



**REGIONE CAMPANIA  
PROVINCIA DI CASERTA  
COMUNE DI TEANO**



Committente:

**ATON 20 s.r.l**

Viale Verona, 190/8  
38123 Trento (TN)  
P.IVA: 02561170222  
PEC: aton.20@pec.it

**IMPIANTO FV C\_038**

*Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano*

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE  
DEGLI ELEMENTI FINITI**

Progettazione:



Il Progettista:


Ing. Riccardo Mai



|            |                     |               |             |           |         |           |  |
|------------|---------------------|---------------|-------------|-----------|---------|-----------|--|
|            | Ing. R.A.Rossi      |               |             |           |         |           |  |
|            | Ing. V. Villano     |               |             |           |         |           |  |
|            | Ing. G.Sbriglia     |               |             |           |         |           |  |
|            | Pian. Ter. L. Lanni | Ing. S. Viara | Ing.R. Mai  | Emissione | 07/2023 |           |  |
| PROTOCOLLO | REDATTO             | CONTROLLATO   | AUTORIZZATO | CAUSALE   | DATA    | REVISIONE |  |


|                              |                |    |              |   |
|------------------------------|----------------|----|--------------|---|
| <b>DOC</b><br>C_038_DEF_R_09 | <b>Formato</b> | A4 | <b>Scala</b> | - |
|------------------------------|----------------|----|--------------|---|

*Il presente documento è di proprietà esclusiva della Aton 20 s.r.l, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La Aton 20 s.r.l. si riserva il diritto di ogni modifica.*


|   |   |                                     |
|---|---|-------------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:<br>C_038_DEF_R_09 |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | Data: 07/2023                       |

## SOMMARIO

|   |    |
|---|----|
| SOMMARIO .....  | 2  |
| <b>1. PREMESSA</b> .....  | 4  |
| <b>2. OBIETTIVI DEL PROGETTO</b> .....                                      | 4  |
| <b>3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO</b> .....                                    | 5  |
| <b>3.1. MODULI FOTOVOLTAICI</b> .....                                       | 9  |
| <b>3.2. STRUTTURE DI SOSTEGNO DEI MODULI FOTOVOLTAICI</b> .....             | 10 |
| <b>3.3. INVERTER</b> .....  | 12 |
| <b>3.4. VERIFICA CONFIGURAZIONE STRINGHE DI MODULI CON L'INVERTER</b> ..... | 17 |
| <b>3.5. TRASFORMATORE</b> .....   | 20 |
| <b>3.6. CABINE NELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO</b> .....                         | 21 |
| • <b>CABINE DI CAMPO</b> .....  | 22 |
| • <b>CABINE D'IMPIANTO</b> .....  | 23 |
| <b>3.7. QUADRO GENERALE</b> .....   | 24 |
| <b>3.8. CAVI ELETTRICI</b> .....  | 26 |
| <b>3.9. CAVI IN BT</b> .....  | 27 |
| <b>3.10. CAVI IN AT</b> .....   | 28 |
| <b>3.11. IMPIANTO DI MESSA A TERRA</b> .....                                | 34 |
| <b>4. OPERE CIVILI</b> .....  | 37 |
| • <b>Recinzione</b> .....   | 37 |
| • <b>Sistema di illuminazione</b> .....                                     | 37 |
| • <b>Viabilità di servizio</b> .....  | 38 |
| • <b>Cabine prefabbricate</b> .....   | 38 |
| • <b>Scavi</b> .....  | 38 |
| • <b>Regimentazione delle acque</b> .....                                   | 39 |
| <b>5. SPECIFICHE TECNICHE OPERE CIVILI</b> .....                            | 40 |
| <b>5.1. Allestimento cantiere</b> .....                                     | 40 |
| <b>5.2. Opere civili</b> .....  | 41 |
| <b>SCAVI DI SBANCAMENTO</b> .....   | 42 |
| <b>SCAVI PER IMPIANTI DI MESSA A TERRA</b> .....                            | 42 |

|   |   |                                     |
|---|---|-------------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:<br>C_038_DEF_R_09 |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | Data: 07/2023                       |

|   |    |
|---|----|
| <b>RINTERRI</b> .....   | 43 |
| <b>LEGANTI</b> .....  | 43 |
| <b>INERTI</b> .....   | 43 |
| <b>SABBIA</b> .....   | 44 |
| <b>ACQUA</b> .....  | 44 |
| <b>6. DESCRIZIONE TECNICA DELLA CONNESSIONE DELL'IMPIANTO</b> .....       | 44 |
| <b>6.1. Prescrizioni riguardanti cavi-circuiti-conduttori</b> .....       | 45 |
| <b>6.2. Tubazioni per le costruzioni prefabbricate</b> .....              | 46 |
| <b>6.3. Posa di cavi elettrici isolati, sotto guaina, interrati</b> ..... | 47 |
| <b>6.4. Impianto di protezione contro le scariche elettriche</b> .....    | 47 |
| <b>6.5. Stabilizzazione della tensione</b> .....                          | 48 |

|   |   |                                     |
|---|---|-------------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:<br>C_038_DEF_R_09 |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | Data: 07/2023                       |

## 1. PREMESSA

Il presente disciplinare tecnico prestazionale è relativo alla costruzione ed esercizio di un impianto agro - fotovoltaico di potenza complessiva pari a 46'487,28 KWp, da realizzarsi nel comune di Teano (CE), in località Casaquinta coord. (41°14'3.97"N - 14°5'9.39"E).

La potenza elettrica del generatore fotovoltaico in immissione, pari a 44'992,00 KWp sarà erogata in alta tensione per mezzo della cabina di impianto, da cui partirà un cavidotto interrato in AT a 36 kV e si collegherà su una futura Stazione Elettrica (SE) della RTN da collegare in entra – esce alla linea RTN a 150 kV "Marzanello - Pignataro".

## 2. OBIETTIVI DEL PROGETTO


Il presente Capitolato assieme alla documentazione di progetto costituisce parte integrante dei contratti che la Committente stipula con l'Appaltatore per l'esecuzione dei lavori civili, elettrici e stradali relativi alla costruzione di nuovi impianti, alla modifica, all'ampliamento ed alla conservazione di quelli esistenti. In ogni caso l'Appaltatore è tenuto ad ottemperare anche a quelle norme, necessarie per il migliore risultato dei lavori, che possono essere prescritte nel corso dei lavori medesimi da parte del Committente o da parte della Direzione Lavori (di seguito denominata D.L.).

In particolare, per quanto non precisato nel presente documento e per quanto non in contrasto con lo stesso, si fa specifico riferimento ai Capitolati Speciali del Ministero dei Lavori Pubblici ed alle norme di unificazione UNI – UNEL – CEI in vigore all'atto della esecuzione dei lavori.

Oggetto dei lavori del presente Disciplinare Descrittivo è la realizzazione delle opere civili dell'impianto fotovoltaico di cui sopra.

Le opere da realizzare consistono essenzialmente nelle seguenti partite:

- adattamento della viabilità esistente e delle eventuali opere d'arte in essa presenti qualora la stessa non sia idonea al passaggio degli automezzi per il trasporto al sito previsto dei componenti e delle attrezzature gruppi inverter – trasformatore BT/AT.
- realizzazione della nuova viabilità prevista in progetto a servizio delle stringhe fotovoltaiche e delle cabine di trasformazione e opere minori ad essa relative;
- fornitura e posa di cabine monoblocco prefabbricate;

|   |   |                                     |
|---|---|-------------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:<br>C_038_DEF_R_09 |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | Data: 07/2023                       |

- fornitura e posa di moduli fotovoltaici e relativi sostegni ed opere minori;
- realizzazione della recinzione dell'area ospitante il campo fotovoltaico;
- realizzazione dell'impianto di videosorveglianza;
- realizzazione dei cavidotti interrati interni all'impianto;
- realizzazione cavidotto per il collegamento del campo fotovoltaico con la futura SE;
- realizzazione di opere varie di sistemazione ambientale (opere a verde).

### 3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'impianto oggetto della presente relazione tecnica ha una potenza di picco di **46.487,28** kWp, intesa come somma delle potenze nominali dei singoli moduli fotovoltaici scelti per il realizzare il generatore fotovoltaico, valutate in condizioni STC e verrà realizzato nel territorio Comunale di Teano, in località Casaquinta. Si tratta di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica combinato con l'attività agricola.

Per la realizzazione del generatore fotovoltaico, si è scelto di utilizzare moduli fotovoltaici **Trina Solar Vertex TSM-DE 21** da **670 W**, monofacciali e monocristallini. Essi sono una delle tecnologie attualmente disponibili in commercio e presentano rendimenti di conversione elevati pari al 21,6%. premettendo che essi verranno acquistati in funzione della disponibilità e del costo di mercato in sede di realizzazione.

Il dimensionamento del generatore fotovoltaico è stato eseguito tenendo conto della superficie utile disponibile, dei distanziamenti da mantenere tra filari di moduli per evitare fenomeni di auto-ombreggiamento, degli spazi necessari per l'installazione dei locali di conversione e trasformazione, di raccolta e dello spazio adibito alle coltivazioni.


Il numero di moduli necessari per la realizzazione del generatore è pari a 69.384, ed è stato calcolato applicando la seguente relazione:

$$N_{\text{MODULI}} = P_{\text{N GENERATORE}} / P_{\text{N MODULO}}$$

Dove:

- **P<sub>N GENERATORE</sub>** è la potenza nominale del generatore fotovoltaico in Wp
- **P<sub>N MODULO</sub>** è la potenza nominale del modulo fotovoltaico in Wp

L'impianto sarà suddiviso in **20 sottocampi fotovoltaici / isole**.

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |

La potenza è determinata dalla combinazione di 69.384 moduli fotovoltaici, distribuiti elettricamente su stringhe connesse all'inverter FIMER 958 psv, installati all'interno di cabine di campo, dove sono presenti anche i trasformatori BT/AT. La tecnologia scelta per i moduli è di tipo monocristallino, con potenza di picco pari a 670, che saranno posizionati su tracker orientati lungo l'asse nord-sud, in grado di ruotare lungo detto asse, così da massimizzare la produzione.

La centrale fotovoltaica sarà costituita da 2478 stringhe da 28 moduli, oltre che dalle cabine di campo e di raccolta, per una superficie dell'intera centrale pari a 843.428 m<sup>2</sup>. Il numero degli inverter è pari a 20.

L'impianto fotovoltaico in progetto può schematizzarsi nel seguente modo:

- n°2 isole da **2.307,48 kwp** con 3444 moduli da **670 W**
- n°1 isola da **2.288,72 kwp** con 3416 moduli da **670 W**
- n°16 isole da **2.326,24 kwp** con 3472 moduli da **670 W**
- n°1 isola da **2.363,76 kwp** con 3528 moduli da **670 W**


Il collegamento tra i moduli che compongono ciascuna stringa sarà realizzato, per quanto possibile, con i cavi di cui sono dotati i moduli.

Ogni isola sarà composta da quadri di campo nei quali afferiranno stringhe per il parallelo; in ogni quadro alloggeranno gli organi di protezione da sovracorrenti e sovratensioni.

| Isola | n° Tracker | n° moduli per stringa | Tot. stringhe | N° stringhe in parallelo | n° Q.d.C. | n° TOT Q.d.C. |
|-------|------------|-----------------------|---------------|--------------------------|-----------|---------------|
| 1     | 124        | 28                    | 124           | 62                       | 1         | 2             |
|       |            |                       |               | 62                       | 1         |               |
| 2     | 124        | 28                    | 124           | 62                       | 1         | 2             |
|       |            |                       |               | 62                       | 1         |               |
| 3     | 124        | 28                    | 124           | 62                       | 1         | 2             |
|       |            |                       |               | 62                       | 1         |               |
| 4     | 124        | 28                    | 124           | 62                       | 1         | 2             |
|       |            |                       |               | 62                       | 1         |               |
| 5     | 124        | 28                    | 124           | 62                       | 1         | 2             |
|       |            |                       |               | 62                       | 1         |               |
| 6     | 124        | 28                    | 124           | 62                       | 1         | 2             |
|       |            |                       |               | 62                       | 1         |               |
| 7     | 122        | 28                    | 122           | 61                       | 1         | 2             |
|       |            |                       |               | 61                       | 1         |               |
| 8     | 124        | 28                    | 124           | 62                       | 1         | 2             |
|       |            |                       |               | 62                       | 1         |               |
| 9     | 126        | 28                    | 126           | 63                       | 1         | 2             |
|       |            |                       |               | 63                       | 1         |               |
| 10    | 124        | 28                    | 124           | 62                       | 1         | 2             |
|       |            |                       |               | 62                       | 1         |               |
| 11    | 124        | 28                    | 124           | 62                       | 1         | 2             |
|       |            |                       |               | 62                       | 1         |               |
| 12    | 124        | 28                    | 124           | 62                       | 1         | 2             |
|       |            |                       |               | 62                       | 1         |               |
| 13    | 124        | 28                    | 124           | 62                       | 1         | 2             |
|       |            |                       |               | 62                       | 1         |               |
| 14    | 124        | 28                    | 124           | 62                       | 1         | 2             |
|       |            |                       |               | 62                       | 1         |               |
| 15    | 124        | 28                    | 124           | 62                       | 1         | 2             |
|       |            |                       |               | 62                       | 1         |               |
| 16    | 124        | 28                    | 124           | 62                       | 1         | 2             |
|       |            |                       |               | 62                       | 1         |               |
| 17    | 124        | 28                    | 124           | 62                       | 1         | 2             |
|       |            |                       |               | 62                       | 1         |               |
| 18    | 123        | 28                    | 123           | 62                       | 1         | 2             |
|       |            |                       |               | 61                       | 1         |               |
| 19    | 123        | 28                    | 123           | 62                       | 1         | 2             |
|       |            |                       |               | 61                       | 1         |               |
| 20    | 124        | 28                    | 124           | 62                       | 1         | 2             |
|       |            |                       |               | 62                       | 1         |               |

Tabella 2– Calcolo quadri di campo

Il numero totale dei quadri di campo è pari a 40. Nella tabella 2, nella pagina precedente, è riportato il numero di quadri di campo per ciascuna isola con indicazione del numero di stringhe in parallelo per ognuno di essi. Il parallelo avviene in cassette di stringa (quadri di campo) che saranno

|   |   |                                     |
|---|---|-------------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:<br>C_038_DEF_R_09 |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | Data: 07/2023                       |

posizionate in posizione baricentrica rispetto al corrispondente gruppo al fine di equilibrare le cadute di tensione di ciascuna stringa.


