| 0,30      | 397          |  | 1,50      | 102          |
| 0,35      | 340          |  | 2,00      | 96           |
| 0,39      | 302          |  | 3,00      | 90           |
| 0,40      | 292          |  | 5,00      | 86           |
| 0,45      | 252          |  | 7,00      | 85           |
| 0,49      | 226          |  | 10,00     | 85           |
| 0,50      | 220          |  | > 10,00   | 80           |

Se la suddetta relazione non potrà essere garantita, occorrerà procedere alla misura delle tensioni di contatto e verificare che esse rispettino i limiti ammessi.

Nel caso ciò non avvenga, si dovranno mettere in atto le misure di protezione di cui alle norme CEI 99-2 e 99-3 (equipotenzializzazione, asfaltatura, ecc.).

## **GUASTI IN BASSA TENSIONE**

Negli impianti elettrici oggetto di intervento, la protezione contro i contatti indiretti per guasti in BT verrà realizzata mediante interruzione automatica dell'alimentazione e/o mediante l'utilizzo di componenti elettrici di classe II (doppio isolamento), secondo quanto prescritto dalla norma CEI 64-8, art. 413.1 e 413.2.

In particolare, sono considerate di classe II:

- le condutture realizzate con cavi solari DC e con cavi con guaina, tipo FG16(O)R16 o equivalente, in sistemi AC fino a 450/750 V e DC fino a 900 V;
- le condutture realizzate in cavi unipolari senza guaina, tipo FG17 o equivalente, se posate entro tubi o canali in materiale plastico.

Nell'impianto fotovoltaico, il sistema di distribuzione BT (in AC) è classificabile come TN (unico impianto di terra per messa a terra del neutro del trasformatore MT/BT e delle masse dell'impianto). Tutte le masse dell'impianto devono essere collegate all'impianto di terra dell'impianto utilizzatore.

## **9.3 MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI**

La protezione contro i contatti diretti si realizzerà mediante isolamento completo di tutte le parti attive (CEI 64-8/4 art. 412.1) e mediante involucri e barriere tali da assicurare almeno il grado di protezione IP2X o IPXXB (CEI 64-8/4 art. 412.2).

Inoltre, le linee protette con interruttore differenziale avente  $I_{dn} \leq 30$  mA presenteranno una protezione attiva addizionale, secondo quanto previsto dalla norma CEI 64-8/4, art. 412.5.

Le barriere e gli involucri dovranno essere saldamente fissati ed avere una sufficiente stabilità e durata nel tempo, in modo da conservare il richiesto grado di protezione ed una conveniente separazione delle parti attive, nelle condizioni di servizio prevedibili, tenuto conto delle condizioni ambientali.

La rimozione delle barriere e l'apertura degli involucri dovrà essere possibile solo nel rispetto di almeno una delle seguenti condizioni:

- con l'uso di una chiave o di un attrezzo;
- se, in assenza di tensione alle parti attive, il ripristino dell'alimentazione sia possibile solo dopo la sostituzione delle barriere e la chiusura degli involucri.

## 9.4 CONDUITTE ELETTRICHE BT

### DIMENSIONAMENTO

Le condutture elettriche BT vengono dimensionate in modo da rispettare le due condizioni seguenti:

- $I_b \leq I_z$
- $\Delta u\% \leq 2\%$

in cui:

$I_b$  = corrente di impiego del circuito;

$I_z$  = portata della conduttura nelle condizioni di posa previste;

$\Delta u\%$  = caduta di tensione percentuale massima ammissibile nell'impianto (al fine di limitare le perdite).

### CORRENTE DI IMPIEGO

Il valore della corrente di impiego  $I_b$  di ciascuna linea dovrà essere valutato in funzione della potenza per la quale il circuito viene progettato.

### PORTATA DELLE CONDUITTE

La portata delle condutture dovrà essere determinata in base alle vigenti tabelle CEI-UNEL 35024/1, 35026 e 35027, in relazione alla tipologia dei cavi e alla modalità di posa.

La portata così determinata dovrà stata quindi ridotta, con fattori che considerano la riduzione di scambio termico con l'ambiente dovuto alla posa dei cavi stessi in fascio, la profondità di interrimento, ecc.

Dovrà essere assunta una resistività termica del terreno di almeno 2,5 K·m/W.

Si dovrà inoltre tenere conto del coefficiente di riduzione della portata dovuto al raggruppamento dei tubi negli stessi scavi, secondo la norma IEC 60364-5-523 e la letteratura tecnica.

### CONDUITTE INTERRATE ENTRO L'IMPIANTO PV

Per la posa interrata dovranno essere utilizzati, ove previsti, tubi protettivi in materiale isolante (PVC) di tipo pieghevole, conformi alla norma CEI 23-116, di tipo almeno 450 N, i quali non necessitano di protezione meccanica supplementare e possono essere posati a profondità anche minore di 0,5 m. Per i cavi MT (interrati direttamente, salvo diversa indicazione nelle tavole di progetto) si prevede una profondità minima di posa di almeno 1 m, con protezione meccanica supplementare.

