



REGIONE  
SICILIA



COMUNE DI  
CARLENTINI



LIBERO CONSORZIO  
COMUNALE DI  
SIRACUSA

Proponente

**Trina Solar STG S.r.l.**

Sede legale: Piazza Borromeo N.14, 20123 Milano

**Trina**solar



Struttura di Progettazione e sviluppo

Progettazione

IL PROGETTISTA



Ing. Marco Anfuso

Firma digitale  
Ing. Anfuso

IL PROGETTISTA



Ing. Paolo Grande

Firma digitale  
Ing. Grande

SISTEMA ENERGIA **REG**RAN

R.C. Ing. Alessandro Cappello

Collaboratori

- Dott. Ing. Salvatore Falla
- Dott. Arch. Mirko Pasqualino Re
- Dott. Ing. Valentino Otupacca

Firma digitale  
tecnico



Opera

## PROGETTO CARLENTINI

Progetto di impianto FV a terra di potenza pari a 50,08 MW in DC e 40,26 MW in immissione e delle opere connesse da installarsi nel territorio del comune di Carlentini -SR-

Oggetto

Folder:  
**VIA\_2**

Sez.  
**R**

Nome Elaborato:  
**VIA2\_REL01\_Relazione Tecnica Elettrica e Meccanica**

Codice Elaborato:  
**REL\_01**

Descrizione Elaborato:  
**Relazione Tecnica Descrittiva**

00	08/07/2022	Emissione per progetto definitivo	Regran	Trina Solar STG S.r.l.
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica e Approvazione

Scala: -  
Formato: A4

## Sommario

1	Premessa .....	3
1.1	Inquadramento Generale .....	4
1.2	Società Proponente .....	5
1.3	Condizioni Ambientali.....	6
2	Configurazione Lato Corrente Continua.....	7
2.1	Moduli fotovoltaici .....	9
2.2	Strutture di Sostegno.....	12
2.3	Inverter di stringa .....	14
2.4	Cavi in Corrente Continua.....	17
2.4.1	Cavi di Stringa .....	18
3	Configurazione Lato Corrente Alternata .....	19
3.1	Cabina di trasformazione.....	19
3.1.1	Trasformatore.....	22
3.1.2	Quadro BT.....	23
3.1.3	Quadro 36 kV.....	23
3.1.4	Sezione ausiliari .....	23
3.2	Cabina 36 KV di Smistamento.....	24
3.3	Cavi in Bassa Tensione .....	26
3.3.1	Modalità di installazione .....	26
3.4	Cavi 36 kV .....	28
3.4.1	Modalità di Installazione (distribuzione interna) .....	28
3.4.2	Modalità di installazione (distribuzione esterna ai campi).....	29

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 1 Premessa

La presente relazione ha lo scopo descrivere tecnicamente i componenti principali e verificare il corretto coordinamento dell'impianto di generazione di energia elettrica fotovoltaico denominato "Carlentini", da ubicarsi nel Comune di Carlentini (SR), di potenza nominale complessiva pari a circa 50,08 MWp per una potenza di immissione complessiva in rete pari a circa 40,26 MW.

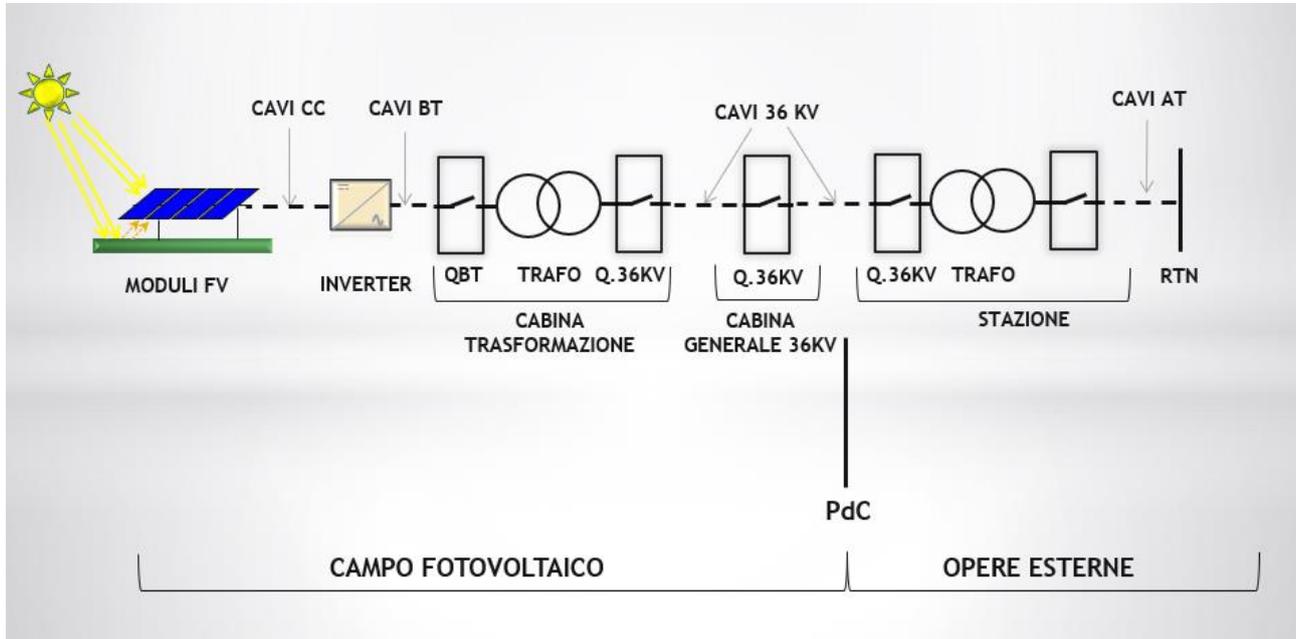
Per maggiore chiarezza, di seguito riportiamo la struttura della presente relazione tecnica:

- Configurazione lato Corrente Continua
  - o i moduli fotovoltaici,
  - o le strutture fotovoltaiche,
  - o gli inverter;
  - o cavi in Corrente Continua.
  
- Configurazione lato Corrente Alternata
  - o le cabine di trasformazione 36 kV/BT;
  - o cavi 36 kV;
  
- Verifiche coordinamento
  - o coordinamento meccanico;
  - o coordinamento elettrico lato CC;
  - o coordinamento elettrico lato CA.

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 1.1 Inquadramento Generale

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



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

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

L'energia prodotta dai moduli FV è raggruppata tramite collegamenti in cavo CC, e successivamente immessa negli inverter di stringa che sono in grado di trasformare l'energia elettrica da corrente continua (CC) a corrente alternata (CA) in Bassa Tensione (BT). L'energia disponibile in corrente alternata BT verrà quindi trasformata in 36 kV in Cabina di Trasformazione.

L'energia disponibile in corrente alternata 36 KV verrà convogliata dalle varie cabine di trasformazione alla cabina di smistamento 36 KV principale.

In uscita dal campo fotovoltaico è previsto un cavidotto esercito a 36 kV che permetterà di far arrivare l'energia generata alla stazione di trasformazione (36/150 kV) "Carlentini Nord", punto di consegna con la Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 1.2 Società Proponente

Il proponente del progetto è la società Trina Solar STG S.r.l., una società del gruppo Trina Solar.

Fondato in Cina nel 1997, il Gruppo Trina Solar si è rapidamente sviluppato fino a divenire uno dei principali attori mondiali nel settore della tecnologia solare fotovoltaica: oggi Trina Solar è infatti tra i primi tre produttori di moduli fotovoltaici al mondo, nonché uno dei maggiori operatori mondiali impegnati nella costruzione e nell'esercizio di centrali fotovoltaiche su scala internazionale.

In particolare, da oltre dieci anni Trina Solar ha costituito una divisione di business (la ISBU – International System Business Unit), dedicata principalmente allo sviluppo, alla progettazione, realizzazione e messa in esercizio di grandi centrali elettriche fotovoltaiche, che ha connesso in rete elettrica per un totale di oltre 2.000 MW in tutto il mondo.

La divisione ISBU – che impiega circa 150 professionisti internazionali - ha il proprio quartier generale a Shanghai ed uffici regionali negli Stati Uniti, India, Giappone, Svizzera, Spagna, Italia, Francia, Messico, Brasile, Cile e Colombia.

Nello specifico, il team europeo di ISBU, con quartier generale a Madrid, si compone di circa 60 professionisti multi-disciplinari, di comprovata e decennale esperienza internazionale nello sviluppo, nella progettazione, nella costruzione e nella gestione di impianti fotovoltaici in Italia, Regno Unito, Spagna, Portogallo, Francia, Giordania, Giappone, Grecia, India, Medio Oriente, Africa, Australia, USA, Messico e Cile.

Trina Solar vanta inoltre il titolo di essere il solo produttore di moduli su scala mondiale ad essere certificato per il quarto anno consecutivo come pienamente “bancabile” dal 100% degli esperti indipendenti di settore interpellati da Bloomberg New Energy Finance (BNEF) – la principale fonte di “business intelligence” utilizzato come riferimento per le istituzioni finanziarie nella valutazione dei progetti e relative componentistiche di settore.

La Mission di Trina Solar è rendere l'energia solare sempre più affidabile ed accessibile, impegnandosi a proteggere l'ambiente ed a favorire i cambiamenti del settore con ricerca e sviluppo innovativi e all'avanguardia.