La cassetta è costituita di materiale in poliestere rinforzato con fibra di vetro, ha una protezione di grado IP65, necessario per un impiego all'esterno in condizioni meteorologiche che potrebbero essere particolarmente avverse.

Il collegamento tra i capi delle stringhe ed i quadri di campo sarà realizzato con cavi con conduttore in rame elettrolitico stagnato, aventi alta resistenza agli agenti atmosferici, all'umidità e ai raggi UV, con elevato range di temperatura di esercizio di isolamento, in HEPR 120°C e guaina di protezione EVA 120°C (tipo FG21M21) denominati "solari" di sezione 6 mm<sup>2</sup>, tenuto conto della distanza di ciascuna stringa dal relativo quadro di parallelo e della necessità di limitare le perdite nei cavi.

Nell'impianto saranno inoltre presenti complessivamente:

- n. 10 cabine di campo: trattasi di cabine prefabbricate, oppure container delle stesse dimensioni, ciascuna con superficie lorda complessiva pari a 6,058x2,896 mm ed altezza pari a 2,44 m costituite da più vani e al loro interno saranno installati:
  - Trasformatore elevatore;
  - Quadro 36 kV;
  - Trasformatore per i servizi ausiliari;
  - Quadri BT;
  - Inverter;
- n.1 cabina di raccolta a 36 kV: con all'interno gli apparati per la gestione e il controllo dell'impianto:
- rete elettrica interna a 36 kV per il collegamento tra le varie cabine di trasformazione e le cabine di generale;
- rete elettrica interna a 1500 V tra i moduli fotovoltaici e gli inverter.
- rete elettrica interna circa a 600 V tra gli inverter e i trasformatori elevatori;
- impianto di terra (posizionato lungo le trincee dei cavi di potenza) e maglia di terra delle cabine.



|   |   |                                  |
|---|---|----------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato: C_038_DEF_R_09 |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | Data: 07/2023                    |

### 3.1. MODULI FOTOVOLTAICI


Ai fini del dimensionamento di massima del generatore fotovoltaico si è scelto di utilizzare i moduli **Trina Solar Vertex TSM-DE 21** da **670 W**, monofacciali e monocristallini, le cui caratteristiche elettriche, misurate in condizioni standard STC (AM=1,5; G=1000 W/m<sup>2</sup>; T=25 °C) sono di seguito riportate:

| ELECTRICAL DATA (STC)  |       |       |       |       |       | MECHANICAL DATA  |  |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|
| Peak Power Watts-P <sub>MAX</sub> (Wp)*  | 650   | 655   | 660   | 665   | 670   | Solar Cells  | Monocrystalline  |
| Power Tolerance-P <sub>MAX</sub> (W)   |       |       |       |       |       | No. of cells   | 132 cells  |
| Maximum Power Voltage-V <sub>MPP</sub> (V)   | 37.4  | 37.6  | 37.8  | 38.0  | 38.2  | Module Dimensions  | 2384×1303×33 mm (93.86×51.30×1.30 inches)  |
| Maximum Power Current-I <sub>MPP</sub> (A)   | 17.39 | 17.43 | 17.47 | 17.51 | 17.55 | Weight   | 33.3 kg (73.4 lb)  |
| Open Circuit Voltage-V <sub>OC</sub> (V)   | 45.3  | 45.5  | 45.7  | 45.9  | 46.1  | Glass  | 3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass   |
| Short Circuit Current-I <sub>SC</sub> (A)  | 18.44 | 18.48 | 18.53 | 18.57 | 18.62 | Encapsulant material   | EVA  |
| Module Efficiency η <sub>m</sub> (%)   | 20.9  | 21.1  | 21.2  | 21.4  | 21.6  | Backsheet  | White  |
| STC: Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. *Measuring tolerance: ±3%. |       |       |       |       |       | Frame  | 33mm(1.30 inches) Anodized Aluminium Alloy   |
| ELECTRICAL DATA (NOCT)   |       |       |       |       |       | J-Box  | IP 68 rated  |
| Maximum Power-P <sub>MAX</sub> (Wp)  | 492   | 496   | 500   | 504   | 508   | Cables   | Photovoltaic Technology Cable 4.0mm <sup>2</sup> (0.006 inches <sup>2</sup> ), Portrait: 350/280 mm(13.78/11.02 inches) Length can be customized |
| Maximum Power Voltage-V <sub>MPP</sub> (V)   | 34.9  | 35.1  | 35.3  | 35.4  | 35.6  | Connector  | MC4 EV02 / TS4*  |
| Maximum Power Current-I <sub>MPP</sub> (A)   | 14.09 | 14.13 | 14.17 | 14.22 | 14.26 | *Please refer to regional datasheet for specified connector. |  |
| Open Circuit Voltage-V <sub>OC</sub> (V)   | 42.7  | 42.9  | 43.0  | 43.2  | 43.4  | TEMPERATURE RATINGS  |  |
| Short Circuit Current-I <sub>SC</sub> (A)  | 14.86 | 14.89 | 14.93 | 14.96 | 15.01 | NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)                    | 43°C (±2°C)  |
| NOCT: Irradiance at 800W/m <sup>2</sup> , Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.                     |       |       |       |       |       | Temperature Coefficient of P <sub>MAX</sub>                  | -0.34%/°C  |
|  |       |       |       |       |       | Temperature Coefficient of V <sub>OC</sub>                   | -0.25%/°C  |
|  |       |       |       |       |       | Temperature Coefficient of I <sub>SC</sub>                   | 0.04%/°C   |
|  |       |       |       |       |       | WARRANTY   |  |
|  |       |       |       |       |       | 12 year Product Workmanship Warranty                         |  |
|  |       |       |       |       |       | 25 year Power Warranty                                       |  |
|  |       |       |       |       |       | 2% first year degradation                                    |  |
|  |       |       |       |       |       | 0.55% Annual Power Attenuation                               |  |
|  |       |       |       |       |       | (Please refer to product warranty for details)               |  |
|  |       |       |       |       |       | MAXIMUM RATINGS  |  |
|  |       |       |       |       |       | Operational Temperature                                      | -40~+85°C  |
|  |       |       |       |       |       | Maximum System Voltage                                       | 1500V DC (IEC)   |
|  |       |       |       |       |       |  | 1500V DC (UL)  |
|  |       |       |       |       |       | Max Series Fuse Rating                                       | 30A  |
|  |       |       |       |       |       | PACKAGING CONFIGURATION                                      |  |
|  |       |       |       |       |       | Modules per box:   | 33 pieces  |
|  |       |       |       |       |       | Modules per 40' container:                                   | 594 pieces   |

Immagine 2 - Caratteristiche moduli fotovoltaici

Il modulo è composto da 132 celle e pesa 33,9 kg. Le sue dimensioni sono: 2,384 m \* 1,303 m \* 0,035 m.

I moduli saranno assemblati meccanicamente su apposite strutture di sostegno, chiamati tracker e collegati elettricamente, in serie, in modo tale da formare le stringhe fotovoltaiche. Le

|   |   |                                     |
|---|---|-------------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:<br>C_038_DEF_R_09 |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | Data: 07/2023                       |

stringhe saranno costituite da **28** moduli in serie. Le stringhe saranno direttamente attestate alla sezione di input degli inverter di stringa, tramite connettori MC4 o similari.

Si ritiene opportuno sottolineare come la scelta definitiva del produttore/modello del modulo fotovoltaico da installare sarà effettuata in fase di progettazione costruttiva in seguito all'esito positivo della procedura autorizzativa, sulla base delle attuali condizioni di mercato nonché delle effettive disponibilità di moduli FV da parte dei produttori. Le caratteristiche saranno comunque simili e comparabili a quelle del modulo FV precedentemente descritto, in termini di tecnologia costruttiva, dimensioni e caratteristiche elettriche e non sarà superata la potenza di picco totale dell'impianto (kWp).

### 3.2. STRUTTURE DI SOSTEGNO DEI MODULI FOTOVOLTAICI


L'installazione dei pannelli fotovoltaici sarà realizzata su tracker ad asse singolo, ancorato direttamente al suolo. I tracker saranno posizionati paralleli alla direttrice N-S, con un orientamento azimutale a +/- 90° EST-OVEST e avrà un'inclinazione variabile rispetto all'orizzontale di +/- 55°.

Tale utilizzo, è la più idonea al fine di massimizzare la resa dell'impianto fotovoltaico, incrementando il rendimento di circa il 20 %.

Per il sostegno dei moduli fotovoltaici sarà utilizzato un inseguitore solare monoassiale (Tracker: inseguitori a **rollio**) disposto lungo L'asse Nord -Sud dell'impianto fotovoltaico, realizzato in acciaio zincato a caldo ed alluminio. L'inseguitore solare sarà in grado di ruotare secondo la Direttrice Est – Ovest in funzione della posizione del sole. La variazione dell'angolo avviene in modo automatico grazie ad un apposito algoritmo di controllo di tipo astronomico.

I componenti elettrici e meccanici installati saranno conformi alle normative tecniche e tali da garantire le performance complessive d'impianto. Infatti l'inseguitore utilizzato ha un sistema di alimentazione di **tipo attivo**, ossia il movimento dei moduli è attuato mediante l'utilizzo di motori elettrici, che, a fronte di un consumo energetico limitato, assicurano un sistema di puntamento efficace.

Gli inseguitori saranno disposti per file parallele ed opportunamente spaziate tra loro (interasse di 8,3 m), per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti.


|   |   |                                     |
|---|---|-------------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:<br>C_038_DEF_R_09 |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | Data: 07/2023                       |

- L'inseguitore monoassiale sarà in grado di ospitare fino ad un massimo di n. 28 moduli fotovoltaici e sarà installato su pali di fondazione in acciaio zincato infissi nel terreno, senza necessità di opere in calcestruzzo. L'inseguitore sarà dotato di un sistema di controllo e comunicazione con le seguenti caratteristiche:
- Alimentato da Modulo fotovoltaico dotato di Batteria di Back up;
- Sistema di comunicazione Wireless;
- Sistema di protezione automatico in caso di vento di estremo;
- Backtracking personalizzato: modifica della posizione di ciascun tracker per evitare l'ombreggiamento reciproco e ottimizzando la produzione di energia;
- Possibilità di installazione per pendenze del terreno fino al 17%.

La caratteristica che li distingue è l'applicazione di una modalità di inseguimento definita *backtracking*, che viene adottata in particolari situazioni in cui la superficie lorda occupata dai filari inseguitori deve essere minimizzata. All'alba e al tramonto, il disco solare trovandosi in posizione bassa rispetto all'orizzonte induce sul generatore fotovoltaico sviluppo di un campo di ombreggiamento i cui effetti, per essere armonizzati in termini di producibilità, determinano l'incremento della distanza tra filari e quindi un aumento dell'area lorda occupata dall'impianto, si ha quindi una diminuzione del **Ground Ratio**, definito come il rapporto tra l'area attiva del campo FV e l'area lorda occupata.

Il parametro differenziale su cui agiscono i dispositivi di controllo in retroazione è l'angolo di inclinazione minimo dei raggi solari, per cui in un sistema elementare di due filari il secondo sarà ombreggiato.