Il diametro interno dei tubi dovrà essere almeno uguale a 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi (CEI 64-8/5, art. 522.8.1.1).

Tutte le giunzioni e le derivazioni devono essere eseguite entro scatole di derivazione oppure pozzetti di ispezione e derivazione, mediante appositi dispositivi di connessione.

Non sarà in alcun modo ammessa la realizzazione di giunzioni o derivazioni con attorcigliamento o nastratura.

## **POSA DELLE CONDUTTURE**

Le condutture per gli impianti di energia devono essere mantenute distinte rispetto ad ogni altra tubazione per impianti differenti.

Si prevede inoltre la posa in tubazioni distinte per:

- le linee MT;
- le linee BT;
- le linee di segnale.

Il raggio di curvatura delle tubazioni dovrà essere tale da non danneggiare i cavi contenuti all'interno. I tubi dovranno essere posati come indicato negli elaborati grafici e nel pieno rispetto della norma CEI 11-17.

In fase di posa delle condutture interrato, saranno attuate le misure necessarie a facilitare la coltivazione delle superfici agricole, (ad es. maggiore profondità di interramento, scelta dei percorsi dei cavidotti per limitare le interferenze ai fini agricoli, ecc.)

## **10. COLLAUDO**

Alla conclusione dei lavori, si procederà al collaudo iniziale dell'impianto fotovoltaico, che consisterà sia in esami visivi, sia a prove tecnico-funzionali.

Gli **esami visivi** sono finalizzati ad accertare che l'impianto è conforme al progetto, che i componenti sono stati installati correttamente, che l'impianto nel suo complesso sia stato realizzato nel rispetto delle regole dell'arte e delle prescrizioni normative ad esso applicabili, che le misure di protezione sono state rispettate, che siano presenti adeguati dispositivi di protezione, che siano correttamente identificati i dispositivi di comando e di protezione, i collegamenti, ecc.

Le **verifiche tecnico-funzionali** prevedono l'impiego di idonea strumentazione di prova.

Tutte le misurazioni, effettuate per ciascuna stringa, sono finalizzate alla verifica del regolare funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle differenti condizioni di potenza generata e nelle diverse modalità previste dal gruppo di conversione.

Sono previste le seguenti verifiche:

- Verifica della continuità elettrica e delle connessioni tra i moduli fotovoltaici
- Verifica e misura della tensione di stringa

- Verifica della messa a terra di masse e scaricatori
- Verifica della resistenza di isolamento dei circuiti elettrici
- Verifica del rendimento dei moduli fotovoltaici
- Verifica del rendimento degli inverter
- Verifiche del corretto funzionamento degli inseguitori
- Verifiche del corretto funzionamento dei dispositivi di protezione, comando e sezionamento

## 11. ALLEGATI

### Tavole di progetto civile:

- TAV. C.01 - Carta dell'inserimento ambientale dell'opera
- TAV. C.02 - Planimetria dell'area
- TAV. C.03 - Estratto del PRGC vigente
- TAV. C.04 - Viabilità esistente
- TAV. C.05 - Layout impianto
- TAV. C.06 - Planimetria dell'impianto ante operam
- TAV. C.07 - Planimetria dell'impianto post operam
- TAV. C.08 - Layout cabine e dettagli installativi

### Tavole di progetto elettrico:

- TAV. EL.01 - Lay-out generale impianto e verifica parametri "agrivoltaico"
- TAV. EL.02 - Lay-out sottocampo tipo
- TAV. EL.03a – Lay-out cabine e dettagli installativi
- TAV. EL.04a - Lay-out sottoimpianto A - Planimetria cavidotti MT e servizi
- TAV. EL.04b - Lay-out sottoimpianti B-C-D - Planimetria cavidotti MT e servizi
- TAV. EL.05a - Lay-out sottoimpianto A - Planimetria impianto di terra
- TAV. EL.05b - Lay-out sottoimpianto B-C-D - Planimetria impianto di terra
- TAV. EL.06a – Pianta, sezione e dettagli impianti elettrici AT – Opere di connessione
- TAV. EL.06b – Pianta, sezione e dettagli impianti elettrici AT – Opere di connessione
- TAV. EL.07a – Cavidotti MT - AT
- TAV. EL.07b – Cavidotti MT - AT
- TAV. EL.07c – Cavidotti MT - AT
- TAV. EL.08 – Schema a blocchi e particolari quadri
- TAV. EL.09 – Schema unifilare quadro ausiliari cabina sottocampo
- TAV. EL.10 – Layout elettrodotto MT – AT e dettagli

**Schede tecniche:**

- Moduli
- Inverter
- Inseguitore a singolo asse orizzontale