Fin dal 2014, Trina Solar ha raggiunto un traguardo di produzione trimestrale di moduli fotovoltaici superiore ad 1 GW ed ha battuto il record mondiale di efficienza delle celle solari per ben 7 volte consecutive. L'elettricità complessiva generata da tutti i moduli prodotti e venduti da Trina Solar in tutto il mondo ad oggi è equivalente alla riduzione di 27 milioni di tonnellate di CO2 equivalenti generate da fonti di energia convenzionali oppure alla riforestazione di 18.000 km2 di terreno.

Il Gruppo Trina Solar è stato quotato alla Borsa di New York dal 2006 fino al 2017. A seguito del “delisting” volontario dal New York Stock Exchange (NYSE).

Dal 10 giugno 2020, Trina Solar è diventata la prima società cinese, tra quelle attive nel campo della produzione di moduli fotovoltaici, sistemi fotovoltaici e smart energy ad essere scambiata alla Borsa di Shanghai, allo Stock Exchange Science and Technology Innovation Board, noto anche come STAR Market. Il Gruppo Trina Solar, pertanto, vanta tutte le capacità tecniche e finanziarie necessarie allo sviluppo, alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto fotovoltaico proposto nella presente relazione.

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 1.3 Condizioni Ambientali

L'impostazione delle condizioni di esercizio dell'impianto passa inevitabilmente dalla definizione delle condizioni ambientali dell'area dove sorgerà l'impianto fotovoltaico. Suddetta area dista qualche chilometro dal mare (in particolare intorno ai 2 km), per cui potrebbe risente dell'ambiente marino, particolarmente aggressivo e corrosivo.

I componenti principali saranno quindi adatti per l'utilizzo in ambiente C4H (Categoria di corrosione in accordo con la norma ISO12944), ovvero in zone definita come: "Fabbricati e componenti adatti a funzionare con un alto grado di umidità atmosferica ed un leggero inquinamento atmosferico derivante per lo più da produttori di alimenti, birrerie, caseifici e lavanderia"

Il sito di realizzazione dell'impianto presenta un'altitudine di poche decine di metri sopra il livello del mare (in particolare tra 5 e 15m slm), per cui elettricamente è una zona standard e non sottoposta ad alcuna limitazione di caratteristiche dielettriche limitate a causa dell'altitudine.

Ai fini del dimensionamento dei cavi elettrici, si considera il seguente intervallo di temperature ambiente:

*intervallo temperature di funzionamento* → -10 ... + 50°C

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

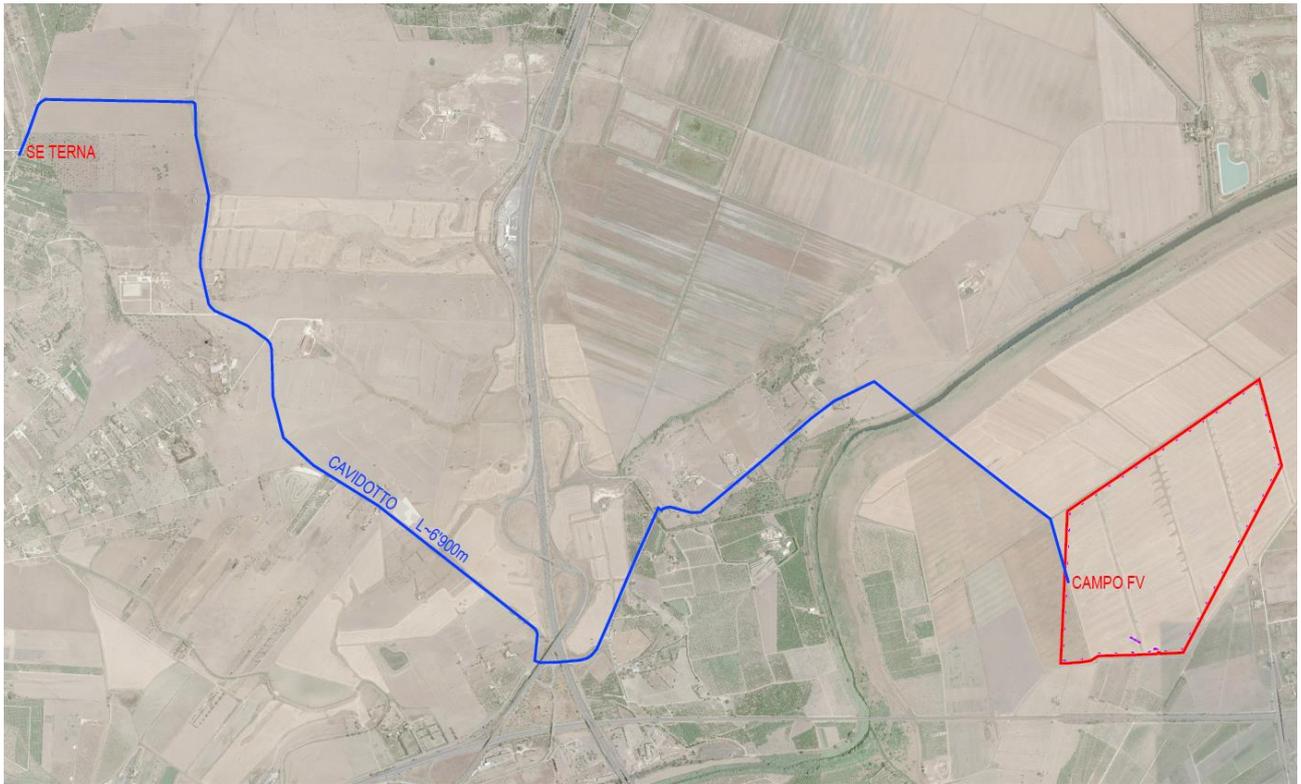
## 2 Configurazione Lato Corrente Continua

La configurazione Lato Corrente Continua dell'impianto prevedere essenzialmente:

- una potenza DC pari a 50'083,84 kWp, dati da:
  - o Nr. 74'752 Moduli Fotovoltaici;
  - o collegati in nr. 2'336 stringhe;
  - o che confluiscono in nr. 172 Inverter di stringa.

Tutti questi componenti saranno sottesi a 29 cabine di trasformazione.

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 2.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici selezionati per il dimensionamento dell'impianto e per la redazione del presente progetto sono realizzati dal produttore Trina Solar, modello TSM-DEG21C.20, e presentano una potenza nominale a STC<sup>1</sup> pari a 670 Wp.

Ciascun modulo è composto da 132 mezze-celle realizzate in silicio mono-cristallino ad elevata efficienza, doppio vetro (frontale e posteriore) temprato ad elevata trasparenza e dotato di rivestimento anti-riflesso, cornice in alluminio, per una dimensione complessiva pari a 2'384 x 1'303 x 35 mm ed un peso pari a 39 kg.

I moduli sono costituiti da Silicio mono-cristallino con tecnologia bifacciale: le celle fotovoltaiche realizzate tramite questa innovativa tecnologia costruttiva sono in grado di convertire in energia elettrica la radiazione incidente sul lato posteriore del modulo FV. L'incremento di energia generata rispetto ad un analogo modulo tradizionale/mono-facciale è dipendente da molti fattori, primo fra tutti l'albedo<sup>2</sup> del terreno, e può raggiungere fino a +25% in casi particolarmente favorevoli. Nel caso del presente impianto, in considerazione delle caratteristiche del terreno e delle condizioni installative dei moduli FV, si ritiene conseguibile un guadagno in termini di energia prodotta compreso tra +5% e +10%, come peraltro confermato da svariate pubblicazioni scientifiche a livello internazionale<sup>3</sup>;

Questi ed altri accorgimenti consentono di raggiungere un elevato valore di efficienza di conversione della radiazione solare in energia elettrica, pari a 21,6%, con la possibilità di aumentare ulteriormente l'energia prodotta in funzione del contributo bifacciale.

In Tabella 1 vengono riportate le principali caratteristiche elettriche del modulo FV considerato.