All'alba, il generatore fotovoltaico a bordo dei filari inseguitori, viene disposto con basso angolo di inclinazione rispetto al piano orizzontale, venendo meno la classica strategia di inseguimento che prevede dalla prima ora di sole l'annullamento dell'angolo di incidenza della radiazione solare. Da questa posizione gli inseguitori cominciano a "contro-inseguire" il sole, grazie all'ausilio dei servomeccanismi che processano una funzione compensatrice in grado di calibrare gli spostamenti rotazionali reciproci al fine di evitare un mutuo-ombreggiamento. Il contro-inseguimento termina non appena il sole, raggiunta una posizione relativamente alta sulla

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |

volta celeste, permette al controllore, sensibile al mancato ombreggiamento, di invertire la strategia di inseguimento portando i filari del back-tracking al normale inseguimento. La stessa sequenza viene applicata al tramonto, permettendo così avere il doppio vantaggio dell'aumento del GR e della mancata perdita di producibilità imputabile all'interazione filare-filare.


L'utilizzo in Italia di questa tecnologia di inseguimento solare determina aumenti di producibilità dell'ordine del 20% circa rispetto ad impianti fissi orientati in maniera ottimale (azimut 0°, tilt 30°).

Riguardo la disposizione geometrica degli inseguitori monoassiali, è opportuno introdurre due parametri rappresentativi:

- **II GROUND RATIO, GR**, che è un parametro rappresentativo delle installazioni fotovoltaiche sia fisse sia a inseguimento, in quanto rappresenta il rapporto tra l'area attiva (o captante) del generatore fotovoltaico e l'area lorda occupata dall'impianto fotovoltaico su di un terreno, una copertura di un capannone industriale, un terrazzo piano, un tetto a falda, ecc. ( $GR = \text{Area captante del generatore} / \text{Area lorda di impianto}$ ). Nel progetto in esame il GR è pari a 25,55%.
- **L'INDICE DI CONSUMO SUOLO** di un sito misurato in termini di ha per MWp installato (più usato anche come parametro, di maggiore immediatezza). Nel progetto in esame è pari a 1,81 ha/MW.

### 3.3. INVERTER

Il gruppo di conversione è composto da due convertitori statici (Inverter) per ogni isola. Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto. Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |


- Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 0-21 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza).
- Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF in conformità alle norme CEI.
- Protezioni per il distacco dalla rete per valori fuori soglia di tensione, frequenza e corrente come prescritto dalle norme CEI.
- Conformità marchio CE.
- Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- Efficienza massima 93 % al 75% della potenza nominale.
- sistema di misura e controllo d'isolamento della sezione cc; scaricatori di sovratensione lato cc; rispondenza alle norme generali su EMC: Direttiva Compatibilità Elettromagnetica (89/336/CEE e successive modifiche 92/31/CEE, 93/68/CEE e 93/97/CEE);
- trasformatore di isolamento, incorporato o non, in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20;
- protezioni di interfaccia integrate per la sconnessione dalla rete in caso di valori fuori soglia di tensione e frequenza e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale (certificato DK5940).
- Per le ulteriori specifiche dell'inverter si allega la scheda di riferimento.

L'inverter scelto per l'impianto fotovoltaico è di tipo centralizzato ed è il PVS980 – 58 da 1818 kVA della FIMER. È un inverter adatto alle centrali di grande taglia. Ne verranno utilizzati 20, ossia due per ogni cabina di campo.

Esso ha un'efficienza molto elevata, associata un sistema di controllo e di ottimizzazione per il raggiungimento di massima potenza. Ha diverse funzionalità importanti, come un raffreddamento autonomo, un sistema di controllo dei guasti per assicurare una ridotta manutenzione, rispetto agli altri inverter. Ha un design compatto e modulare e ha una elevata tensione DC in ingresso pari a 1500 V. Inoltre è adatto per usi esterni, avendo come classe di protezione la IP 66.

Nella figura 3 è presente un'immagine dell'inverter. Pesa 3500 kg e le sue dimensioni sono le seguenti: 3,180 m \* 2,443 m \* 1,522 m e sarà installato all'esterno della cabina di campo.



|   |   |                                     |
|---|---|-------------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:<br>C_038_DEF_R_09 |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | Data: 07/2023                       |

*Immagine 3 - Inverter*

Nella pagina seguente è riportata la scheda tecnica del prodotto.

### Technical data and types


| Product Type designation                                     | PVS980-58 2.0 MVA -1818kVA-I | PVS980-58 2.1 MVA -1909kVA-J | PVS980-58 2.2 MVA -2000kVA-K   | PVS980-58 2.3 MVA -2091kVA-L |
|--|------------------------------|------------------------------|--|------------------------------|
| <b>Input (DC)</b>  |                              |                              |  |                              |
| Maximum recommended PV power ( $P_{PV, max}$ ) <sup>31</sup> | 2909 kWp                     | 3056 kWp                     | 3200 kWp   | 3346 kWp                     |
| Maximum DC current ( $I_{max(DC)}$ )                         | 2400 A                       | 2400 A                       | 2400 A   | 2400 A                       |
| DC voltage range, mpp ( $U_{DC, mpp}$ ) at 35 °C             | 850 to 1500 V                | 893 to 1500 V                | 935 to 1500 V  | 978 to 1500 V                |
| DC voltage range, mpp ( $U_{DC, mpp}$ ) at 50 °C             | 850 to 1100 V                | 893 to 1100 V                | 935 to 1100 V  | 978 to 1100 V                |
| Maximum DC voltage ( $U_{max(DC)}$ )                         | 1500 V                       | 1500 V                       | 1500 V   | 1500 V                       |
| Number of MPPT trackers                                      | 1                            | 1                            | 1  | 1                            |
| Number of protected DC inputs                                | 8 <sup>2)</sup> to 24 (+/-)  | 8 <sup>2)</sup> to 24 (+/-)  | 8 <sup>2)</sup> to 24 (+/-)  | 8 <sup>2)</sup> to 24 (+/-)  |
| <b>Output (AC)</b>   |                              |                              |  |                              |
| Maximum power ( $S_{max(AC)}$ ) <sup>31</sup>                | 2000 kVA                     | 2100 kVA                     | 2200 kVA   | 2300 kVA                     |
| Nominal power ( $S_{N(AC)}$ ) <sup>4)</sup>                  | 1818 kVA                     | 1909 kVA                     | 2000 kVA   | 2091 kVA                     |
| Maximum AC current ( $I_{max(AC)}$ )                         | 1925 A                       | 1925 A                       | 1925 A   | 1925 A                       |
| Nominal AC current ( $I_{N(AC)}$ )                           | 1750 A                       | 1750 A                       | 1750 A   | 1750 A                       |
| Nominal output voltage ( $U_{N(AC)}$ ) <sup>31</sup>         | 600 V                        | 630 V                        | 660 V  | 690 V                        |
| Output frequency <sup>32)</sup>                              | 50/60 Hz                     | 50/60 Hz                     | 50/60 Hz   | 50/60 Hz                     |
| Harmonic distortion, current <sup>4)</sup>                   | < 3%                         | < 3%                         | < 3%   | < 3%                         |
| Distribution network type <sup>7)</sup>                      | TN and IT                    | TN and IT                    | TN and IT  | TN and IT                    |
| <b>Efficiency</b>  |                              |                              |  |                              |
| Maximum <sup>8)</sup>  | 98.8%                        | 98.8%                        | 98.8%  | 98.8%                        |
| Euro-eta <sup>31</sup>                                       | 98.6%                        | 98.6%                        | 98.6%  | 98.6%                        |
| CEC efficiency <sup>31</sup>                                 | 98.0%                        | 98.5%                        | 98.5%  | 98.5%                        |
| <b>Power consumption</b>                                     |                              |                              |  |                              |
| Self consumption in normal operation                         | ≤ 2500 W                     | ≤ 2500 W                     | ≤ 2500 W   | ≤ 2500 W                     |
| Standby operation consumption                                | 235 W                        | 235 W                        | 235 W  | 235 W                        |
| Auxiliary voltage source <sup>10)</sup>                      | External, 1-phase            | External, 1-phase            | External, 1-phase  | External, 1-phase            |
| <b>Environmental limits</b>                                  |                              |                              |  |                              |
| Degree of protection   |                              |                              | IP66 <sup>11)</sup> / UL Type 3R   |                              |
| Ambient temp. range (nom. ratings) <sup>12)</sup>            |                              |                              | -20 °C to +50 °C   |                              |
| Relative humidity  |                              |                              | 5% to 100%   |                              |
| Maximum altitude (above sea level)                           |                              |                              | 4000 m <sup>14)</sup>  |                              |
| Typical sound pressure level (at 1 m distance)               |                              |                              | < 75 dB (A) <sup>15)</sup>   |                              |
| Maximum sound pressure level (at 1 m distance)               |                              |                              | < 88 dB (A) <sup>15)</sup>   |                              |
| Local user interface   |                              |                              | Control panel  |                              |
| Analog inputs  |                              |                              | 2 as standard  |                              |
| Digital inputs/relay outputs                                 |                              |                              | 7/1 as standard  |                              |
| Fieldbus connectivity  |                              |                              | Modbus, Profinet, Ethernet <sup>16)</sup>                                      |                              |
| <b>Product compliance</b>                                    |                              |                              |  |                              |
| Safety and EMC <sup>18)</sup>                                |                              |                              | CE conformity according to LV and EMC directives                               |                              |
| Certifications and approvals                                 |                              |                              | IEC, UL, CSA, RCM, IEEE, BDEW, CEI, SAGC, FCC and more                         |                              |
| Grid support and grid functions                              |                              |                              | Reactive power compensation <sup>17)</sup> , Power reduction, LVRT, HVRT, FqRT |                              |
| <b>Dimensions and weight</b>                                 |                              |                              |  |                              |
| Width/Height/Depth, mm (W/H/D)                               | 3180/2443/1522               | 3180/2443/1522               | 3180/2443/1522   | 3180/2443/1522               |
| Weight appr.   | 3500 kg                      | 3500 kg                      | 3500 kg  | 3500 kg                      |

<sup>31</sup> DC/AC ratio over 1.6 might decrease maintenance intervals  
<sup>32</sup> As standard  
<sup>33</sup> At 35 °C  
<sup>4)</sup> At 50 °C  
<sup>5)</sup> ±10%  
<sup>6)</sup> At nominal power  
<sup>7)</sup> Inverter side must be IT type  
<sup>8)</sup> Without auxiliary power consumption at min  $U_{dc}$

<sup>9)</sup> With auxiliary power included  
<sup>10)</sup> Internal as option  
<sup>11)</sup> Excluding underpressure testing, IP56 with underpressure  
<sup>12)</sup> -40 °C as option  
<sup>13)</sup> Power derating after 50 °C  
<sup>14)</sup> Power derating above 1000 m  
<sup>15)</sup> A - weighted  
<sup>16)</sup> More communication options as engineered option  
<sup>17)</sup> Also at night

Immagine 4 - Caratteristiche inverter



|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |

### 3.4. VERIFICA CONFIGURAZIONE STRINGHE DI MODULI CON L'INVERTER

Definito il layout di impianto, il numero di moduli della stringa e il numero di stringhe da collegare in parallelo, è stato verificato il corretto dimensionamento tra inverter e stringhe, come è mostrato nelle pagine seguenti. Le condizioni da rispettare sono:

- La massima tensione del generatore fotovoltaico deve essere inferiore alla massima tensione di ingresso dell'inverter;
- La massima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico non deve essere superiore alla massima tensione del sistema MPPT dell'inverter;
- La minima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico non deve essere inferiore alla minima tensione del sistema MPPT dell'inverter;
- La massima corrente del generatore fotovoltaico non deve essere superiore alla massima corrente in ingresso all'inverter.

Per la verifica delle suddette condizioni sono state applicate le formule di seguito riportate.

**Verifica della condizione 1** (massima tensione del generatore FV non superiore alla massima tensione di ingresso dell'inverter). La massima tensione del generatore fotovoltaico è la tensione a vuoto di stringa calcolata alla minima temperatura di funzionamento dei moduli, in genere assunta pari a -10°C. La tensione massima del generatore fotovoltaico alla minima temperatura di funzionamento dei moduli si calcola con la seguente espressione:


$$U_{MAX\ FV}(\theta_{min}) = N_s \cdot U_{MAX\ modulo}(\theta_{min}) [V]$$

Dove:

- $N_s$  è il numero di moduli che costituiscono la stringa,
- $U_{MAX\ modulo}(\theta_{min})$  è la tensione massima del singolo modulo alla minima temperatura di funzionamento. Essa si calcola con la seguente espressione:

$$U_{MAX\ modulo}(\theta_{min}) = U_{oc}(25^\circ C) - \beta \cdot (25 - \theta_{min})$$

Dove:

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |

- $U_{oc}$  (25°C) è la tensione a vuoto del modulo in condizioni standard il cui valore viene dichiarato dal costruttore;
- $\beta$  è il coefficiente di variazione della tensione con la temperatura, anch'esso dichiarato dal costruttore.