Tabella 1 - Caratteristiche tecniche dei moduli fotovoltaici

<b>Modello modulo FV</b>	<b>TSM-DEG21C.20</b>	
	<b>STC</b>	<b>NOCT</b>
<b>Potenza massima [Wp]</b>	670	508
<b>Tensione alla massima potenza – Vmpp [V]</b>	38.5	35.7
<b>Corrente alla massima potenza – Impp [A]</b>	17.43	14.20
<b>Tensione di circuito aperto – Voc [V]</b>	46,3	43.6
<b>Corrente di corto circuito – Isc [A]</b>	18.55	14.95
<b>Efficienza nominale a STC [%]</b>	21.6%	
<b>Temperatura di funzionamento [°C]</b>	-40 – +85	
<b>Tensione massima di sistema [V]</b>	1500 (IEC)	
<b>Corrente massima fusibili [A]</b>	35	
<b>Coefficiente di temperatura - Pmax</b>	-0.34%/°C	
<b>Coefficiente di temperatura - Voc</b>	-0.25%/°C	
<b>Coefficiente di temperatura - Isc</b>	0.040%/°C	

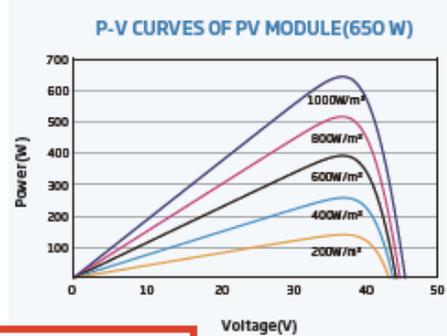
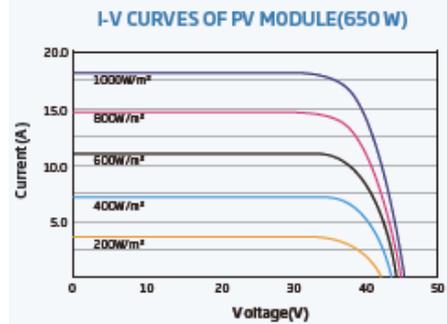
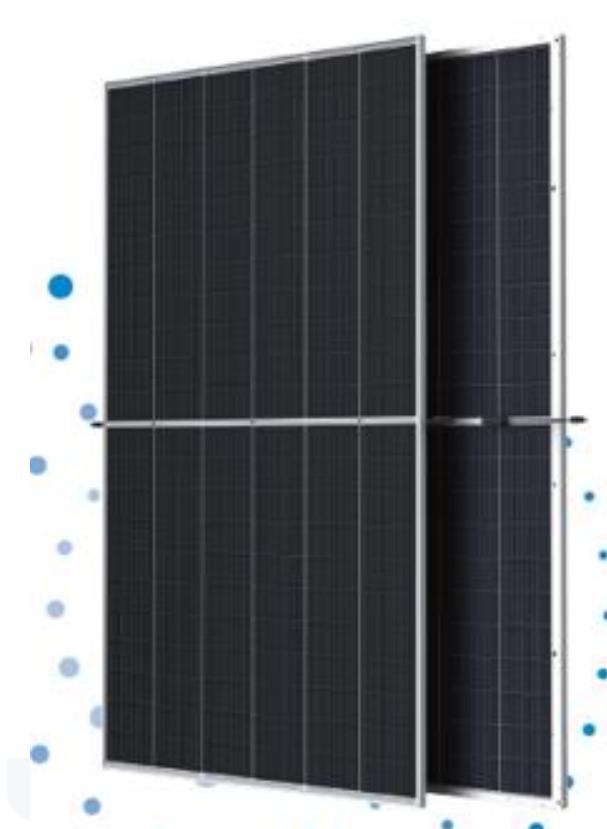
<sup>1</sup> STC - Standard Test Conditions: irraggiamento solare 1000 W/m<sup>2</sup>, temperatura modulo FV 25°C, Air Mass 1,5

<sup>2</sup> Rappresenta la frazione di radiazione solare incidente su una superficie che è riflessa in tutte le direzioni. Essa indica dunque il potere riflettente di una superficie.

<sup>3</sup> "bifiPV2020 Bifacial Workshop: A Technology Overview" – E.Urrajola et al. – BifiPV 2020 Workshop"

Revisione	Data	Descrizione
00	02-08-2022	Prima Emissione

Di seguito si riporta invece un estratto dal datasheet del modulo FV selezionato riportante le principali caratteristiche costruttive ed elettriche.



**Preliminary**

**ELECTRICAL DATA (STC)**

Peak Power Watts-P <sub>max</sub> (Wp)*	635	640	645	650	655	660	665	670
Power Tolerance-P <sub>max</sub> (W)	0 ~ +5							
Maximum Power Voltage-V <sub>mp</sub> (V)	37.1	37.3	37.5	37.7	37.9	38.1	38.3	38.5
Maximum Power Current-I <sub>mp</sub> (A)	17.15	17.19	17.23	17.27	17.31	17.35	17.39	17.43
Open Circuit Voltage-V <sub>oc</sub> (V)	44.9	45.1	45.3	45.5	45.7	45.9	46.1	46.3
Short Circuit Current-I <sub>sc</sub> (A)	18.21	18.26	18.31	18.35	18.40	18.45	18.50	18.55
Module Efficiency $\eta_m$ (%)	20.4	20.6	20.8	20.9	21.1	21.2	21.4	21.6

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. \*Measuring tolerance: ±2%

**Electrical characteristics with different power bin (reference to 10% Irradiance ratio)**

Total Equivalent power-P <sub>max</sub> (Wp)	680	685	690	696	701	706	712	717
Maximum Power Voltage-V <sub>mp</sub> (V)	37.1	37.3	37.5	37.7	37.9	38.1	38.3	38.5
Maximum Power Current-I <sub>mp</sub> (A)	18.35	18.39	18.44	18.48	18.52	18.56	18.60	18.63
Open Circuit Voltage-V <sub>oc</sub> (V)	44.9	45.1	45.3	45.5	45.7	45.9	46.1	46.3
Short Circuit Current-I <sub>sc</sub> (A)	19.48	19.54	19.59	19.63	19.69	19.74	19.79	19.84
Irradiance ratio (rear/front)	10%							

Power bifaciality:70±5%

**ELECTRICAL DATA (NOCT)**

Maximum Power-P <sub>max</sub> (Wp)	480	484	488	492	495	499	504	508
Maximum Power Voltage-V <sub>mp</sub> (V)	34.6	34.7	34.9	35.1	35.2	35.4	35.6	35.7
Maximum Power Current-I <sub>mp</sub> (A)	13.90	13.94	13.98	14.01	14.05	14.10	14.16	14.20
Open Circuit Voltage-V <sub>oc</sub> (V)	42.3	42.5	42.7	42.9	43.0	43.2	43.4	43.6
Short Circuit Current-I <sub>sc</sub> (A)	14.67	14.71	14.75	14.79	14.83	14.87	14.91	14.95

NOCT: Irradiance at 800W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

**MECHANICAL DATA**

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2384×1303×35 mm (93.86×51.30×1.38 inches)
Weight	38.7 kg (85.3 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	POE/EVA
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	35mm(1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP6B rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm <sup>2</sup> (0.006 inches <sup>2</sup> ), Portrait: 290/290 mm(11.02/11.02 inches) Length can be customized
Connector	MC4 EVO2 / TS4*

\*Please refer to regional details sheet for specified connector.

**TEMPERATURE RATINGS**

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
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

**MAXIMUM RATINGS**

Operational Temperature	-40 ~ +85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC) 1500V DC (UL)
Max Series Fuse Rating	35A

**WARRANTY**

12 year Product Workmanship Warranty  
30 year Power Warranty  
2% first year degradation  
0.45% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

**PACKAGING CONFIGURATION**

Modules per box: 31 pieces  
Modules per 40' container: 558 pieces

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Si prevede di realizzare stringhe costituite da 32 moduli FV collegati elettricamente in serie per i moduli installati su strutture ad inseguimento.

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).

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 2.2 Strutture di Sostegno

Le strutture di sostegno utilizzate sono:

N° strutture tracker (3x32)	646 strutture
N° strutture tracker (2x32)	199 strutture

Per il presente progetto sono stati considerate le strutture tracker realizzate dal produttore Trina, in configurazione 2P, ovvero due file di moduli posizionati verticalmente.



Figura 1 - immagine esemplificativa di struttura tracker in configurazione 2-P

Tutti gli elementi di cui è composta la struttura fissa (pali di sostegno, travi orizzontali, elementi di supporto e fissaggio dei moduli, ecc.) saranno realizzati in acciaio al carbonio galvanizzato a caldo.

Tali strutture di sostegno vengono infisse nel terreno mediante battitura dei pali montanti, o in alternativa tramite avvitarmento, per una profondità di circa 2m. Non è quindi prevista la realizzazione di fondazioni in cemento o altri materiali. Tale scelta progettuale consente quindi di minimizzare l'impatto sul suolo e l'alterazione dei terreni stessi, agevolandone la rimozione alla fine della vita utile dell'impianto.

La massima altezza raggiungibile dai moduli FV sia pari a 4,93m, sempre alla massima inclinazione, che può variare con la pendenza del terreno. La distanza tra strutture è di circa 8,5m, che potrebbe variare in base alla pendenza del terreno.

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Nella tabella di seguito vengono riportate le principali caratteristiche delle strutture tracker.

<b>Tipologia di sistema</b>	Tracker
<b>Angolo di tilt</b>	$\pm 55^\circ$
<b>Angolo di azimuth</b>	0;
<b>Dimensioni</b>	63,53 x 4,87 x 4,55 (altezza massima dal suolo)
<b>Tipologia fondazioni</b>	Pali infissi nel terreno
<b>Superficie moduli FV</b>	198,81 m <sup>2</sup>
<b>Grado di protezione</b>	IP 55
<b>Inclinazione massima del terreno</b>	$\leq 15^\circ$



Figura 2 – Struttura tracker: modalità di installazione e principali quote

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 2.3 Inverter di stringa

Per il presente progetto è previsto l'impiego di n°172 inverter di stringa Sungrow, modello SG250HX, aventi una potenza nominale pari a 250 kW ciascuno.



Figura 3 - Inverter di stringa Sungrow SG250HX

I valori della tensione e della corrente di ingresso di questo inverter sono compatibili con quelli delle stringhe di moduli FV ad esso afferenti, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita (800 V – 50 Hz) sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

Gli inverter avranno in ingresso i cavi DC provenienti dalle stringhe; ogni inverter è in grado di ricevere fino a 24 input; gli ingressi in corrente continua saranno protetti tramite sezionatori mentre la sezione in corrente alternata sarà protetta tramite interruttore.

Gli inverter, aventi grado di protezione IP 66, saranno installati in una cabina dedicata e risultano adatti ad operare nelle condizioni ambientali che caratterizzano il sito di installazione dell'impianto FV (intervallo di temperatura ambiente operativa: -25...+60 °C).

Ciascun inverter è in grado di monitorare, registrare e trasmettere automaticamente i principali parametri elettrici in corrente continua ed in corrente alternata. L'inverter selezionato è conforme alla norma CEI 0-16.

Nella seguente tabella si riportano le principali caratteristiche tecniche dell'inverter selezionato. Si ritiene opportuno sottolineare che la scelta definitiva del produttore/modello dell'inverter centralizzato 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 da parte dei produttori. L'architettura d'impianto non subirà comunque alcuna variazione significativa. L'inverter selezionato è certificato secondo la norma CEI 0-16.

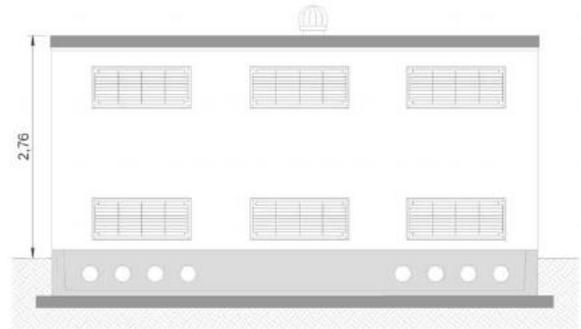
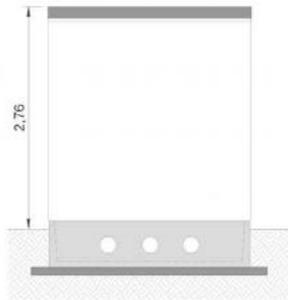
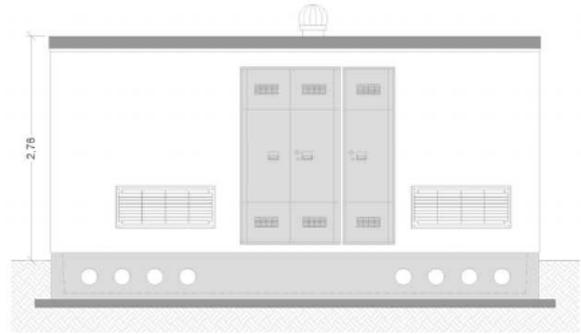
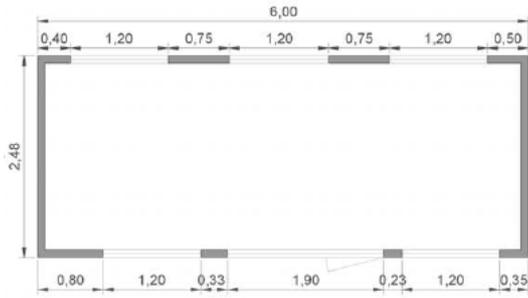
00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Tabella 2 – Principali caratteristiche dell'inverter selezionato

Type designation	SG250HX
<b>Input (DC)</b>	
Max. PV input voltage	1500 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	600 V / 600 V
Nominal PV input voltage	1160 V
MPP voltage range	600 V – 1500 V
MPP voltage range for nominal power	860 V – 1300 V
No. of independent MPP inputs	12
Max. number of input connectors per MPPT	2
Max. PV input current	26 A * 12
Max. current for input connector	30 A
Max. DC short-circuit current	50 A * 12
<b>Output (AC)</b>	
AC output power	250 kVA @ 30 °C / 225 kVA @ 40 °C / 200 kVA @ 50 °C
Max. AC output current	180.5 A
Nominal AC voltage	3 / PE, 800 V
AC voltage range	680 – 880V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
THD	< 3 % (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % In
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging
Feed-in phases / connection phases	3 / 3
<b>Efficiency</b>	
Max. efficiency	99.0 %
European efficiency	98.8 %
<b>Protection</b>	
DC reverse connection protection	Yes
AC short circuit protection	Yes
Leakage current protection	Yes
Grid monitoring	Yes
Ground fault monitoring	Yes
DC switch	Yes
AC switch	No
PV String current monitoring	Yes
Q at night function	Yes
PID protection	Anti-PID or PID recovery
Overvoltage protection	DC Type II / AC Type II
<b>General Data</b>	
Dimensions (W*H*D)	1051 * 660 * 363 mm
Weight	95kg
Isolation method	Transformerless
Ingress protection rating	IP66
Night power consumption	< 2 W
Operating ambient temperature range	-30 to 60 °C
Allowable relative humidity range (non-condensing)	0 – 100 %
Cooling method	Smart forced air cooling
Max. operating altitude	4000 m (> 3000 m derating)
Display	LED, Bluetooth+APP
Communication	RS485 / PLC
DC connection type	Amphenol UTX (Max. 6 mm <sup>2</sup> )
AC connection type	OT terminal (Max. 300 mm <sup>2</sup> )
Compliance	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N 4110:2018, VDE-AR-N 4120:2018, IEC 61000-6-3, EN 50549, UNE 206007-1:2013, P.O.12.3, UTE C15-712-1:2013
Grid Support	Q at night function, LVRT, HVRT, active & reactive power control and power ramp rate control

\*: Only compatible with Sungrow logger and iSolarCloud

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



*Particolari della cabina Inverter di stringa*

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 2.4 Cavi in Corrente Continua

I cavi in corrente continua sono essenzialmente costituiti dai cavi di stringa, ovvero i cavi che collegano la stringa al corrispondente inverter di stringa.

La sezione CC verrà esercita con un Sistema Isolato. In accordo con il Sistema Normativo Internazionale, il funzionamento in Sistema Isolato:

- prevede entrambi i poli (Negativo e Positivo) NON connessi a terra in nessun punto ed in nessun caso;
- prevede un controllore di isolamento, che garantisca il continuo monitoraggio del valore di resistenza tra i poli e terra; il cedimento dell'isolamento dovrà essere chiaramente rilevato in modo da permettere al gestore dell'impianto di effettuare i necessari interventi di manutenzione straordinaria alla ricerca del guasto;
- permette il funzionamento del sistema con il primo guasto a terra, a patto che il primo guasto sia chiaramente rilevato e che il secondo guasto determini l'intervento degli organi di protezione atti al sezionamento della parte di circuito sottoposta al doppio guasto.

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

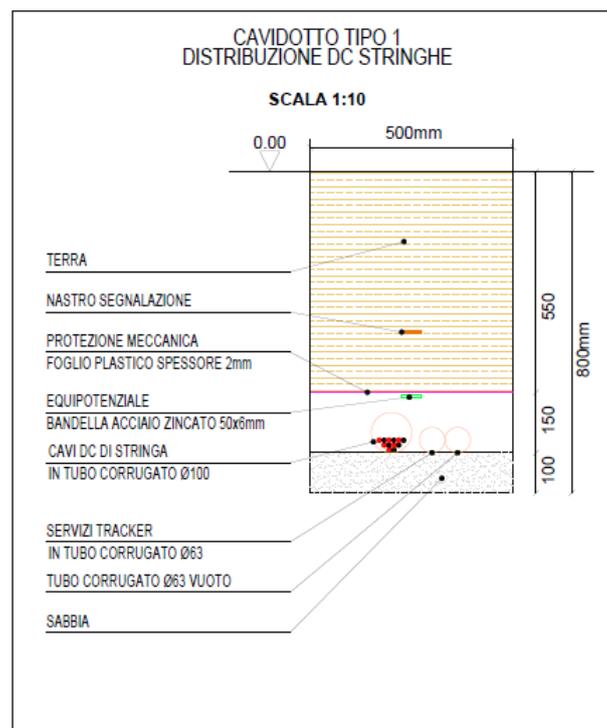
### 2.4.1 Cavi di Stringa

I moduli fotovoltaici di per sé stessi sono forniti già dotati di cavi e relativo connettore CC, ma di lunghezza tale da permettere il solo collegamento tra moduli fotovoltaici contigui. Sono invece oggetto del presente capitolo, i cavi di stringa, ovvero quelli che connettono la stringa al corrispondente inverter.

Per verificare il corretto dimensionamento del cavo è necessario conoscere la modalità di installazione.

I cavi avranno tratti sia all'aperto (tipicamente lungo la struttura fotovoltaica di sostegno dei moduli fotovoltaici), sia sottoterra per il raggiungimento degli inverter di stringa.

Dato che il cavo avrà tratti in cui verrà esposto all'irraggiamento diretto è necessario che il cavo sia adatto a questo tipo di funzionamento. Dal punto di vista termico analizziamo la situazione più gravosa, ovvero l'installazione sottoterra, riportando un estratto delle sezioni tipo dei cavidotti:



La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione larga 500mm e profonda 800mm, che sarà riempita con:

- Sabbia di fiume nella parte più profonda per evitare che i cavi direttamente interrati possano essere a contatto diretto con sassi e/o detriti che ne possano scongiurare l'integrità durante tutti gli anni di esercizio, con:
  - uno spessore pari a circa 100mm sul fondo;
  - uno spessore pari a circa 200mm nel quale verranno installati cavi e corrugati in base alla specificità di ogni tratta;
- Un foglio plastico per la separazione tra strato inferiore e strato superiore, avente anche la funzione di protezione meccanica;
- Terra di riporto per il riempimento dello strato superiore, fino al livellamento nativo della sezione.