Deve risultare pertanto:

$$U_{MAX\ FV}(\theta_{min}) = N_s \cdot U_{MAX\ mod}(\theta_{min}) = N_s \cdot [U_{oc}(25^\circ C) - \beta(25 - \theta_{min})] \leq U_{max\ inv}$$

essendo  $U_{max\ inverter}$  la massima tensione in ingresso all'inverter, deducibile dai dati di targa ed è pari a 1500 V.

La tensione massima a circuito aperto raggiunta dal campo FV è pari a 1403,75 V.

**Verifica della condizione 2** (la massima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico non deve essere superiore alla massima tensione del sistema MPPT dell'inverter). La massima tensione del generatore fotovoltaico nel punto di massima potenza rappresenta la tensione di stringa calcolata con irraggiamento pari a 1000W/m<sup>2</sup>, e può essere calcolata con la seguente espressione:

$$U_{MPPT\ MAX\ FV}(\theta_{min.}) = N_s \cdot U_{MPPT\ MAX\ modulo}(\theta_{min})$$

Dove:


- $N_s$  è il numero di moduli collegati in serie;
- $U_{MPPT\ MAX\ modulo}(\theta_{min})$  è la massima tensione del modulo FV nel punto di massima potenza calcolabile nel seguente modo:

$$U_{MPPT\ MAX\ modulo}(\theta_{min}) = U_{MPPT} - \beta \cdot (25 - \theta_{min})$$

essendo  $U_{MPPT}$  la tensione del modulo in corrispondenza del punto di massima potenza, dichiarata dal costruttore.

Ai fini del corretto coordinamento occorre verificare che:

$$U_{MPPT\ MAX\ FV}(\theta_{min.}) = N_s \cdot [U_{MPPT} - \beta \cdot (25 - \theta_{min})] \leq U_{MPPT\ MAX\ INVERTER}$$

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |

dove UMPPT MAX INVERTER è la massima tensione del sistema MPPT dell'inverter, deducibile dai dati di targa ed è pari a 1500 V.

La tensione massima raggiunta dal campo FV in condizioni di massima potenza è pari a 1163,19 V.

**Verifica della condizione 3** (la minima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico non deve essere inferiore alla minima tensione del sistema MPPT dell'inverter). La minima tensione del generatore fotovoltaico nel punto di massima potenza è la tensione di stringa calcolata con:

- Irraggiamento pari a 1000 W/m<sup>2</sup>
- Temperatura  $\theta_{max}$  pari a 70°C.

E può essere calcolata con la seguente espressione:

$$UMPPT \text{ min FV} = N_s \cdot UMPPT \text{ min modulo}$$

Dove:

- $N_s$  è il numero di moduli collegati in serie;
- UMPPT min modulo è la tensione minima del modulo nel punto di massima potenza, calcolabile nel seguente modo:

$$UMPPT \text{ min modulo} = UMPPT_{\text{modulo}} - \beta \cdot (25 - \theta_{max})$$


Ai fini del corretto coordinamento deve risultare:

$$UMPPT \text{ min FV} = N_s \cdot [UMPPT_{\text{modulo}} - \beta \cdot (25 - \theta_{max})] \geq UMPPT \text{ min INVERTER}$$

essendo UMPPT min INVERTER la minima tensione nel punto di massima potenza del sistema MPPT dell'inverter, deducibile dai dati di targa.

La tensione minima dell'inverter è pari a 850 V. La tensione minima raggiunta dal campo FV in condizioni di massima potenza è pari a 949,27 V.

**Verifica della condizione 4** (la massima corrente del generatore fotovoltaico non deve essere superiore alla massima corrente in ingresso all'inverter). La massima corrente del generatore

|   |   |                                     |
|---|---|-------------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:<br>C_038_DEF_R_09 |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | Data: 07/2023                       |

FV è data dalla somma delle correnti massime erogate da ciascuna stringa in parallelo. La massima corrente di stringa è calcolabile nel seguente modo:

$$I_{stringa, Max} = 1,25 \cdot I_{sc}$$

Dove:

- $I_{stringa, Max}$  è la massima corrente erogata dalla stringa [A];
- $I_{sc}$  è la corrente di cortocircuito del singolo modulo [A];
- 1,25 è un coefficiente di maggiorazione che tiene conto di un aumento della corrente di cortocircuito del modulo a causa di valori di irraggiamento superiori a 1000W/m<sup>2</sup>

. Per il corretto coordinamento occorre verificare che:

$$I_{max FV} = N_p \cdot 1,25 \cdot I_{sc} \leq I_{max Inverter}$$

Dove:


- $I_{max FV}$  è la massima corrente in uscita dal generatore fotovoltaico [A];
- $N_p$  è il numero di stringhe in parallelo;
- $I_{max inverter}$  è la massima corrente in ingresso all'inverter [A].

La massima corrente che è accettata dall'inverter è 2400 A. La massima corrente in ingresso all'inverter è pari a 568,65 A.

Considerando che le strutture di sostegno dei moduli scelte possono alloggiare fino a 28 moduli, è stato verificato il corretto coordinamento supponendo di realizzare stringhe fotovoltaiche da 28 moduli, ottenendo esito positivo.

### 3.5. TRASFORMATORE

In ogni cabina alloggeranno n. 2 inverter, con relativo quadro di parallelo. Le protezioni a salvaguardia di ciascun convertitore saranno poste sia in Quadri DC che in Quadri AC. Da quest'ultimo con cavi opportunamente dimensionati si alimenterà il primario di un trasformatore elevatore "triangolo-stella" 600 V/36 KV di potenza pari a 5000 kVA.

|   |   |                                  |
|---|---|----------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato: C_038_DEF_R_09 |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | Data: 07/2023                    |

Di seguito, la scheda di riferimento del relativo trasformatore.

|                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| TIPOLOGIA TRASFORMATORE  | A secco                 |
| NORME DI RIFERIMENTO     | IEC 60076-11, EU 548/15 |
| POTENZA NOMINALE (KVA)   | 5000                    |
| NUMERO FASI              | 3                       |
| FREQUENZA (HZ)           | 50                      |
| TENSIONE NOMINALE (V)    | 36000                   |
| REGOLAZIONE PRIMARIO (%) | ±2x2,5                  |
| GRUPPO VETTORIALE        | Dyn11                   |
| TIPO AVVOLGIMENTO 1°/1°  | Triangolo/Stella        |




Figura 5 – Caratteristiche tecniche trasformatore a secco

### 3.6. CABINE NELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Sono presenti due tipologie di cabine nel campo FV:

- 1) Cabine di campo

|   |   |                                     |
|---|---|-------------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:<br>C_038_DEF_R_09 |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | Data: 07/2023                       |


## 2) Cabina di impianto

### • CABINE DI CAMPO

Localizzate in maniera omogeneamente distribuita nel parco rispetto alle relative isole, saranno posizionate le 10 cabine di campo.

Sono fondamentali per la trasformazione dell'energia elettrica da continua ad alternata, grazie agli inverter e per l'innalzamento della tensione da bassa a alta, grazie ai trasformatori. Saranno progettate per garantire la massima robustezza meccanica e durabilità. L'apparato avrà le dimensioni indicative riportate negli elaborati grafici e sarà posato su un basamento in calcestruzzo di adeguate dimensioni. Le cabine saranno collegate tra di loro in configurazione radiale e in posizione più possibile baricentrica rispetto ai campi fotovoltaici in cui saranno convogliati i cavi provenienti dai quadri di campo che a loro volta raccoglieranno i cavi provenienti dai raggruppamenti delle stringhe dei moduli fotovoltaici collegati in serie. Per ognuna delle cabine è indicativamente prevista la realizzazione di un impianto di ventilazione naturale che utilizzerà un sistema di griglie posizionate nelle pareti in due differenti livelli e un impianto di condizionamento e/o di ventilazione forzata adeguato allo smaltimento dei carichi termici introdotti nel locale dalle apparecchiature che entrerà in funzione nel periodo di massima temperatura estiva. All'interno del sistema saranno presenti:

- Trasformatore BT/AT;
- Quadro di parallelo in bassa tensione per protezione dell'interconnessione tra gli inverter e il trasformatore;
- Interruttori di alta tensione;
- Quadri servizi ausiliari;
- Sistema di dissipazione del calore;
- Dotazioni di sicurezza;
- UPS per servizi ausiliari;
- Rilevatore di fumo;
- Sistema centralizzato di comunicazione con interfacce
- Inverter

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |

- Quadri in AC
- Quadri in DC
- Dispositivi di sicurezza.

La cabina di campo presenta due locali importanti:


- 1) Locale inverter, dove la corrente passa da continua ad alternata
- 2) Locale trasformatori, dove la tensione viene elevata.

Nel locale inverter ciascun convertitore statico verrà collegato al quadro di parallelo inverter, collocato nello scomparto di bassa tensione nelle cabine di trasformazione nel locale, equipaggiato con dispositivi di generatore (interruttori automatici di tipo magnetotermico o elettronici a controllo di massima corrente e cortocircuito) per ciascuna linea inverter e un interruttore automatico generale di tipo magnetotermico per mezzo del quale verrà effettuato il collegamento con l'avvolgimento BT del trasformatore elevatore.

I locali di trasformazione sono della tipologia plug-and-play, pre-assemblati in fabbrica, trasportabile in sito pronte per essere installate e rappresentano una soluzione funzionale con un considerevole risparmio di tempo e di costi, dal momento che vengono fornite in campo già assemblate sia meccanicamente che elettricamente, nonché rapidità e facilità nella fase di smontaggio a fine vita utile dell'impianto. Le principali caratteristiche dei locali di trasformazione sono: trasformatori 600 V (BT) /36 kV con potenza 5000 kVA (Vcc% 6%, ONAN, Dy11, IP54), quadro a 36 kV conformi alla norma IEC 62271 isolati in gas sigillato ermeticamente a semplice manutenzione, quadro BT con interruttori e fusibili di protezione. All'interno di ciascun locale di trasformazione è predisposto un quadro elettrico a 36 kV, cella di arrivo linea e cella di protezione con un interruttore automatico con protezione 50, 51 e 51N per la protezione dei montanti 36 kV di alimentazione dei trasformatori, un sezionatore di linea sotto carico interbloccato con un sezionatore di terra, eventuali gruppi di misura dell'energia prodotta.

## • CABINE D'IMPIANTO

Dalle cabine di campo, dopo l'elevazione di tensione, l'energia è convogliata, tramite linee costituite da cavi interrati e posati a trifoglio entro trincee nella cabina d'impianto. La tensione è pari

|   |   |                                     |
|---|---|-------------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:<br>C_038_DEF_R_09 |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | Data: 07/2023                       |

a 36 kV. Le dimensioni minime della cabina sono 6,7\*2,5\*2,45 m3, dove 2,45 è l'altezza. Essa è localizzata in prossimità della recinzione.

Nella cabina di raccolta sono presenti i seguenti componenti:

- Quadro generale
- Quadri servizi ausiliari;
- Sistema di dissipazione del calore;
- Dotazioni di sicurezza;
- UPS per servizi ausiliari;
- Rilevatore di fumo;
- Sistema centralizzato di comunicazione con interfacce
- Dispositivi di sicurezza
- Computer per il monitoraggio.
- Deposito per componenti di scorta, come moduli FV o inverter.

Per questo motivo la cabina di raccolta ha almeno due locali.


### 3.7. QUADRO GENERALE

Per il progetto in esame è previsto un quadro a 36kV collettore di impianto denominato "QUADRO GENERALE" che sarà installato ai confini dell'area 'impianto fotovoltaico, nella cabina di raccolta; il suddetto quadro raccoglie le linee in arrivo a 36kV dalle cabine di campo delle isole, oltre a fornire i Servizi Ausiliari per l'area del campo fotovoltaico.

Le caratteristiche tecniche del quadro a 36kV sono le seguenti:

- Tensione nominale/esercizio: 27-36 kV
- Frequenza nominale: 50 Hz
- N° fasi: 3
- Corrente nominale delle sbarre principali: fino a 1250 A
- Corrente di corto circuito: 31.5 kA/1s o 40kA/0,5s
- Potere di interruzione degli interruttori alla tensione nominale: 16-25 kA
- Tenuta arco interno: 31,5kA/1s o 40kA/0,5s



|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |

Il quadro e le apparecchiature posizionate al suo interno dovranno essere progettati, costruiti e collaudati in conformità alle Norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano), IEC (International Electrotechnical Commission) in vigore.

Ciascun quadro elettrico sarà formato da unità affiancabili, ognuna costituita da celle componibili e standardizzate, in esecuzione senza perdita di continuità d'esercizio secondo IEC 62271-200, destinato alla distribuzione d'energia a semplice sistema di sbarra.

Il quadro sarà realizzato in esecuzione protetta e sarà adatto per l'installazione all'interno in accordo alla normativa CEI/IEC. La struttura portante dovrà essere realizzata con lamiera d'acciaio di spessore non inferiore a 2 mm.


Il quadro dovrà garantire la protezione contro l'arco interno sul fronte del quadro fino a 40kA per 0.5 s (CEI-EN 60298).

Le celle saranno destinate al contenimento delle apparecchiature di interruzione automatica con 3 poli principali indipendenti, meccanicamente legati e aventi ciascuno un involucro isolante, di tipo "sistema a pressione sigillato" (secondo definizione CEI 17.1, allegato EE), che realizza un insieme a tenuta riempito con esafluoruro di zolfo (SF6) a bassa pressione relativa, delle parti attive contenute nell'involucro e di un comando manuale ad accumulo di energia tipo RI per versione SF1, (tipo GMH elettrico per SF2).

Gli interruttori saranno predisposti per ricevere l'interblocco previsto con il sezionatore di linea, e potranno essere dotati dei seguenti accessori:

- comando a motore carica molle;
- comando manuale carica molle;
- sganciatore di apertura;
- sganciatore di chiusura;
- conta manovre meccanico;
- contatti ausiliari per la segnalazione di aperto
- chiuso dell'interruttore.

Il comando degli interruttori sarà del tipo ad energia accumulata a mezzo molle di chiusura precaricate tramite motore, ed in caso di emergenza con manovra manuale.

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |

Le manovre di chiusura ed apertura saranno indipendenti dall'operatore.

Il comando sarà a sgancio libero assicurando l'apertura dei contatti principali anche se l'ordine di apertura è dato dopo l'inizio di una manovra di chiusura, secondo le norme CEI 17-1 e IEC 56.

La regolazione della protezione dipende dalle caratteristiche dell'impianto dell'Utente. I valori di regolazione della protezione generale saranno impostati dall'Utente in sede di progetto esecutivo.

Sono previste, inoltre, le seguenti protezioni:

- massima tensione (senza ritardo intenzionale) (soglia 59);
- minima tensione (ritardo tipico: 300 ms) (soglia 27);
- massima frequenza (senza ritardo Rev. 0 - del 21/07/2022:
- minima frequenza (senza ritardo intenzionale) (soglia 81 <);
- massima tensione omopolare V0 (ritardata) (soglia 59N). intenzionale) (soglia 81 >).

### 3.8. CAVI ELETTRICI

I cavi principali utilizzati in questo impianto FV sono:

- 1) in BT, sia in CC, sia in AC,
- 2) in AT, solo in AC.


Per il dimensionamento della sezione, si assume come riferimento la tabella CEI UNEL 35024 che fornisce la portata nominale dei conduttori elettrici in funzione della tipologia di posa, del tipo di cavo ecc.

Inoltre, la sezione dei cavi deve soddisfare la condizione:

$$I^2t \leq S^2K^2$$

dove:

- I = massima corrente presunta di corto circuito nel punto di installazione [A];
- t = durata della corrente di corto circuito [s];
- S = sezione del cavo [mm<sup>2</sup>]

|   |   |                                     |
|---|---|-------------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:<br>C_038_DEF_R_09 |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | Data: 07/2023                       |

- K = tabellare

Affinché sia soddisfatta la succitata condizione, è necessario considerare le caratteristiche della protezione dai corto circuiti presente a monte.

### 3.9. CAVI IN BT

Questa tipologia di cavi sono utilizzati per il collegamento dai moduli fino all'inverter (in DC) e dall'inverter fino al trasformatore (in AC).

Per il cablaggio si useranno conduttori isolati in rame aventi caratteristiche di seguito elencate:

- Sezione delle anime in rame in ragione di 1,5mm x 1A;
- Tipo FG16 come prescritti dalle norme CEI. Gli stessi saranno marchiati I.M.Q. e le colorazioni degli isolanti saranno a norme UNEL con grado d'isolamento di 4 kV, tenendo conto della sicurezza per chi opera sugli impianti per manutenzione, verifica e quanto altro.

Le norme elettriche prevedono questa classificazione di cavi


- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: rosso per il positivo e nero negativo.

Le sezioni dei conduttori sono sovradimensionate sia per le correnti che per le limitate distanze tra loro.

Il tutto tiene conto anche della limitazione delle perdite di carico che devono essere contenute entro un massimo del 2%.

Il collegamento tra i moduli che compongono ciascuna stringa sarà realizzato, per quanto possibile, con i cavi di cui sono dotati i moduli.

Per collegare le stringhe di moduli FV all'inverter centralizzato, risulta fondamentale l'utilizzo dello string box.

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |

Il collegamento tra i capi delle stringhe e la cassette di stringa sarà realizzato con cavi con conduttore in rame elettrolitico stagnato, aventi alta resistenza agli agenti atmosferici, all'umidità e ai raggi UV, con elevato range di temperatura di esercizio di isolamento, in HEPR 120°C e guaina di protezione EVA 120°C (tipo FG16) denominati "solari" di sezione 6 mm<sup>2</sup>, tenuto conto della distanza di ciascuna stringa dal relativo quadro di parallelo e della necessità di limitare le perdite nei cavi. Tale collegamento avverrà grazie a coppie maschio-femmina di connettori, tipo MultiContact - MC4, e i cavi solari scorreranno in canaline metalliche poggiate adeguatamente sui profili metallici lungo tutta la struttura fino a scendere poi in un tratto discendente della canalina lungo uno dei profili verticali fino al pozzetto posizionato nelle vicinanze della struttura, da dove proseguiranno in tubo corrugato a doppia parete, fino a giungere allo string box.

Poiché in ciascun inverter scelto per la realizzazione del campo afferisce un'isola composta stringhe, corrispondenti agli ingressi dei quadri di campo, prima del collegamento è necessario realizzare un parallelo tra le cassette, per cui in prossimità di ogni cabina di campo si prevede di posizionare al suolo, mediante zoccolo interrato, due armadi elettrici in poliestere rinforzato con fibra di vetro, con grado di protezione IP65.


Le linee in uscita da ciascuno di questi armadi saranno realizzate con coppie di cavi unipolari con guaina tipo FG16 0,6/1 kV, di sezione pari a 95 mm<sup>2</sup>, data l'estrema brevità di tratta, e saranno direttamente collegate agli ingressi delle macchine inverter presenti in ciascuna cabina di campo.

Lungo i cavidotti interrati verranno posizionati altri pozzetti rompitratta per favorire l'infilaggio dei cavi.

### **3.10. CAVI IN AT**

I cavi in AT all'interno dell'impianto FV, vanno dai trasformatori della cabina di campo fino alla cabina di raccolta, inoltre è previsto un cavidotto in AT 36 kV dalla cabina di raccolta fino alla futura Stazione Elettrica (SE) della RTN da collegare in entra – esce alla linea RTN a 150 kV "Marzanello - Pignataro".

Come già riportato nei precedenti paragrafi l'impianto fotovoltaico sarà connesso tecnicamente in antenna alla sezione 36 kV di una stazione elettrica RTN di nuova realizzazione. La

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |

connessione a partire dall'area di impianto avverrà attraverso una linea in cavo interrato di lunghezza pari a circa 7,5 km in arrivo alla stazione Terna, all'interno di una cabina di raccolta, costituita da un dispositivo generale ed un dispositivo di interfaccia e tutti gli apparati di gestione e controllo dell'impianto fotovoltaico ridondanti rispetto a quelli presenti internamente all'area di impianto fotovoltaico (cabina generale 36 kV di impianto). All'interno della sezione 36 kV della nuova stazione Terna verrà predisposta una cella 36 kV per la connessione dell'impianto fotovoltaico in oggetto. La cella designata, facente parte di un quadro 36 kV isolato in aria, potrà accogliere fino a n.2 terne in parallelo (così come riportato nelle indicazioni preliminari del nuovo allegato A.68 in bozza fornito da Terna e tuttora in fase di definizione). I gruppi di misura sono di proprietà del distributore e devono essere installati in apposito locale contatori all'interno della cabina di raccolta e in sezione ridondata all'interno della cabina generale di impianto; la misura fiscale sarà eseguita in corrispondenza del quadro 36 kV posto in cabina di raccolta.

Le apparecchiature elettriche installate in cabina devono essere rispondenti alle specifiche norme CEI applicabili.

Per il collegamento dai trasformatori alla cabina di impianto verranno utilizzati una terna di cavi **RG7H1R** da **150 mm<sup>2</sup>**. Questi cavi saranno interrati a **trifoglio** per minimizzare gli effetti elettromagnetici.

L'elettrodotto, che va dalla cabina di impianto allo stallo della futura stazione elettrica, sarà interrato e sarà costituito da una doppia terna di cavi **RG7H1R** da **500 mm<sup>2</sup>**. I cavi saranno interrati a **trifoglio**, per minimizzare gli effetti elettromagnetici.

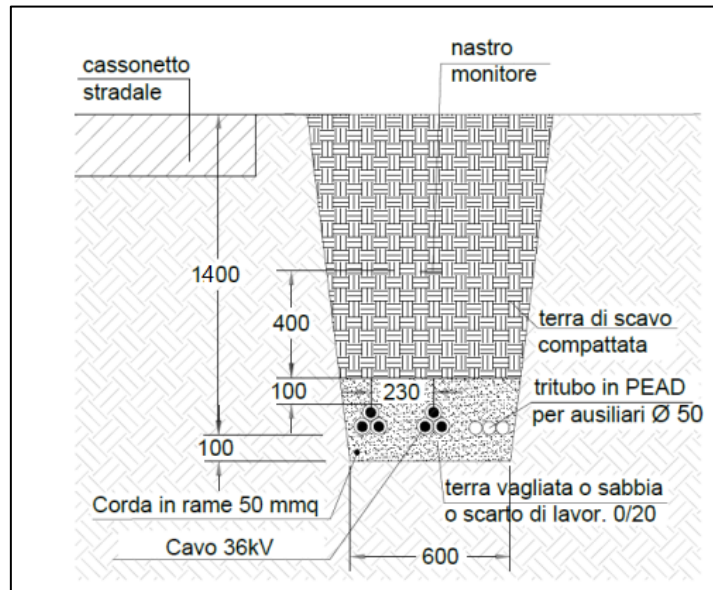


Figura 6: Tipologica posa linee di connessione

All'interno dello stesso scavo sarà predisposto un tritubo, quale predisposizione per il passaggio della fibra ottica per la trasmissione dei dati di impianto. Tale tipologico ha carattere puramente indicativo; si dovrà valutare nelle successive fasi l'utilizzo di una protezione meccanica integrativa a protezione delle terne e un eventuale ulteriore distanziamento tra le linee 36 kV e le linee dati.

Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento 'mortar'.

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

L'elettrodotto a 36 kV sarà costituito da tre conduttori elicoidale di rame rosso di sezione pari a 150 mm<sup>2</sup>.


Le caratteristiche principali dei cavi **RG16H10R12** sono:

*Non propagazione della fiamma;*

*Senza piombo.*

### **Caratteristiche costruttive**

**Conduttore:** rame, formazione rigida compatta, classe 2.

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |

**Semiconduttivo interno:** elastomerico estrusa.

**Isolamento:** Isolamento in HEPR di qualità G16.

**Semiconduttivo esterno:** elastomerico estruso pelabile a freddo per il grado 1,8/3kV solo su richiesta.

**Schermatura:** Schermo a due nastri di rame rosso intercalati.

**Guaina esterna:** PVC + materiale non fibroso e non igroscopico.

**Colore:** Rosso

### Riferimento normativo

**Costruzione e requisiti:** IEC 60840 | CEI 20-13

**Propagazione della fiamma:** secondo normative CEI EN 60332-1-2

**Gas corrosivi o alogenidrici:** CEI EN 50267-2-1

**Misura delle scariche parziali:** CEI 20-16 | IEC 60885-3

### Caratteristiche funzionali

#### **26/45 kV**

Temperatura massima di esercizio: +90°C

Temperatura minima di esercizio: -15°C (*in assenza di sollecitazioni meccaniche*)

Temperatura massima di corto circuito: 250°C

Massimo sforzo di trazione consigliato: 60 N/mm<sup>2</sup> di sezione del rame

Raggio minimo di curvatura consigliato: 16 volte il diametro del cavo.

Temperatura minima di posa: 0°C



| Numero conduttori       | Sezione nominale | Diametro indicativo conduttore | Diametro indicativo isolante | Diametro indicativo esterno         | Peso indicativo del cavo | Raggio minimo curvatura |
|-------------------------|------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Conductor Number        | Nominal Section  | Approx conductor diameter      | Approx insulation diameter   | Approx external production diameter | Approx cable weight      | Minimum radius bending  |
| (N°)                    | (mmq)            | (mm)                           | (mm)                         | (mm)                                | (kg/km)                  | (mm)                    |
| Tripolare / Three cores |                  |                                |                              |                                     |                          |                         |
| 3x                      | 70               | 9.9                            | 33.3                         | 92.7                                | 9157                     | 1483                    |
| 3x                      | 95               | 11.6                           | 34.9                         | 95.6                                | 10500                    | 1530                    |
| 3x                      | 120              | 13.1                           | 36.9                         | 98.7                                | 11980                    | 1579                    |
| 3x                      | 150              | 14.4                           | 36.8                         | 100,3                               | 12450                    | 1605                    |
| 3x                      | 185              | 16.1                           | 38.8                         | 103.9                               | 13990                    | 1662                    |

| Formazione              | Resistenza elettrica a 20°C | Capacità a 50 Hz | Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz   | Reattanza di fase | Portata di corrente         |           |
|-------------------------|-----------------------------|------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------------|-----------|
|                         |                             |                  |                                       |                   | In aria                     | Interrato |
| Formation               | Electric resistance at 20°C | Capacities 50 Hz | Apparent resistance at 90°C and 50 Hz | Phase Reactance   | Current carrying capacities |           |
| (N°xmmq)                | (Ohm/km)                    | (microF/km)      | (Ohm/km)                              | (Ohm/km)          | In air                      | In ground |
| (A)                     | (A)                         |                  |                                       |                   |                             |           |
| Tripolare / Three cores |                             |                  |                                       |                   |                             |           |
| 3x70                    | 0.268                       | 0.21             | 0.343                                 | 0.14              | 255                         | 241       |
| 3x95                    | 0.193                       | 0.20             | 0.247                                 | 0.13              | 308                         | 288       |
| 3x120                   | 0.153                       | 0.19             | 0.196                                 | 0.13              | 353                         | 327       |
| 3x150                   | 0.124                       | 0.18             | 0.160                                 | 0.12              | 398                         | 366       |
| 3x185                   | 0.0991                      | 0.18             | 0.129                                 | 0.12              | 457                         | 416       |

Immagine 7 – Esempio di cavo per l'AT e sua scheda tecnica

Si è deciso, per motivi di produzione che dalla cabina di raccolta, partiranno due terne a 36 kV, che poi si congiungeranno in prossimità della stazione elettrica. Il cavo elicoidale, utilizzato per l'elettrodotto, il è RG16H1ONR12 da 3\*185 mm<sup>2</sup>

Il cavo verrà fornito in bobine con pezzatura da 500 m circa. Poiché l'elettrodotto avrà una lunghezza di circa 7500 m si prevede l'esecuzione all'incirca di 15x2 giunzioni intermedie.



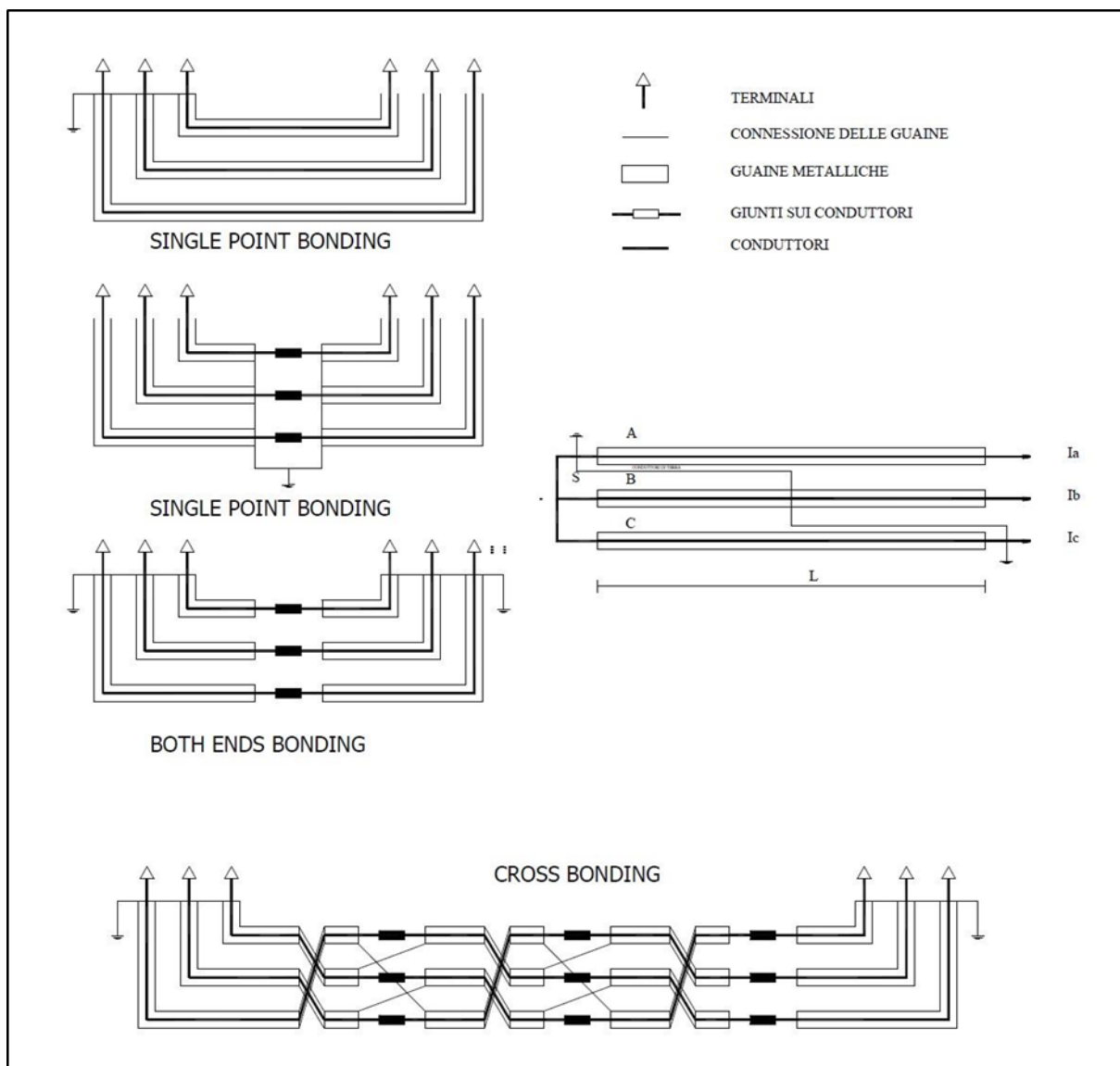



Immagine 4 – Esempi di giunti

La realizzazione dell'opera avverrà per fasi sequenziali di lavoro che permettano di contenere le operazioni in un tratto limitato della linea in progetto, avanzando progressivamente sul territorio.

In generale le operazioni si articoleranno secondo le fasi elencate nel modo seguente:

- realizzazione delle infrastrutture temporanee di cantiere;
- apertura della fascia di lavoro e scavo della trincea;
- posa dei cavi e realizzazione delle giunzioni;
- ricopertura della linea e ripristini.

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |

In alcuni casi particolari e comunque dove si renderà necessario, in particolare per tratti interni ai centri abitati e in corrispondenza di attraversamenti, si potrà procedere anche con modalità diverse da quelle su esposte.

In particolare, si evidenzia che in alcuni casi specifici potrebbe essere necessario procedere alla posa del cavo con:

- Perforazione teleguidata;
- Staffaggio su ponti o strutture preesistenti;
- Posa del cavo in tubo interrato;
- Realizzazione manufatti per attraversamenti corsi d'acqua.

Al termine dei lavori civili ed elettromeccanici sarà effettuato il collaudo della linea.

### **3.11. IMPIANTO DI MESSA A TERRA**


L'impianto di terra sarà unico per tutta l'area del campo fotovoltaico, ad esso dovranno essere connessi tutti i conduttori che realizzano la messa a terra di funzionamento (scaricatori e sistemi per la protezione contro le scariche atmosferiche ed elettrostatiche), l'impianto di terra dovrà essere eseguito in modo da soddisfare le seguenti condizioni:

- efficienza garantita nel tempo;
- dispersione delle correnti di guasto senza subirne danni.

L'impianto comprenderà, infine, la rete dei conduttori di protezione, installati negli stessi condotti dei cavi di fase ed estesa a tutti gli utilizzatori.

L'impianto di terra viene realizzato sotto forma di conduttore circolare chiuso, integrato con dei picchetti di messa a terra. Il conduttore circolare, infatti, limita la tensione di un fulmine. I picchetti di terra, invece, garantiscono un valore di resistenza di terra ancora più contenuto e costante per l'intero impianto di messa a terra.

L'impianto di terra dovrà essere coordinato in modo opportuno per evitare, in caso di guasto sulle apparecchiature in AT, il trasferimento di elevate tensioni totali di terra che, attraverso il percorso elettrico, si potrebbero propagare alle masse e alle masse estranee dell'impianto utilizzatore.

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |

Un buon livello di sicurezza sia all'interno sia all'esterno dell'impianto la si ottiene contenendo le tensioni di passo e di contatto con particolari accorgimenti atti a ridurre i gradienti di potenziale nel terreno e a garantire una efficiente equipotenzialità tra le masse e le masse estranee.

La cabina elettrica deve essere dotata di un impianto di terra conforme alle Norme CEI 64-8; le masse estranee facenti parte della cabina devono essere collegate all'impianto di terra secondo le prescrizioni della Norma CEI EN 61936 e CEI EN 50522.

L'impianto disperdente sarà realizzato al di sotto del vano cabina mediante la realizzazione di una maglia di terra realizzata con treccia di rame nudo da 35mmq e 50mmq. I conduttori saranno fissati mediante morsetti a pettine.

Nei 4 vertici, e comunque ad una distanza minima di 1 metro, sarà posato un dispersore del tipo in acciaio o ramato di sezione minima superiore ai sensi della norma (CEI 99-3):

$$A = \frac{1}{K} \sqrt{I^2 t}$$

dove:


A = sezione minima del dispersore in mm<sup>2</sup>;

I = corrente che percorre l'elemento in considerazione (in ampere);

t= tempo di eliminazione del guasto (in secondi);

k = è un coefficiente

L'impianto di terra, in presenza della corrente di guasto IG (fornita dal Distributore) non deve presentare in nessun punto, sia interno che esterno alla cabina, una tensione di passo e di contatto superiore al valore di tensione specificato nelle Norme CEI assunto in relazione al tempo di intervento delle protezioni. In sede di collaudo dovrà essere effettuata una misura della tensione di passo e di contatto secondo il dettato della Norma CEI 64-8 al fine di verificare il corretto dimensionamento della rete di terra.

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |

Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni.

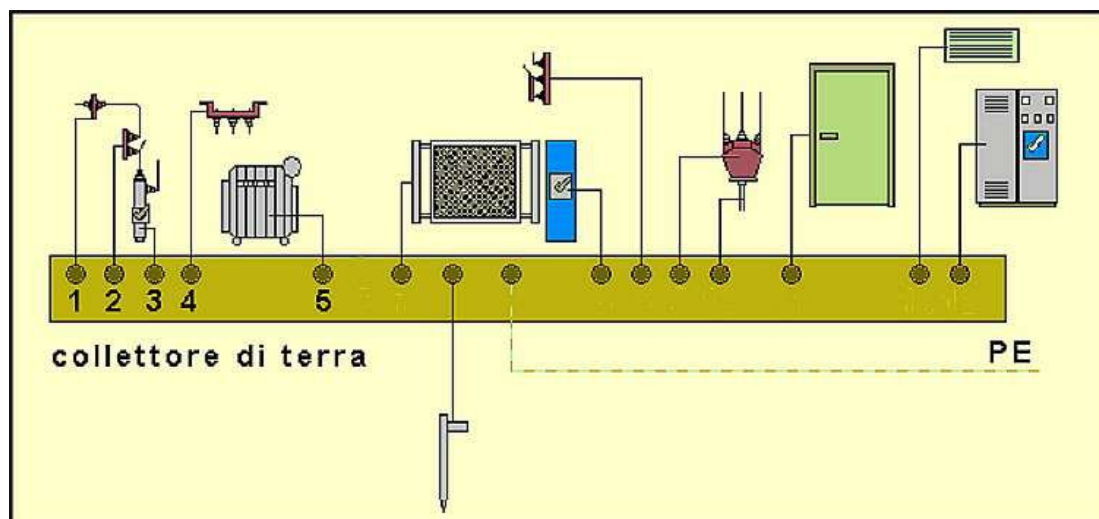
Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua solo nel caso di impianti monofase.

Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa è ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata dovrà essere opportunamente protetta.

La struttura di sostegno verrà regolarmente collegata all'impianto di terra opportunamente predisposto.

Da notare che, per tempi di interruzione del guasto non superiori a 1 s e con correnti di guasto non superiori a 2500 A, è sufficiente la sezione minima in rame di 16 mm<sup>2</sup>, prescritta dalle Norme. Tutto ciò porta a concludere che nel caso di cabine alimentate con linee in AT isolate è sufficiente utilizzare per i conduttori di terra le sezioni minime prescritte dalle Norme, con la sola eccezione per il conduttore che collega il trasformatore al PE che può essere percorso da correnti IG che dipendono dalla U<sub>0</sub> e dall'impedenza dell'anello di guasto ( $IG=U_0/Z_S$ ). Tutte le parti metalliche accessibili delle macchine, delle apparecchiature, e della struttura suscettibili di entrare in contatto con elementi in tensione in seguito a guasti o di introdurre il potenziale di terra devono essere collegate al dispersore normalmente per mezzo di una sbarra che funge da collettore.



Tutte le parti della cabina suscettibili di entrare in contatto con elementi in tensione devono essere collegate al dispersore.

#### 4. OPERE CIVILI

- **Recinzione**

Il progetto prevede la realizzazione di una recinzione perimetrale a delimitazione dell'area di installazione dell'impianto; la recinzione sarà formata da rete metallica a pali battuti.


In dettaglio, si prevede di realizzare una recinzione di tutta l'area di impianto e delle relative pertinenze. Si prevede di mantenere una distanza degli impianti dalla recinzione medesima, quale fascia di protezione e schermatura, di cui opere di mitigazione e di viabilità perimetrale.

Ad integrazione della recinzione di nuova costruzione e prevista l'installazione di cancelli carrabili per un agevole accesso all'area d'impianto. Il cancello d'ingresso sarà realizzato in acciaio zincato, sorretto da pilastri in scatolare metallico. Le dimensioni saranno tali da permettere un agevole ingresso dei mezzi pesanti impiegati in fase di realizzazione e manutenzione. In fase esecutiva sarà considerata la possibilità di dotare il cancello di azionamento elettrico.

- **Sistema di illuminazione**

L'impianto di illuminazione esterno sarà costituito da 2 sistemi:

- illuminazione perimetrale: sarà realizzato un impianto di illuminazione coordinato con l'impianto per la videosorveglianza con lampade poste nelle immediate vicinanze delle telecamere e quindi sulla sommità dei pali.

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |

- illuminazione esterna cabine di trasformazione e di consegna: saranno inserite delle lampade in corrispondenza delle cabine di trasformazione e di consegna per l'illuminazione delle piazzole per manovre e sosta.

- **Viabilità di servizio**

Le opere viarie saranno costituite da una regolarizzazione di pulizia del terreno, dalla successiva compattazione e rullatura del sottofondo naturale, dalla fornitura e posa in opera di tessuto non tessuto ed infine dalla fornitura e posa in opera di brecciolino opportunamente costipato per uno spessore di pochi centimetri, poiché si tratta di arterie viarie dove sovente transitano cavi in cavidotto. I cavidotti saranno differenziati a seconda del percorso e del cavo che accoglieranno. Si prevede la realizzazione di una strada sterrata per l'ispezione dell'area di impianto lungo tutto il perimetro dell'impianto e lungo gli assi principali e per l'accesso alle piazzole delle cabine.

- **Cabine prefabbricate**


I manufatti saranno costituiti da struttura autoportante completamente realizzata e rifinita nello Stabilimento di produzione del Costruttore. Saranno conformi alle norme CEI ed alla legislazione in materia. L'armatura interna del fabbricato dovrà essere totalmente collegata elettricamente per creare una gabbia di Faraday a protezione dalle sovratensioni di origine atmosferica ed a limitazione delle tensioni di passo e contatto.

- **Scavi**

Sono considerati scavi le lavorazioni occorrenti per:

- Scotico;
- Livellazione superfici;
- Scavi e riporti di regolarizzazione;
- Apertura della sede stradale e dei piazzali e delle eventuali pertinenze secondo i disegni di progetto e le particolari prescrizioni che può dare la Direzione Lavori in sede esecutiva;
- Formazione dei cassonetti, per far luogo alla pavimentazione del sottofondo stradale;
- Scavi di predisposizione fondazioni;
- Scavi per realizzazione sistemi di drenaggio.

In merito alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico, prima dell'inizio dei lavori di installazione, sarà realizzato uno scotico superficiale con appositi mezzi meccanici. Il materiale

|   |   |                                     |
|---|---|-------------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:<br>C_038_DEF_R_09 |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | Data: 07/2023                       |

derivante dallo scotico sarà riutilizzato in sito attraverso uno spandimento uniforme. La successiva fase di rullatura e compattazione consentirà di riottenere i medesimi profili iniziali.

Il materiale ottenuto dallo scavo per la realizzazione dei cavidotti BT e AT interni al sito sarà riutilizzato per il riempimento dello scavo stesso per una percentuale di circa l'85%; la restante parte sarà utilizzata nell'impianto per rimodellamenti puntuali. La eventuale parte eccedente sarà sparsa uniformemente su tutta l'area del sito a disposizione, per uno spessore limitato a pochi centimetri, mantenendo la morfologia originale dei terreni.


Dunque, si prevedono spostamenti di materiale all'interno delle aree di cantiere per la regolarizzazione del terreno interessato alle opere di progetto con scavi per l'alloggiamento dei cavidotti interrati e per la posa delle cabine prefabbricate, e palleggio interni alle aree di intervento, fino alle quote di progetto, incluso il trasporto e la successiva sistemazione e compattazione.

- **Regimentazione delle acque**

L'impianto fotovoltaico si compone di strutture del tipo tracker monoassiali ad inseguimento solare, sollevate dal piano campagna, infisse puntualmente a terra. Durante la manifestazione di un evento meteorico, le acque, in caduta sull'area dell'impianto fotovoltaico, defluiranno sulla superficie del generico pannello e raggiungeranno il terreno e non andranno ad inficiare nella variazione del coefficiente di deflusso.

Inoltre, la totale assenza di fondazioni e manufatti in c.a., ad eccezione delle fondazioni delle cabine e dei locali tecnici (che comunque sono del tipo prefabbricato pertanto rimovibili), e l'assenza di c.a. gettato in opera e/o prefabbricato nelle opere di recinzione, non altereranno in modo significativo il grado di permeabilità del suolo e del sottosuolo.

In conclusione, si può affermare che la natura delle azioni di progetto precedentemente descritte non comporteranno né variazioni drastiche di uso del suolo e pertanto alterazioni del deflusso superficiale, di infiltrazione e scorrimento delle acque. Sulla base di tali considerazioni, non sono previste opere di regimazione in quanto viene garantito il principio di invarianza idraulica.

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |

## 5. SPECIFICHE TECNICHE OPERE CIVILI


### 5.1. Allestimento cantiere

Considerata l'estensione dell'area di intervento è stata prevista un'area di cantiere attrezzata, in prossimità dell'ingresso del campo FV. Per facilitare le lavorazioni è stata prevista anche un'area di stoccaggio in posizione strategica rispetto allo sviluppo plano-altimetrico delle aree interessate. L'area di cantiere dovrà essere delimitata con recinzione la cui altezza della recinzione dovrà essere di AT. 2,00. L'accesso a tale area di cantiere dovrà avvenire tramite un cancello di accesso di larghezza 8 AT [due parti da 4 AT cadauna] sufficiente per il transito dei mezzi pesanti. L'area [baraccamenti e deposito materiali/sosta mezzi] sarà distinta in modo da prevenire il rischio di collisione tra automezzi. Tutti i mezzi che accederanno a tale area dovranno procedere a passo d'uomo e sostare nelle aree opportunamente segnalate e comunicate al momento dell'ingresso in cantiere. Tutta l'area dovrà presentare una pavimentazione in spaccato di ghiaia da realizzare dopo uno scavo di scotico e la posa di un tessuto non tessuto per fondazioni stradali. All'interno dell'area per il deposito dei materiali e la sosta dei veicoli, in posizione il più prossima all'ingresso, dovrà essere realizzata una piazzola per il deposito dei rifiuti di cantiere [imballaggi, materiali di scarto, etc.], anche mediante la posa in opera di cassoni per la raccolta differenziata dei rifiuti ingombranti [carta e cartone, plastica, legno, etc.], e di cassonetti per la raccolta di rifiuti civili [organico, indifferenziato, vetro]. L'impresa appaltatrice principale dovrà provvedere allo smaltimento prevedendo il conferimento dei rifiuti alle pubbliche discariche a seconda della tipologia di rifiuto.

A servizio degli addetti alle lavorazioni si prevedono i seguenti baraccamenti, dimensionati ed attrezzati tenendo conto del numero massimo di lavoratori contemporaneamente presenti in cantiere:

- **Uffici direzione lavori:** saranno collocati in cabine prefabbricate;
- **Spogliatoi:** i locali dovranno essere aerati, illuminati, ben difesi dalle intemperie, riscaldati durante la stagione fredda, muniti di sedili e mantenuti in buone condizioni di pulizia. Inoltre, dovranno essere dotati di opportuni armadietti affinché ciascun lavoratore possa chiudere a chiave i propri indumenti durante il tempo di lavoro;



|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |


- **Refettorio e locale ricovero:** i locali dovranno essere forniti di sedili e di tavoli, ben illuminati, aerati e riscaldati nella stagione fredda. Il pavimento e le pareti dovranno essere mantenuti in buone condizioni di pulizia. Nel caso i pasti vengano consumati in cantiere, i lavoratori dovranno disporre di attrezzature per scaldare e conservare le vivande ed eventualmente di attrezzature per preparare i loro pasti in condizioni di soddisfacente igienicità;
- **Servizi igienico assistenziali:** la qualità dei servizi sarà finalizzata al soddisfacimento delle esigenze igieniche ed alla necessità di realizzare le condizioni di benessere e di dignità personale indispensabili per ogni lavoratore. I locali che ospitano i lavabi dovranno essere dotati di acqua corrente, se necessario calda e di mezzi detergenti e per asciugarsi. I lavabi dovranno essere in numero minimo di 1 ogni 5 lavoratori, 1 gabinetto ed 1 doccia ogni 10 lavoratori impegnati nel cantiere. I locali dovranno essere ben illuminati, aerati, riscaldati nella stagione fredda (zona docce) e mantenuti puliti. Entrambi i locali servizi saranno dotati di kit primo soccorso e di un Defibrillatore Semiautomatico Esterno (DAE);

Per i servizi igienici si prevede l'utilizzo di bagni chimici. In tutti i locali è vietato fumare ed è necessario predisporre l'apposito cartello con indicato il divieto. Dovranno essere predisposti allacciamenti a forniture e scarichi o in alternativa prevedere idonee forniture e impianto di scarico con trattamento in loco; Date le dimensioni notevoli dell'area di cantiere si prevede di disporre all'interno dei lotti in progetto un adeguato numero di bagni chimici, di idonee dimensioni al numero di persone operanti in esse. Non si prevede l'illuminazione notturna delle aree di lavoro né dell'area di stoccaggio dei materiali e dei baraccamenti. Vista la posizione del cantiere all'interno di un'area isolata si prescrive l'obbligo di garantire un servizio di guardiania continuo [diurno e notturno].

## 5.2. Opere civili

### SCAVI E RINTERRI

Tutti gli scavi e rinterri occorrenti, provvisori o definitivi, incluse la formazione di cunette, accessi, rampe e passaggi saranno in accordo con i disegni di progetto e le eventuali prescrizioni della direzione lavori. Nell'esecuzione degli scavi si dovrà procedere alla rimozione di qualunque cosa possa creare impedimento o pericolo per le opere da eseguire, le sezioni degli scavi dovranno

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |


essere tali da impedire frane o smottamenti e si dovranno approntare le opere necessarie per evitare allagamenti e danneggiamenti dei lavori eseguiti. Il materiale di risulta proveniente dagli scavi sarà reimpiegato in altro processo di produzione oppure avviato a discarica, secondo le disposizioni progettuali. Qualora si rendesse necessario il successivo utilizzo, di tutto o parte dello stesso, si provvederà ad un idoneo deposito nell'area del cantiere. Durante l'esecuzione degli scavi sarà vietato, salvo altre prescrizioni, l'uso di esplosivi e, nel caso che la natura dei lavori o le specifiche prescrizioni ne prevedessero l'uso, la direzione lavori autorizzerà, con comunicazione scritta, tali interventi che saranno eseguiti dall'Appaltatore sotto la sua piena responsabilità per eventuali danni a persone o cose e nella completa osservanza della normativa vigente a riguardo. Qualora fossero richieste delle prove per la determinazione della natura delle terre e delle loro caratteristiche, l'Appaltatore dovrà provvedere, a suo carico, all'esecuzione di tali prove sul luogo o presso i laboratori ufficiali indicati dalla Direzione dei Lavori.

### **SCAVI DI SBANCAMENTO**

Saranno considerati scavi di sbancamento quelli necessari per le sistemazioni del terreno, per la formazione di piani di appoggio per strutture di fondazione e per l'incasso di opere poste al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più basso del terreno naturale o di trincee e scavi preesistenti ed aperti almeno da un lato. Saranno, inoltre, considerati come sbancamento tutti gli scavi a sezione tale da consentire l'accesso, con rampe, ai mezzi di scavo ed a quelli per il trasporto dei materiali di risulta.

### **SCAVI PER IMPIANTI DI MESSA A TERRA**

- Realizzazione di uno scavo eseguito da mezzo meccanico, con ripristino del terreno (o del manto bituminoso), per la posa in opera di corda di rame per impianti di dispersione di terra e posa del conduttore ad una profondità di almeno 0,50m da eseguire sia su terreno di campagna che su manto bituminoso.
- - Realizzazione di uno scavo eseguito a mano, con ripristino del terreno (del manto bituminoso o del selciato), per la posa in opera di corda di rame per impianti di dispersione di terra e posa del conduttore ad una profondità di almeno 0,50m da eseguire su terreno di campagna.

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |

## RINTERRI

I rinterri o riempimenti di scavi dovranno essere eseguiti con materiali privi di sostanze organiche provenienti da depositi di cantiere o da altri luoghi comunque soggetti a controllo da parte della direzione dei lavori e dovranno comprendere:

- spianamenti e sistemazione del terreno di riempimento con mezzi meccanici oppure a mano;
- compattazione a strati non superiori ai 30 cm. di spessore;
- bagnatura ed eventuali ricarichi di materiale da effettuare con le modalità già indicate.


## LEGANTI

Nelle opere in oggetto dovranno essere impiegati esclusivamente i leganti idraulici definiti come cementi dalle disposizioni vigenti in materia. Tutte le forniture di cemento dovranno avere adeguate certificazioni attestanti qualità, provenienza e dovranno essere in perfetto stato di conservazione; si dovranno eseguire prove e controlli periodici ed i materiali andranno stoccati in luoghi idonei. Tutte le caratteristiche dei materiali dovranno essere conformi alla normativa vigente ed alle eventuali prescrizioni aggiuntive fornite dal progetto o dalla direzione lavori. I cementi saranno del tipo:

- cementi normali e ad alta resistenza;
- cementi alluminosi;
- cementi per sbarramenti di ritenuta.

## INERTI

Gli inerti potranno essere naturali o di frantumazione e saranno costituiti da elementi non friabili, non gelivi e privi di sostanze organiche, argillose o di gesso; saranno classificati in base alle dimensioni massime dell'elemento più grosso. Tutte le caratteristiche, la provenienza e la granulometria saranno soggette alla preventiva approvazione della direzione lavori. La curva granulometrica dovrà essere studiata in modo tale da ottenere la lavorabilità richiesta alle miscele, in relazione al tipo di impiego e la massima compattezza necessaria all'ottenimento delle resistenze indicate.

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |

## SABBIA

La sabbia da usare nelle malte e nei calcestruzzi non dovrà contenere sostanze organiche, dovrà essere di qualità silicea, quarzosa, granitica o calcarea, avere granulometria omogenea e proveniente da frantumazione di rocce con alta resistenza a compressione; la perdita di peso, alla prova di decantazione, non dovrà essere superiore al 2%.

## ACQUA

Dovrà essere dolce, limpida, scevra di materie terrose od organiche, priva di sali (in particolare cloruri e solfati) e non aggressiva con un pH compreso tra 6 e 8 ed una torbidità non superiore al 2%, quella usata negli impasti cementizi non dovrà presentare tracce di sali in percentuali dannose, in particolare solfati e cloruri in concentrazioni superiori allo 0,5%. È tassativamente vietato l'impiego di acqua di mare per calcestruzzi armati e per le strutture con materiali metallici soggetti a corrosione.


## 6. DESCRIZIONE TECNICA DELLA CONNESSIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto sarà connesso in parallelo alla rete di distribuzione pubblica e saranno rispettate le seguenti condizioni (CEI 0-16):

- il parallelo non deve causare perturbazioni alla continuità e qualità del servizio della rete pubblica per preservare il livello del servizio per gli altri utenti connessi;
- l'impianto di produzione non deve connettersi o la connessione in regime di parallelo deve interrompersi immediatamente ed automaticamente in assenza di alimentazione della rete di distribuzione o qualora i valori di tensione e frequenza della rete stessa non siano entro i valori consentiti;
- l'impianto di produzione non deve connettersi o la connessione in regime di parallelo deve interrompersi immediatamente ed automaticamente se il valore di squilibrio della potenza generata da impianti trifase realizzati con generatori monofase non sia compreso entro il valor massimo consentito per gli allacciamenti monofase.

Ciò al fine di evitare che (CEI 0-16):

- in caso di mancanza di tensione in rete, l'utente attivo connesso possa alimentare la rete stessa;

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |


- in caso di guasto sulla linea AT, la rete stessa possa essere alimentata dall'impianto fotovoltaico ad essa connesso,
- in caso di richiusura automatica o manuale di interruttori della rete di distribuzione, il generatore fotovoltaico possa trovarsi in discordanza di fase con la tensione di rete, con possibile danneggiamento del generatore stesso.

L'impianto sarà inoltre provvisto dei sistemi di regolazione e controllo necessari per il rispetto dei parametri elettrici secondo quanto previsto nel regolamento di esercizio, da sottoscrivere con il gestore della rete alla messa in esercizio dell'impianto.

### 6.1. Prescrizioni riguardanti cavi-circuiti-conduttori

I conduttori, a meno che non si tratti di installazioni volanti, devono essere sempre protetti e salvaguardati meccanicamente. Dette protezioni possono essere: tubazioni, canalette porta cavi, passerelle, condotti o cunicoli ricavati nella struttura edile. Negli impianti industriali, il tipo di installazione deve essere concordato di volta in volta con l'amministrazione appaltante. Negli impianti in edifici e similari si devono rispettare le seguenti prescrizioni:


- il diametro interno dei tubi deve essere pari ad almeno 1,4 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi in esso contenuti. Tale coefficiente di maggiorazione deve essere aumentato a 1,5 quando i cavi siano del tipo sotto piombo o sotto guaina metallica; il diametro del tubo deve essere sufficientemente grande da permettere di sfilare e reinfilare i cavi in esso contenuti con facilità e senza che ne risultino danneggiati i cavi stessi o i tubi.
- il tracciato dei tubi protettivi deve consentire un andamento rettilineo orizzontale (con minima pendenza per favorire lo scarico di eventuale condensa) o verticale. Le curve devono essere effettuate con raccordi o con piegature che non danneggino il tubo e non pregiudichino la sfilabilità dei cavi;
- ad ogni brusca deviazione resa necessaria dalla struttura muraria dei locali, ad ogni derivazione da linea principale a secondaria e in ogni locale servito, la tubazione deve essere interrotta con cassette di derivazione;

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |

- le giunzioni dei conduttori devono essere eseguite nelle cassette di derivazione impiegando opportuni morsetti o morsettiere. Dette cassette saranno di tipo prefabbricato e nelle condizioni ordinarie di installazione non vi sarà possibile introdurre corpi estranei, dovrà inoltre risultare agevole la dispersione di calore in esse prodotta. Il coperchio delle cassette deve offrire buone garanzie di fissaggio ed essere apribile solo con attrezzo;
- i tubi protettivi dei montanti di impianti utilizzatori alimentati attraverso organi di misura centralizzati e le relative cassette di derivazione devono essere distinti per ogni montante. È ammesso utilizzare lo stesso tubo e le stesse cassette purché i montanti alimentino lo stesso complesso di locali e che ne siano contrassegnati per la loro individuazione, almeno in corrispondenza delle due estremità;
- qualora si preveda l'esistenza, nello stesso locale, di circuiti appartenenti a sistemi elettrici diversi, questi devono essere protetti da tubi diversi e far capo a cassette separate. Tuttavia è ammesso collocare i cavi nello stesso tubo e far capo alle stesse cassette, purché essi siano isolati per la tensione più elevata e le singole cassette siano internamente munite di diaframmi, non amovibili se non a mezzo di attrezzo, tra i morsetti destinati a serrare conduttori appartenenti a sistemi diversi.

## 6.2. Tubazioni per le costruzioni prefabbricate

I tubi protettivi annegati nel calcestruzzo devono rispondere alle prescrizioni delle norme CEI 23-17. Essi devono essere inseriti nelle scatole preferibilmente con l'uso di raccordi atti a garantire una perfetta tenuta. La posa dei raccordi deve essere eseguita con la massima cura in modo che non si creino strozzature. Allo stesso modo i tubi devono essere uniti tra loro per mezzo di appositi manicotti di giunzione. La predisposizione dei tubi deve essere eseguita con tutti gli accorgimenti della buona tecnica in considerazione del fatto che alle pareti prefabbricate non è in genere possibile apportare sostanziali modifiche né in fabbrica né in cantiere. Le scatole da inserire nei getti di calcestruzzo devono avere caratteristiche tali da sopportare le sollecitazioni termiche e meccaniche che si presentano in tali condizioni. In particolare le scatole rettangolari porta-apparecchi e le scatole per i quadretti elettrici devono essere costruite in modo che il loro fissaggio sui casseri avvenga con l'uso di rivetti, viti o magneti da inserire in apposite sedi ricavate sulla membrana anteriore della

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |

scatola stessa. Detta membrana dovrà garantire la non deformabilità delle scatole. La serie di scatole proposta deve essere completa di tutti gli elementi necessari per la realizzazione degli impianti comprese le scatole di riserva conduttori necessarie per le discese alle tramezze che si monteranno in un secondo tempo a getti avvenuti.


### **6.3. Posa di cavi elettrici isolati, sotto guaina, interrati**

Per l'interramento dei cavi elettrici, si dovrà procedere nel modo seguente:

- sul fondo dello scavo, sufficiente per la profondità di posa preventivamente concordata con la direzione lavori e privo di qualsiasi sporgenza o spigolo di roccia o di sassi, si dovrà costituire, in primo luogo, un letto di sabbia di fiume, vagliata e lavata, o di cava, vagliata, dello spessore di almeno 10 cm, sul quale si dovrà distendere poi il cavo (od i cavi) senza premere e senza fare affondare artificialmente nella sabbia;
- al di sopra del cavo verrà disposta una protezione meccanica per come stabilito dalla norma CEI 11-17;
- si dovrà quindi stendere un altro strato di sabbia come sopra, dello spessore di almeno 20 cm, in corrispondenza della generatrice superiore del cavo (o dei cavi); pertanto lo spessore finale complessivo della sabbia dovrà risultare di almeno cm 30 più il diametro del cavo (quello maggiore, avendo più cavi);
- seguirà sullo strato di sabbia così disposto, materiale arido;
- nella disposizione del materiale arido di cui sopra, ad una profondità di circa 50 cm dalla generatrice superiore del cavo verrà steso un nastro monitore, per dare indicazioni, sulla profondità del cavo, nel caso sia richiesta manutenzione lungo il cavidotto;
- il rinterro continuerà mediante l'utilizzo di materiale arido, fino al piano di campagna.

### **6.4. Impianto di protezione contro le scariche elettriche**

L'amministrazione appaltante preciserà se negli edifici ove debbono venir installati gli impianti elettrici oggetto dell'appalto, dovrà essere prevista anche la sistemazione di parafulmini per la protezione delle scariche atmosferiche. In ogni caso l'impianto di protezione contro i fulmini deve essere realizzato in conformità alle norme CEI 81-1. Esso è diviso nelle seguenti parti:

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi finiti  | Codice Elaborato:               |
|   | Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 46.487,28 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nel comune di Teano | C_038_DEF_R_09<br>Data: 07/2023 |

- impianto di protezione contro le fulminazioni dirette (impianto base) costituito dagli elementi normali e naturali atti alla captazione, all'adduzione e alla dispersione nel suolo della corrente del fulmine (organo di captazione, calate, dispersore);
- impianto di protezione contro le fulminazioni indirette (impianto integrativo) costituito da tutti i dispositivi (quali connessioni metalliche, limitatori di tensione) atti a contrastare gli effetti (ad esempio: tensione totale di terra, tensione di passo, tensione di contatto, tensione indotta, sovratensione sulle linee) associati al passaggio della corrente di fulmine nell'impianto di protezione o nelle strutture e masse estranee ad esso adiacenti. L'impianto deve essere realizzato in modo da ridurre a un valore accettabile prestabilito il rischio che il fulmine raggiunga un punto qualsiasi posto all'interno del volume protetto.

### **6.5. Stabilizzazione della tensione**

L'amministrazione appaltante, in base anche a possibili indicazioni da parte dell'azienda elettrica distributrice, preciserà se dovrà essere prevista una stabilizzazione della tensione a mezzo di apparecchi stabilizzatori regolatori, indicando, in tal caso, se tale stabilizzazione e dovrà essere prevista per tutto l'impianto o solo per circuiti da precisarsi, ovvero soltanto in corrispondenza di qualche singolo utilizzatore, pure, al caso da precisarsi.