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3 Configurazione Lato Corrente Alternata

La configurazione Lato Corrente Alternata dell'impianto prevedere essenzialmente:

- nr. 172 inverter che ricevono una potenza una potenza DC pari a 50'083,84 kWp (@STC) e la convertono in AC una potenza pari a 43'000,00 kVA;
- nr. 29 trasformatori 36 KV/BT per una potenza complessiva nominale pari a 46'400,00 kVA.

#### 3.1 Cabina di trasformazione

All'interno di ciascun campo saranno ubicate le cabine di trasformazione, realizzate in soluzione containerizzata, principalmente costituite da:

- Quadro BT
- 1 Trasformatore 36 KV/BT;
- Quadro di 36 kV;
- Quadro ausiliari.

Lo scopo di dette cabine è di ricevere la potenza elettrica in corrente alternata BT proveniente dagli inverter di stringa ubicati in campo, innalzarne il livello di tensione da BT a 36 KV (da 800 V a 36 kV), collegarsi alla rete di distribuzione 36 KV del campo al fine di veicolare l'energia generata verso la cabina di smistamento 36 KV. In Figura 4 è riportato un layout preliminare di ciascuna cabina di trasformazione, nella quale è riportato il posizionamento dei principali componenti.

Saranno presenti cabine di una sola taglia, ovvero 1'600 kVA, a ciascuna delle quali risulteranno afferenti circa 6 inverter di stringa.

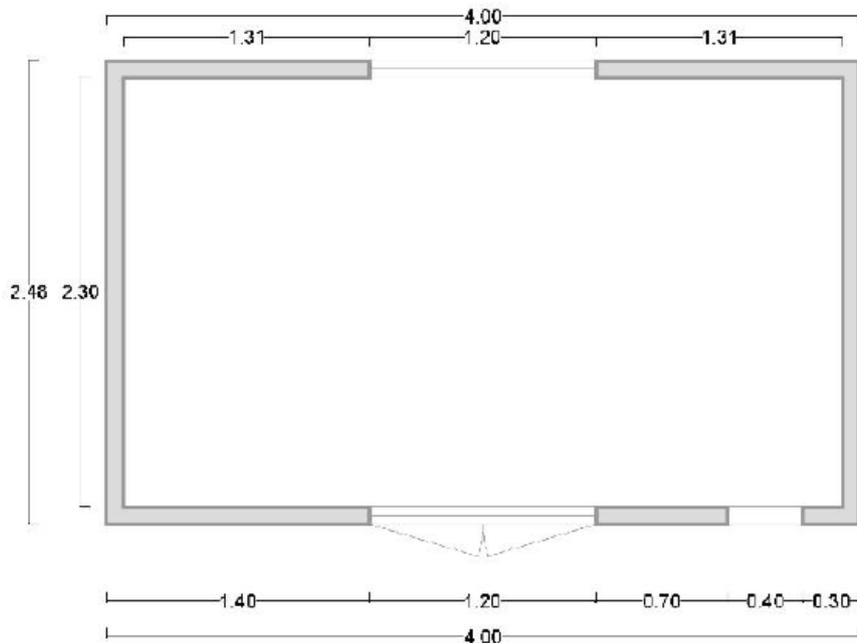


Figura 4 - Layout preliminare cabina di trasformazione BT/36 KV

Le cabine di tipo prefabbricato hanno dimensioni approssimative pari a 4,00x2,48x2,78 m, e peso pari a circa 8,5 t, realizzate in acciaio galvanizzato a caldo e costruiti per garantire un grado di protezione dagli agenti

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

atmosferici esterni pari a IP54. Essendo tale cabina con un'apposita struttura prefabbricata, tale struttura (precaria) non necessita alcuna autorizzazione urbanistica accessoria.

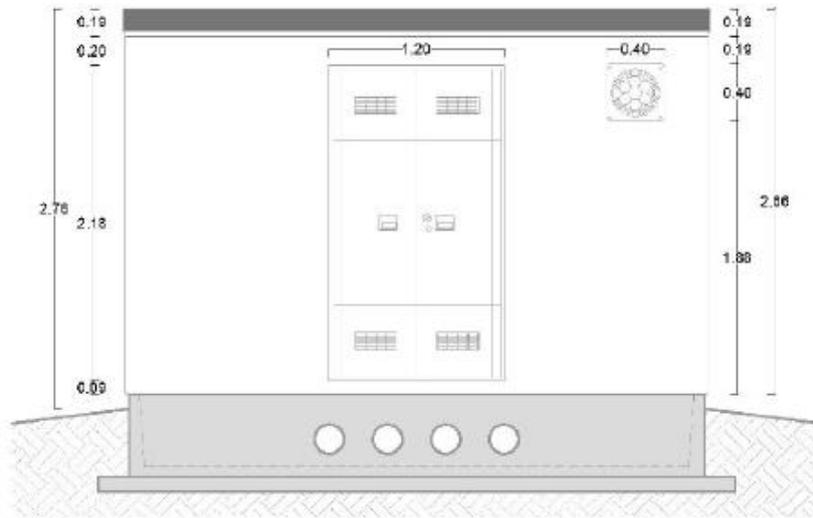
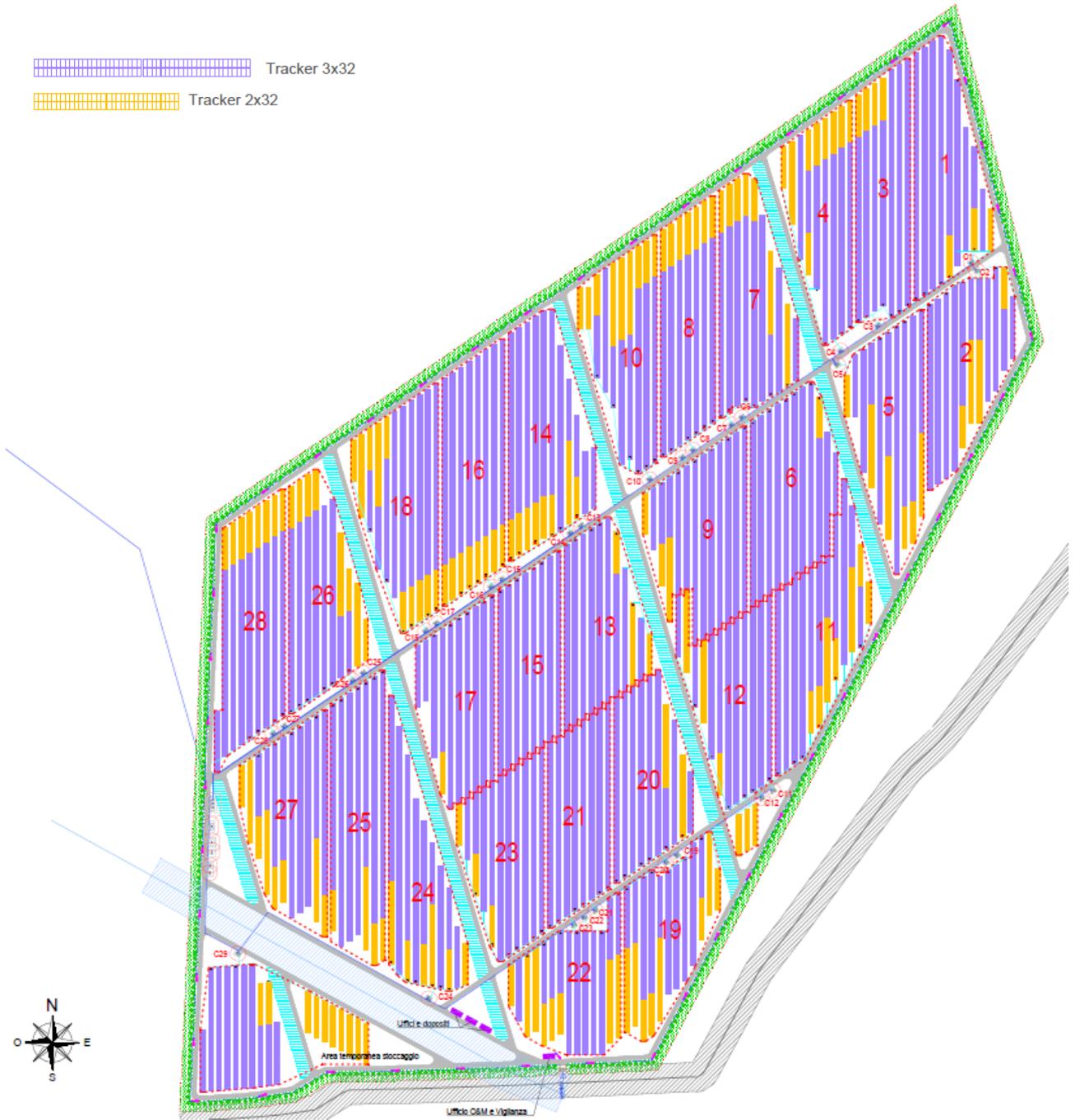


Figura 5 - Immagine esemplificativa della cabina di trasformazione

Le cabine saranno situate in posizione baricentrica rispetto agli inverter di stringa ad essa afferenti, al fine di minimizzare la lunghezza dei cavidotti in bassa tensione e posate su apposite fondazioni in calcestruzzo tali da garantirne la stabilità, e nelle quali saranno predisposti gli opportuni cavedi e tubazione per il passaggio dei cavi di potenza e segnale. Per ulteriori dettagli in merito alle fondazioni nonché al sistema di fissaggio del container si rimanda al sovra-menzionato elaborato dedicato (*Particolare locali tecnici*).

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3.1.1 Trasformatore

All'interno di ciascuna cabina sarà ubicato un trasformatore elevatore BT/36 KV, immerso nella resina, sigillato ermeticamente.

Le principali caratteristiche della macchina selezionata sono riportate in Tabella 2.

Tabella 2 - Trasformatore BT/36 KV: principali caratteristiche tecniche

<b>Caratteristiche costruttive</b>	Cast resin
<b>Potenza</b>	1600 kVA
<b>Gruppo vettoriale</b>	Dyn11
<b>Tensione Isolamento primario</b>	24/50/125 [kV]
<b>Tensione Isolamento secondario</b>	1,1 [kV]
<b>Tensione primario - V<sub>1</sub></b>	20'000 V (+2 x 2,5%)
<b>Tensione secondario - V<sub>2</sub></b>	800 V
<b>Frequenza nominale</b>	50 Hz
<b>V<sub>cc</sub></b>	6%
<b>Perdite nel ferro*</b>	A <sub>0</sub> = 1980W
<b>Perdite nel rame*</b>	A <sub>k</sub> = 13'000W
<b>Dimensioni</b>	~ 1,65 x 0,95 x 1,62 [m]
<b>Peso</b>	2,5 t
(*) = in accordo con EU No. 548/2014 del 21Mag2014 – Tier 2 (1Jul2021)	

Il trasformatore è corredato dei relativi dispositivi di protezione elettromeccanica, quali sensori di temperatura, ecc. e dovrà essere prevista una rete metallica di separazione che lo separi fisicamente dal resto del locale.

In Figura 6 è riportata un'immagine esemplificativa della tipologia di trasformatore installato all'interno della cabina.



Figura 6 - Trasformatore BT/MT in resina

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3.1.2 Quadro BT

Nella sezione in bassa tensione di ciascuna cabina di trasformazione saranno ubicati due quadri di parallelo (QPCA - 1000V – 1250A – 20kA) per la connessione in parallelo degli inverter di stringa. Ciascun QPCA sarà in grado di ricevere in ingresso fino a sei (6) inverter e sarà dotato di:

- interruttore di tipo scatolato (3Px1250A), motorizzato con funzione di protezione da sovracorrenti e sezionamento;
- Misuratore dell'energia generata;
- Scaricatore (classe 1+2) per protezione da sovratensioni;
- Relè di controllo della resistenza di isolamento (il sistema di distribuzione è IT);
- Dispositivo di generatore FV: n°6 interruttori manuali (3Px250A), ovvero un interruttore per ciascun inverter.

L'uscita di ciascun QPCA sarà quindi collegata al circuito secondario del trasformatore BT/36kV.

### 3.1.3 Quadro 36 kV

Il quadro 36 kV è classificato in accordo alla Norma di riferimento CEI EN 62271-200 come segue:

40,5kV-16kA-630A - LSC2A/PI IAC AFLR 16kA x 1s

ovvero in particolare con l'Internal Arc Certification (IAC) su tutti e 4 i lati (Fronte Lati Retro) a massima sicurezza dell'operatore.

Il quadro sarà composto da tre unità:

- nr. 2 per l'attestazione dei cavi 36 KV sia lato rete che lato campo;
- nr. 1 per la protezione trasformatore 36 KV/BT, con un relè di protezione dedicato per le protezioni:
  - massima corrente di fase con ritardo intenzionale (50) ed istantanea (51);
  - massima corrente omopolare per la rimozione dei guasti monofase a terra (51N).

### 3.1.4 Sezione ausiliari

Nella sezione ausiliari saranno ubicati due quadri in bassa tensione contenenti:

- Quadro di alimentazione sezione ausiliari;
- Trasformatori BT/BT (isolato in resina) di potenza nominale pari a 15 kVA per l'alimentazione dei servizi ausiliari;
- Un quadro di distribuzione secondaria per l'alimentazione dei carichi della cabina di trasformazione, suddivisi in
  - Sezione "normale" di alimentazione dei servizi non essenziali;
  - Sezione "preferenziale" sotto UPS, dedicata all'alimentazione dei servizi essenziali, quali ad esempio: comandi elettrici di emergenza, SCADA per segnalazione allarmi e stato dei componenti principali.
- Un quadro UPS per alimentazione di emergenza (2kVA – 230/230V, autonomia 2h@ 200 VA).

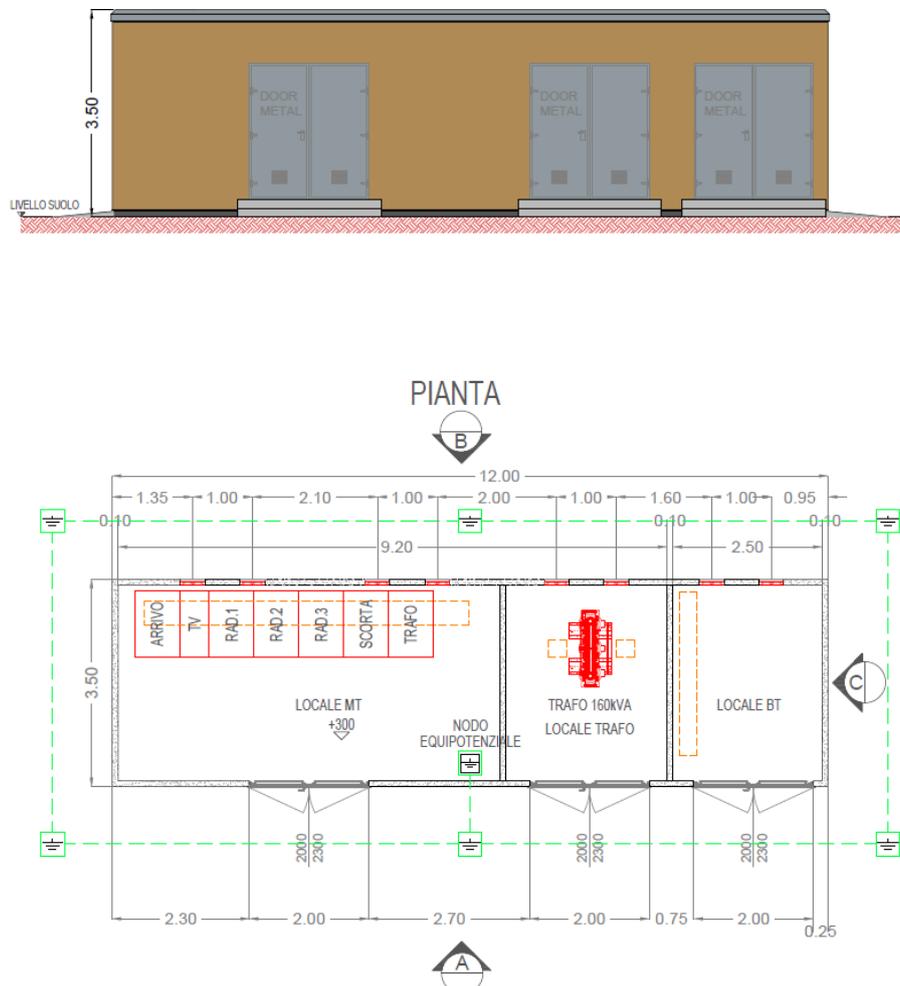
00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3.2 Cabina 36 KV di Smistamento

All'interno di ciascun campo sarà ubicata una cabina di smistamento 36 kV, esercita a 36kV-50Hz, avente lo scopo principale di veicolare la produzione energetica proveniente dalle cabine di trasformazione ubicate nel rispettivo campo FV verso la cabina di smistamento 36 KV principale.

Le cabine saranno costituite da elementi prefabbricati realizzati in calcestruzzo con dimensioni pari a 12x3,50x3,50m e costruiti per garantire un grado di protezione dagli agenti atmosferici esterni pari a IP33. Essendo la cabina costruita con un'apposita struttura prefabbricata, tale struttura (precaria) non necessita alcuna autorizzazione urbanistica accessoria.

La cabina sarà posata su apposite fondazioni in calcestruzzo tali da garantirne la stabilità, e nelle quali saranno predisposti gli opportuni cavedi e tubazione per il passaggio dei cavi di potenza e segnale. Per ulteriori dettagli in merito alle fondazioni nonché al sistema di fissaggio del container si rimanda all'elaborato "Particolare Cabina di Smistamento 36 KV", di cui di seguito si riporta un estratto:



All'interno della cabina 36 KV di campo FV sarà essenzialmente previsto:

- Nr. 1 locale tecnico con Quadro 36 KV e sezione ausiliari con trasformatore da 160 kVA,
- Nr. 1 locale tecnico 36 KV contenente i quadri elettrici 36 KV
- Nr. 1 locale tecnico BT

Il quadro di 36 kV (Q36 KV) è classificato in accordo alla Norma di riferimento CEI EN 62271-200 come segue:

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 40,5kV-16kA-1600A - LSC2A/PI IAC AFLR 16kA x 1s

ovvero in particolare con l'Internal Arc Certification (IAC) su tutti e 4 i lati (Fronte Lati Retro) a massima sicurezza dell'operatore.

Il quadro sarà composto dalle seguenti unità:

- nr. X, con X determinato dal numero di linee radiali in ingresso dal campo, variabile campo per campo; questa unità serve per la protezione linea radiale 36 KV di ingresso dalle varie radiali del campo, ed è quindi accessoriata con un relè avente le seguenti protezioni 36 KV:
  - massima corrente di fase con ritardo intenzionale (50) ed istantanea (51);
  - massima corrente direzionale omopolare per l'apertura in caso di guasto a terra (67).
- nr. 1 partenza per la protezione del trasformatore ausiliari con sezionatore-fusibile 36 KV;
- nr. 1 scomparto TV per l'alloggio dei trasformatori di misura di tensione che servono per il controllo dei parametri elettrici di sbarra 36 KV;
- nr. 1 scomparto partenza cavi 36 KV che va verso la cabina 36 KV di SE di Trasformazione.

La sezione ausiliari sarà completata da un trasformatore 36 KV/BT (resina E2C2F1, 36/0.4kV, installato nel locale tecnico di cabina) di potenza nominale pari a 160 kVA per l'alimentazione dei servizi ausiliari, costituiti da:

- Sezione "normale" di alimentazione dei servizi non essenziali;
- Sezione "preferenziale" sotto UPS, dedicata all'alimentazione dei servizi essenziali, quali ad esempio: comandi elettrici di emergenza, SCADA per segnalazione allarmi e stato dei componenti principali;
- Un quadro UPS per alimentazione di emergenza (6kVA – 230/230V, autonomia 24h@ 200 VA).

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3.3 Cavi in Bassa Tensione

I cavi in corrente alternata sono necessari per collegare in parallelo gli inverter sul Quadro Parallelo Corrente Alternata (di seguito QPCA).

La sezione CA lato generatore verrà esercita con un Sistema Trifase Isolato 3F+PE, a tutti gli effetti un sistema IT. In accordo con il Sistema Normativo Internazionale, il funzionamento in IT:

- prevede tutte e tre le fasi (R-S-T) NON connesse a terra in nessun punto ed in nessun caso;
- prevede un controllore di isolamento, che garantisca il continuo monitoraggio del valore di resistenza tra i poli e terra; il cedimento dell'isolamento dovrà essere chiaramente rilevato in modo da permettere al gestore dell'impianto di effettuare i necessari interventi di manutenzione straordinaria alla ricerca del guasto;
- permette il funzionamento del sistema con il primo guasto a terra, a patto che il primo guasto sia chiaramente rilevato e che il secondo guasto determini l'intervento degli organi di protezione atti al sezionamento della parte di circuito sottoposta al doppio guasto.

Per la realizzazione della rete di distribuzione in corrente alternata, ovvero per il collegamento elettrico in BT degli inverter di stringa al quadro di parallelo (QPCA), posizionato all'interno della cabina di trasformazione, si prevede l'utilizzo di cavi di tipo ARG7OR, le cui principali caratteristiche sono riportate nella seguente tabella.

<b>Modello</b>	ARG7OR
<b>Conduttore</b>	Corda compatta a fili di alluminio (CEI 20-29, classe 2)
<b>Isolante</b>	HEPR
<b>Guaina</b>	PVC speciale di qualità Rz
<b>Temperatura di esercizio</b>	0 – 90°C
<b>Tensione nominale U<sub>o</sub>/U (Um)</b>	0,6/1 (1,2) kV
<b>Sezione conduttore</b>	240 mm <sup>2</sup>
<b>Portata corrente [A]</b>	A trifoglio direttamente interrati: 240 mm <sup>2</sup> : 413 A

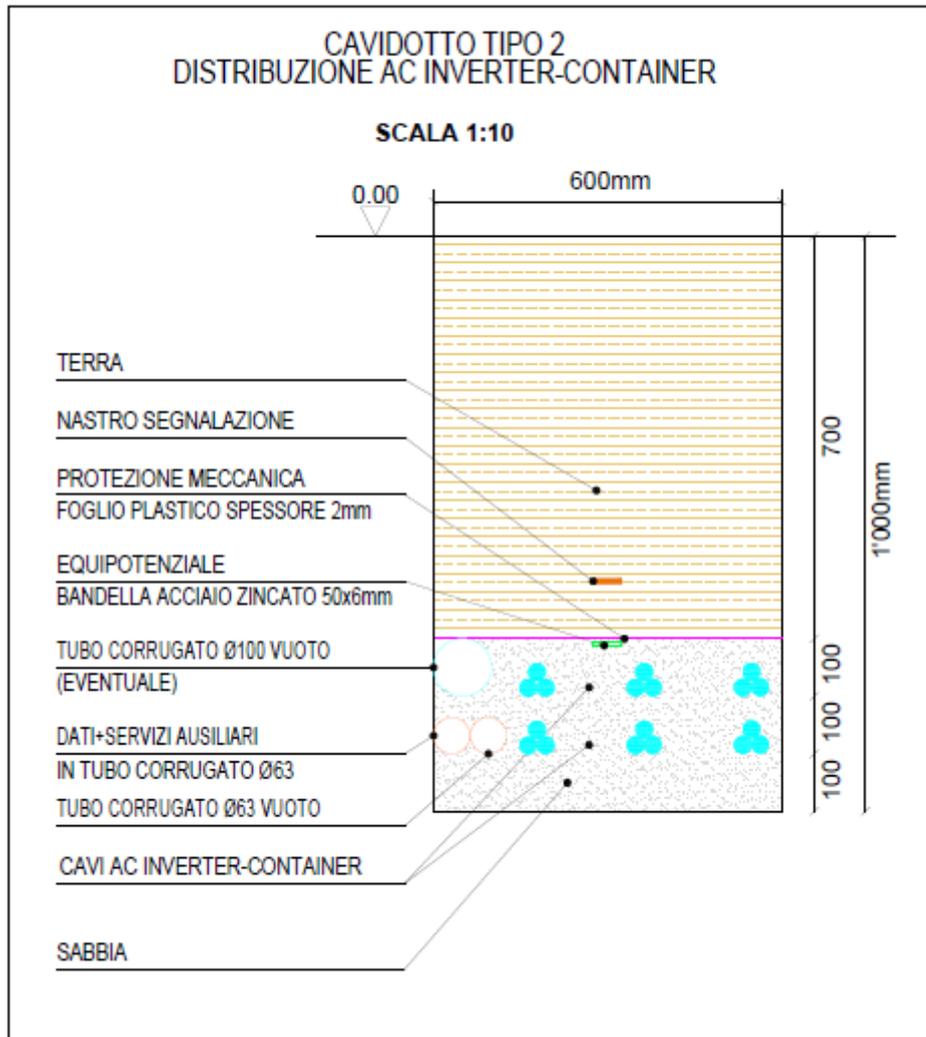
#### 3.3.1 Modalità di installazione

I cavi BT in corrente alternata saranno installati:

- direttamente interrati lungo tutto il percorso, in formazione a trifoglio;
- all'interno di tubo corrugato agli estremi (un tubo per terna cavi inverter), in uscita dall'inverter per evitare l'irraggiamento diretto e in prossimità della cabina di trasformazione per raggiungere ordine il proprio interruttore scatolato (di seguito MCCB).

Dal punto di vista termico analizziamo la situazione più gravosa, ovvero l'installazione sottoterra, riportando un estratto delle sezioni tipo dei cavidotti:

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione larga tipicamente da 600mm (in funzione del numero di terne di cavi) e profonda 1'000mm, che sarà riempita con:

- Sabbia di fiume nella parte più profonda per evitare che i cavi direttamente interrati possano essere a contatto diretto con sassi e/o detriti che ne possano scongiurare l'integrità durante tutti gli anni di esercizio, con:
  - uno spessore pari a circa 100mm sul fondo;
  - uno spessore pari a circa 200mm nel quale verranno installati cavi e corrugati in base alla specificità di ogni tratta;
- Un foglio plastico per la separazione tra strato inferiore e strato superiore, avente anche la funzione di protezione meccanica;
- Terra di riporto per il riempimento dello strato superiore, fino al livellamento nativo della sezione.

In talune sezioni il cavidotto potrà essere allargato per evitare che i cavi siano troppo vicini.

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3.4 Cavi 36 kV

I cavi 36 kV sono necessari per collegare in parallelo le varie cabine di trasformazione sparse per il Campo Fotovoltaico fino a raggiungere la propria Cabina di Smistamento e poi la Cabina 36 KV della Stazione.

La 36 kV verrà esercita con un Sistema Trifase Isolato 3F, a tutti gli effetti un sistema IT. In accordo con il Sistema Normativo Internazionale, il funzionamento in IT:

- prevede tutte e tre le fasi (U-V-W) NON connesse a terra in nessun punto ed in nessun caso;
- prevede un coordinamento tra le protezioni di fase e di neutro, in modo che il cavo risulti sempre protetto.

È stato selezionato un cavo di tipo RG7H1R, per i collegamenti di distribuzione secondaria (radiali di campo), per i collegamenti di distribuzione primaria (fino alla cabina di smistamento 36 KV principale) e per il cavidotto 36 KV esterno.

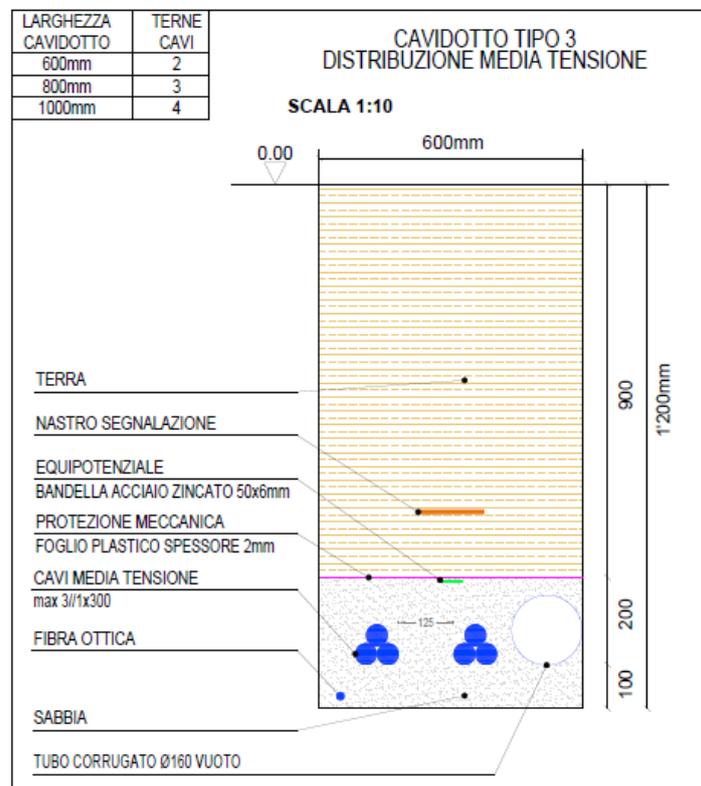
#### 3.4.1 Modalità di Installazione (distribuzione interna)

Per verificare il corretto dimensionamento del cavo è necessario conoscere la modalità di installazione.

I cavi saranno installati:

- direttamente interrati lungo tutto il percorso, in formazione a trifoglio;
- all'interno di tubo corrugato agli estremi (un tubo per terna cavi inverter), in ingresso ed in uscita dalle varie cabine di collegamento.

Di seguito si riporta un estratto delle sezioni tipo dei cavidotti:



00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione tipicamente larga da 600mm a 1'000mm e profonda 1'200mm, che sarà riempita con:

- Sabbia di fiume nella parte più profonda per evitare che i cavi direttamente interrati possano essere a contatto diretto con sassi e/o detriti che ne possano scongiurare l'integrità durante tutti gli anni di esercizio, con:
  - uno spessore pari a circa 100mm sul fondo;
  - uno spessore pari a circa 200mm nel quale verranno installati cavi e corrugati in base alla specificità di ogni tratta; dovrà essere usata l'accortezza di posizionare i cavi 36 KV opportunamente distanziati tra di loro (>2D con D diametro del cavo 36 KV);
- Un foglio plastico per la separazione tra strato inferiore e strato superiore, avente anche la funzione di protezione meccanica;
- Terra di riporto per il riempimento dello strato superiore, fino al livellamento nativo della sezione.

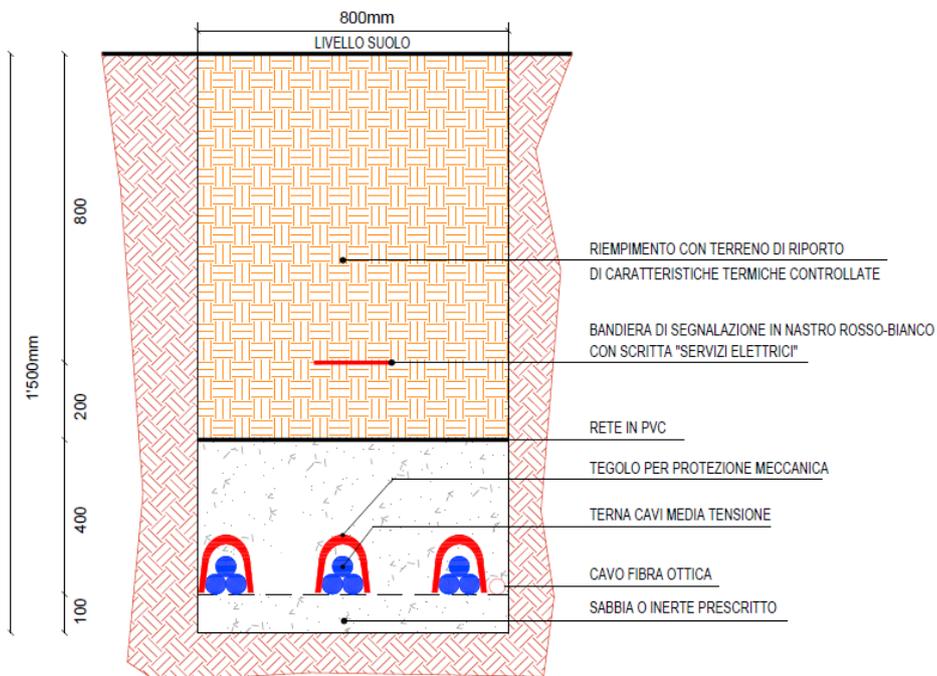
In talune sezioni il cavidotto potrà essere allargato per evitare che i cavi siano troppo vicini.

### 3.4.2 Modalità di installazione (distribuzione esterna ai campi)

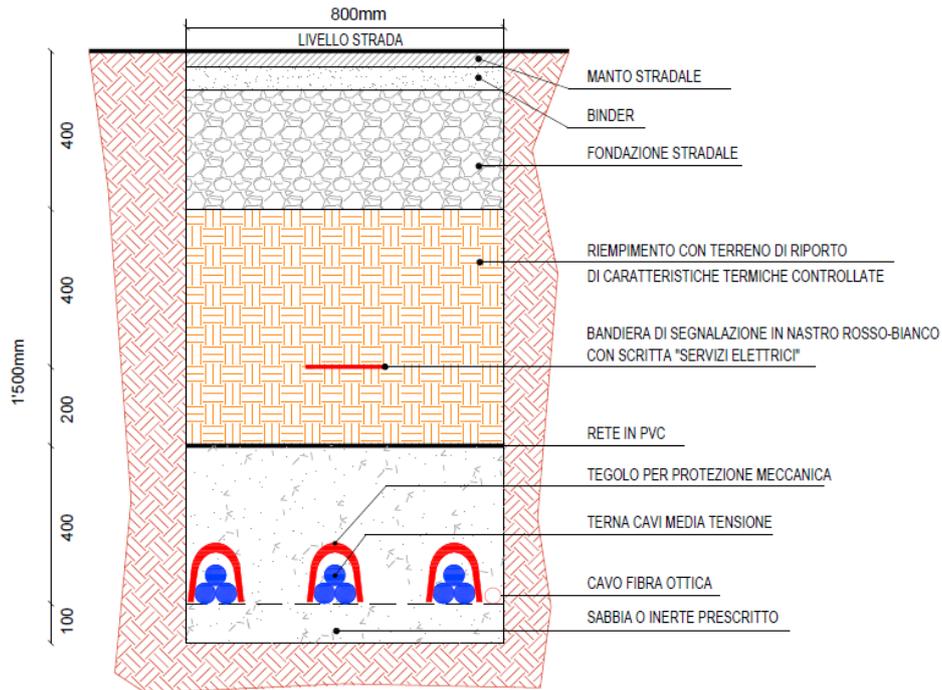
I cavidotti 36 kV esterni ai campi fotovoltaici saranno installati:

- direttamente interrati lungo tutto il percorso, in formazione a trifoglio;
- all'interno di tubo corrugato agli estremi (un tubo per terna cavi inverter), in ingresso ed in uscita dalle varie cabine di collegamento.

Di seguito viene riportato un estratto delle sezioni tipo dei cavidotti esterni:



00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione tipicamente larga da 500mm a 1'000mm e profonda 1'500mm, che sarà riempita con:

- Sabbia di fiume nella parte più profonda per evitare che i cavi direttamente interrati possano essere a contatto diretto con sassi e/o detriti che ne possano scongiurare l'integrità durante tutti gli anni di esercizio, con:
  - uno spessore pari a circa 100mm sul fondo;
  - uno spessore pari a circa 400mm nel quale verranno installati cavi e corrugati in base alla specificità di ogni tratta; dovrà essere usata l'accortezza di posizionare i cavi 36 KV opportunamente distanziati tra di loro ( $>2D$  con  $D$  diametro del cavo 36 KV);
- Bandiera plastica di segnalazione;
- Un foglio plastico per la separazione tra strato inferiore e strato superiore, avente anche la funzione di protezione meccanica;
- Terra di riporto per il riempimento dello strato superiore, fino al livellamento nativo della sezione.

00	02-08-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione