



COMUNE DI SPINAZZOLA

PROVINCIA DI BARLETTA ANDRIA TRANI
REGIONE PUGLIA

COMUNE DI GENZANO DI LUCANIA

PROVINCIA DI POTENZA
REGIONE BASILICATA

IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO "SAVINETTA" CONNESSO ALLA RTN DELLA
POTENZA DI PICCO P=20'659,08 kWp E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A
20'000 kW, DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN E PIANO
AGRONOMICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA

Proponente

SOLAR ENERGY DIECI S.R.L.

VIA SEBASTIAN ALTMANN, 9 - 39100 BOLZANO
C.F. - P.I. - REGISTRO IMPRESE 03058400213
PEC: solareenergydieci.srl@legalmail.it

Progettazione



Preparato
Pietro Martignoni

Verificato
Gianandrea Ing. Bertinazzo

Approvato
Vasco Ing. Piccoli

PROGETTAZIONE DEFINITIVA Codice Autorizzazione Unica A3EBD54

Titolo elaborato

IMPIANTO FOTOVOLTAICO "SAVINETTA" RELAZIONE TECNICA GENERALE

Elaborato N.

2RG

Data emissione

16/11/23

Nome file

RELAZIONE TECNICA

01

16/11/23

REVISIONE

N. Progetto

SOLO27

Pagina

COVER

00

06/08/21

PRIMA EMISSIONE

REV.

DATA

DESCRIZIONE

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DI SOLAR ENERGY 10 S.R.L.. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE.
THIS DOCUMENT CAN NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SOLAR ENERGY 10 S.R.L.. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW.

Sommario

1	Premessa	3
2	Descrizione generale	3
2.1	Dati generali di progetto	4
2.2	Configurazione d'impianto	5
2.3	Configurazione campo FV.....	6
2.4	Definizione del layout.....	7
3	Caratteristiche tecniche dei principali componenti d'impianto.....	9
3.1	Moduli fotovoltaici	9
3.2	Strutture di Sostegno – Inseguitori mono-assiali	12
3.3	Cassette di parallelo-stringa (string boxes)	14
3.4	Cabina di conversione e trasformazione (skid)	15
3.4.1	Cabina di trasformazione.....	15
3.4.2	Inverter	17
3.4.3	Trasformatore BT/MT.....	20
3.4.4	Quadro MT.....	21
3.4.5	Sezione Ausiliari.....	21
3.5	Cabina MT di smistamento.....	22
3.6	Sottostazione Utente di Trasformazione AT/MT.....	24
3.6.1	Componenti ed organi di manovra in Alta Tensione	25
3.6.2	Trasformatore AT/MT.....	26
3.6.3	Cabina di SE Utente Produttore	27
3.7	Collegamenti elettrici	28
3.7.1	Cavi in corrente continua (BT)	29
3.7.2	Cavi in corrente alternata (MT)	32
3.7.3	Elettrodotto MT esterno all'impianto	34
3.7.4	Altri cavi	35
3.8	Protezioni elettriche	37
3.9	Impianto di Terra.....	38
3.9.1	Impianto di terra dell'Impianto Fotovoltaico	38
3.9.2	Impianto di terra per le Sottostazioni Alta Tensione.....	38
3.10	SCADA/monitoraggio.....	39
3.11	Impianti di sorveglianza / illuminazione.....	40
3.12	Impianti Anti-roditori.....	40

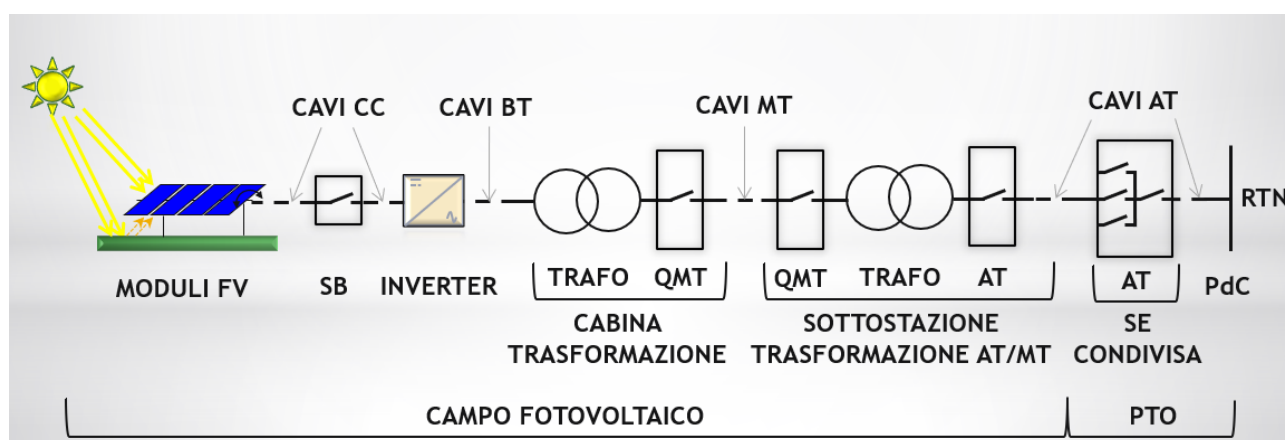
01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

1 Premessa

La presente relazione ha lo scopo descrivere tecnicamente i componenti principali dell'impianto di generazione di energia elettrica da fonte fotovoltaica denominato "Savinetta", da ubicarsi nel Comune di Spinazzola (BT), di potenza nominale complessiva pari a 20'659,08 kWp e di potenza di immissione in rete pari a 20'000,00 kW.

2 Descrizione 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.

Per il presente impianto sono stati previsti moduli con tecnologia bifacciale, ovvero in grado di convertire in energia elettrica sia la radiazione diretta dal sole che la radiazione sul lato posteriore dei moduli stessi (prevalentemente radiazione diffusa e riflessa dal terreno).

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 quadri di parallelo stringa (o "string boxes"), e successivamente immessa negli inverter centralizzati che sono in grado di trasformare l'energia elettrica da corrente continua (CC) a corrente alternata (CA) in Bassa Tensione (BT). L'energia disponibile in corrente alternata BT verrà quindi trasformata dai trasformatori in Media Tensione (MT).

L'energia disponibile in corrente alternata MT verrà portata alla cabina generale SSE, tramite collegamenti (cavi MT), dove verrà raggruppata e resa disponibile alla linea MT di trasmissione tra il campo FV e la Sottostazione AT/MT.

In uscita dalla Sottostazione AT/MT ci saranno infine le opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), costituite da una Sottostazione Condivisa e da un cavidotto in alta tensione (AT) e definite

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

in un dedicato Piano Tecnico delle Opere di connessione (PTO), che permetteranno di far arrivare l'energia generata fino al Punto di Connessione (PdC) consegnandola infine alla RTN.

2.1 Dati generali di progetto

In Tabella 1 sono riportate le principali caratteristiche tecniche relative all'impianto in progetto.

Tabella 1 - Principali caratteristiche dell'impianto FV denominato "Savinetta"

Dati generali società proponente		
Committente	Solar Energy Dieci Srl	
Luogo di realizzazione impianto		
Denominazione	Savinetta	
Ubicazione	Spinazzola (BT) - Genzano di Lucania (PZ)	
Coordinate di ubicazione	[gradi decimali]	40,934562° 16,123938°
Superficie di interesse	[Ha]	28,5
Luogo di realizzazione opere di connessione		
Ubicazione	Spinazzola (BT) - Genzano di Lucania (PZ)	
Dati elettrici generali		
Potenza di picco lato fotovoltaico DC	[kWp]	20.659,08
Potenza elettrica AC (*)	[kW]	20.500,00
Potenza elettrica approvata dal Distributore	[kW]	20.000,00
Produzione da PVSyst (1° anno)	[MWh]	38.472
Produzione specifica da PVSyst (1° anno)	[kWh / kWp / anno]	1.862
Dati del distributore		
Codice di rintracciabilità	2020001014	

(*) pari alla somma della potenza apparente nominale di tutti gli inverter previsti in impianto. Si sottolinea come tale potenza sia stata volutamente sovradimensionata al fine di espletare i servizi di rete richiesti da Terna (allegato A-68 al Codice di Rete) e che la potenza attiva in immissione in rete non potrà mai superare il limite massimo riportato in STMG.

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

2.2 Configurazione d'impianto

L'energia generata dall'impianto fotovoltaico, composto da un singolo campo FV, viene raccolta tramite una rete di elettrodotti interrati in Media Tensione eserciti a 30 kV che confluiscono in un unico punto all'interno della cabina di smistamento, ubicata lungo il confine Sud-Ovest dell'impianto.

Un elettrodotto interrato in Media Tensione a 30 kV di lunghezza pari a circa 10,6 km trasporterà quindi l'energia generata presso la sottostazione utente di trasformazione AT/MT, ubicata all'interno di una sottostazione condivisa con altri utenti produttori. Tale sottostazione utente, all'interno della quale sarà ubicato il punto di consegna (PdC) dell'impianto con la Rete di Trasmissione Nazionale, sarà ubicata in posizione adiacente alla futura sottostazione di smistamento a 150 kV.

L'energia generata sarà infine resa disponibile, tramite un breve elettrodotto interrato in Alta Tensione a 150 kV di lunghezza pari a circa 250 m, al futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/150 kV denominata "Genzano", da realizzarsi nel Comune di Genzano di Lucania (PZ).

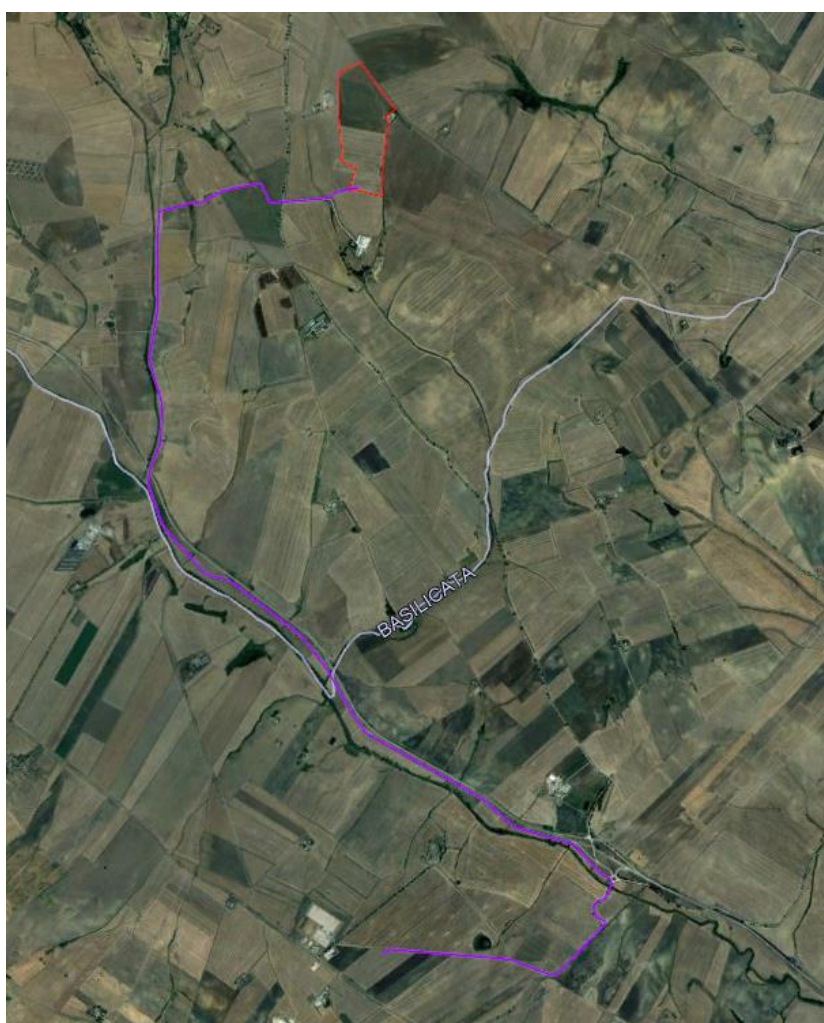


Figura 1 – Inquadramento area d'impianto ed opere di connessione su ortofoto

La potenza nominale complessiva dell'impianto fotovoltaico, determinata dalla somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici, è pari a 20'659,08 kWp, mentre la potenza in immissione nella RTN è determinata dalla potenza indicata sulla STMG, ed è pari a 20'000,00 MW.

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

In Tabella 2 è riportata la consistenza dell'impianto fotovoltaico, in termini di potenza nominale e di numerosità dei principali componenti installati.

Tabella 2 - Numerosità dei principali componenti d'impianto

Dati costruttivi dell'impianto		
N° moduli FV 615	[Nr]	33.592
N° moduli per stringa	[Nr]	26
N° di stringhe	[Nr]	1.292
N° inverter	[Nr]	5
Potenza inverter	[kVA]	4.095
N° trasformatori BT / MT	[Nr]	5
Potenza trasformatore	[kVA]	4.100
Tensione di esercizio lato DC	[V]	1.500
Tensione di esercizio lato AC (inverter)	[V]	600
Tensione di esercizio servizi ausiliari	[V]	400/230
Strutture di sostegno	Tipologia	Tracker mono-assiali
Inclinazione piano dei moduli	[°]	rotazione Est/Ovest $\pm 55^\circ$
Angolo di azimut	[°]	0°

2.3 Configurazione campo FV

Presso il confine Sud dell'impianto FV sarà ubicata una cabina di smistamento in media tensione, dotata di opportune protezioni elettriche, alla quale saranno collegate le cabine di trasformazione in configurazione radiale, in gruppi di massimo 12,3 MVA per ciascuna linea radiale.

All'interno dei confini dell'impianto FV è prevista l'installazione di 5 cabine di trasformazione realizzate tramite struttura skid, relativamente alle quali sono previste due configurazioni differenti:

- Cabina di trasformazione singola: contenente un locale per quadro Media Tensione che riceve l'energia da un trasformatore di potenza MT/BT e un inverter;
- Cabina di trasformazione doppia: contenente un locale per quadro Media Tensione che riceve l'energia da due trasformatori di potenza MT/BT e due inverter.

Per l'impianto FV in oggetto si prevede l'utilizzo di inverter centralizzati, a ciascuno dei quali possono essere collegate fino ad un massimo di 24 cassette di stringa (o "string box"). A sua volta, ogni cassetta di stringa può ricevere in input un massimo di 20 stringhe di moduli fotovoltaici.

I moduli fotovoltaici, realizzati con tecnologia bifacciale ed in silicio mono-cristallino ad elevata efficienza, saranno collegati elettricamente in serie a formare stringhe da 26 moduli, e posizionati su strutture ad inseguimento solare mono-assiale, in configurazione a singola fila con modulo disposto verticalmente (configurazione 1-P).

L'utilizzo di tracker consente la rotazione dei moduli FV attorno ad un unico asse orizzontale avente orientazione Nord-Sud, al fine di massimizzare la radiazione solare captata dai moduli stessi e conseguentemente la produzione energetica del generatore FV.

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

2.4 Definizione del layout

Il layout di ciascun campo FV è stato definito, nel pieno rispetto dei vincoli paesaggistici e territoriali, al fine di ottimizzare lo sfruttamento della radiazione solare incidente e conseguentemente massimizzare la produzione energetica dell'impianto.

L'impianto prevede le strutture di sostegno sopraelevate per consentire il pascolo a terra. L'altezza dei tracker in questa configurazione è pari a 2,3 m. La disposizione delle strutture di sostegno dei moduli FV, degli inverter e delle cabine elettriche è stata progettata in maniera tale da:

- Rispettare i confini dei terreni disponibili, realizzando le opportune opere di mitigazione ambientale lungo il perimetro dell'impianto FV; in detta fascia viene collocata la fascia arborea, occupando la porzione di fondo in prossimità della recinzione, rappresentando la barriera di mitigazione necessaria per minimizzare la visibilità dell'impianto dall'esterno, mentre la rimanente superficie è da gestire come area di vigilanza, prevenzione e repressione del fenomeno degli incendi;
- Minimizzare gli ombreggiamenti derivanti dalla presenza di eventuali ostacoli (es. tralicci di sostegno linee AT) nonché ombreggiamenti reciproci tra i filari di moduli FV, regolando opportunamente la posizione delle strutture di sostegno ovvero la distanza tra le stesse;
- Consentire l'installazione dei locali tecnici/cabine elettriche, rispettando i 5m richiesti secondo prescrizione VVFF ed allo stesso tempo senza generare ombreggiamenti sui moduli FV e lasciando libero un sufficiente spazio di manovra per gli automezzi sia in fase di costruzione che di esercizio e manutenzione dell'impianto.

In estrema sintesi, sono state considerate le fasce di rispetto dalle seguenti interferenze:

- Buffer di rispetto della Strada Provinciale n°195: 30 metri;
- Distanza minima dai fabbricati esterni alle aree d'impianto: 30 metri.
- Cabine di trasformazione: 5m (relativamente al posizionamento dei moduli FV).

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

In Figura 2 è riportato l'inquadramento su ortofoto del layout d'impianto.

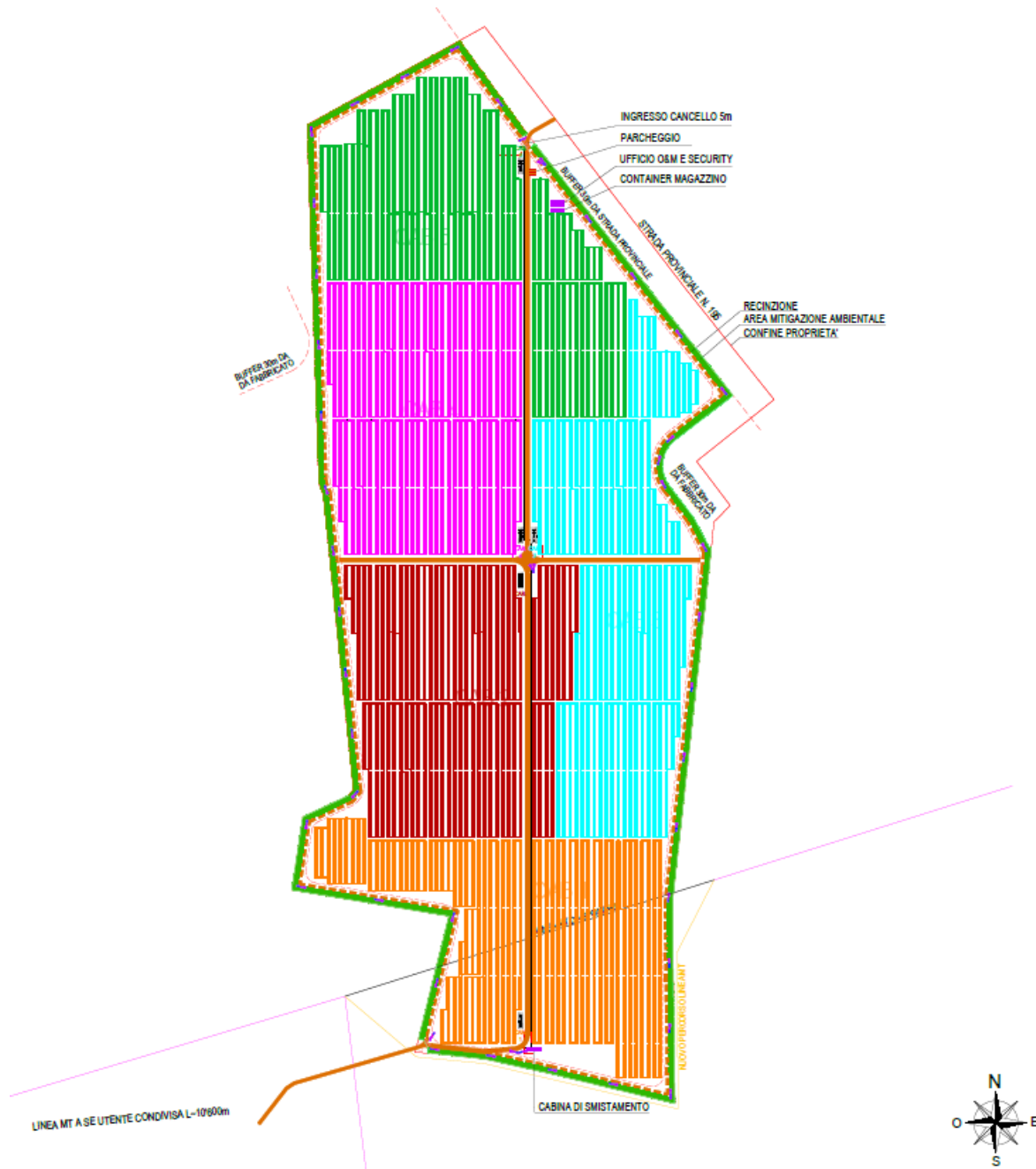


Figura 2 - Layout d'impianto

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

3 Caratteristiche tecniche dei principali componenti d'impianto

Nei seguenti paragrafi è riportata la descrizione di dettaglio dei componenti d'impianto.

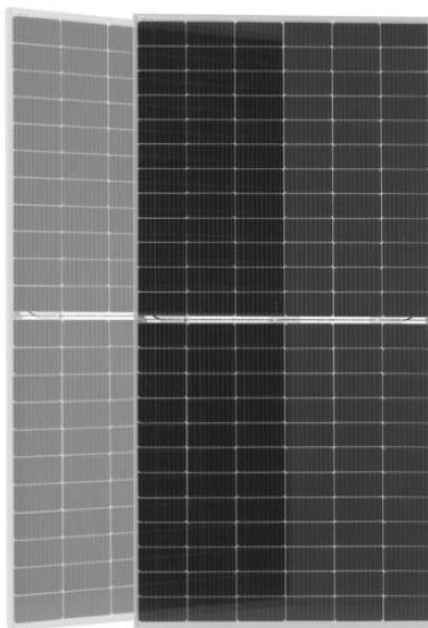
3.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici selezionati per il dimensionamento dell'impianto e per la redazione del presente progetto sono realizzati dal produttore Jinko Solar, serie TigerNeo e modello JKM615N-78HL4-BDV, e presentano una potenza nominale a STC¹ pari a 615 Wp.

Ciascun modulo è composto da 144 mezze-celle realizzate in silicio mono-cristallino ad elevata efficienza, vetro frontale temprato ad elevata trasparenza e dotato di rivestimento anti-riflesso, backsheet posteriore polimerico trasparente e cornice in alluminio, per una dimensione complessiva pari a 2'465 x 1'134 x 30 mm ed un peso pari a 34,6 kg.

I moduli sono costituiti da celle FV in 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'albedo² del terreno, e può raggiungere fino a +25% in casi particolarmente favorevoli.

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



Si prevede di realizzare stringhe costituite da 26 moduli FV collegati elettricamente in serie per i moduli installati sui tracker mono-assiali.

¹ STC - Standard Test Conditions: irraggiamento solare 1000 W/m², temperatura modulo FV 25°C, Air Mass 1,5

² 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.

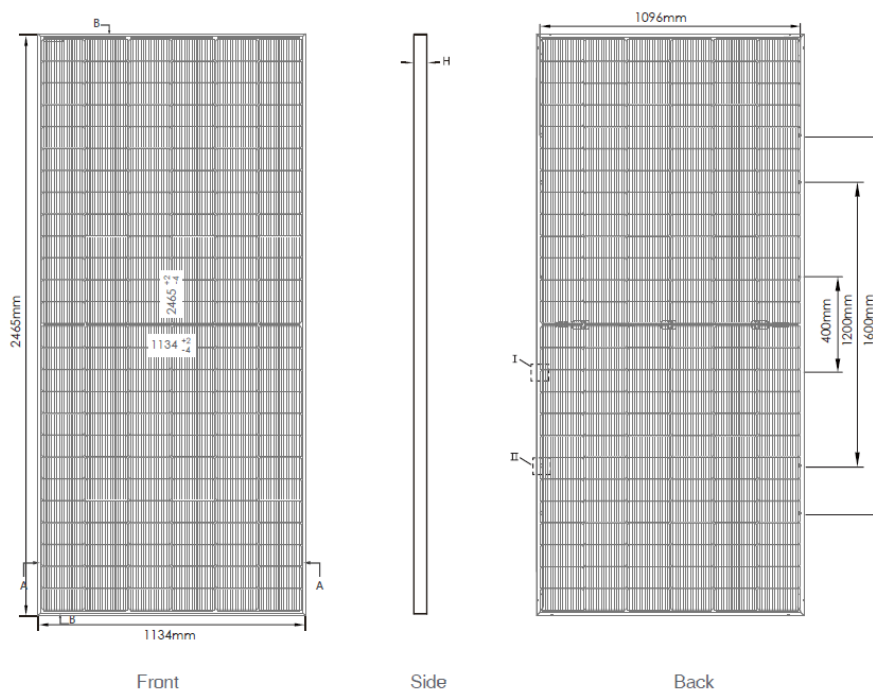
01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

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.

Tabella 3 - Caratteristiche tecniche dei moduli fotovoltaici

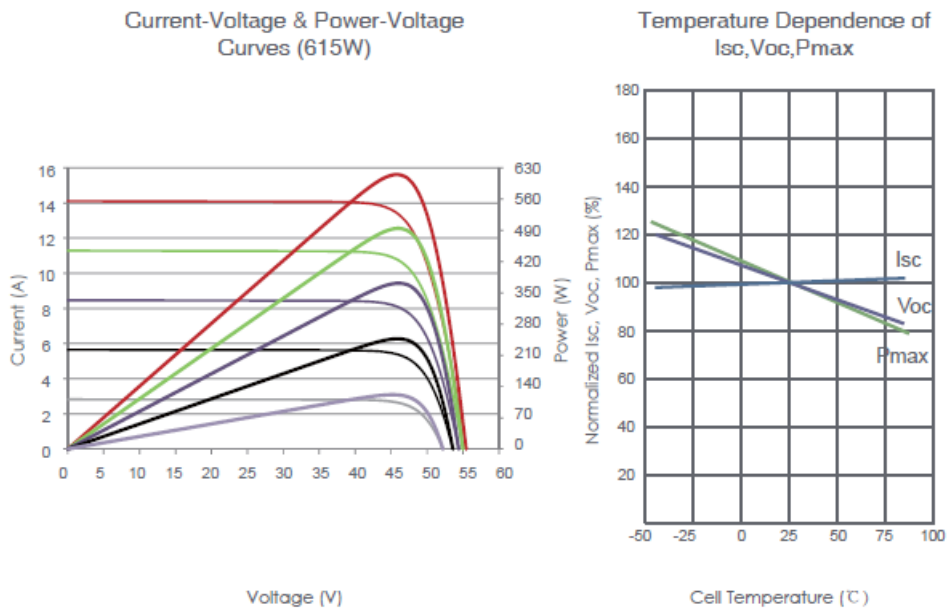
Datasheet modulo		JKM615N-78HL4-BDV	
Lato DC	UDM	Valori da datasheet	coef correttivo
Pannello		STD	%/°C
P	[Wp]	615	-0,29
V _{OC}	[V]	55,44	-0,25
V _{MPP}	[V]	45,77	-0,25
I _{SC}	[A]	14,11	0,045
I _{MPP}	[A]	13,44	0,045
Efficienza modulo STC		[%]	22
Temperatura di funzionamento		[°C]	-40 +85

Di seguito si riporta invece un estratto dal datasheet del modulo FV selezionato che dettagliano le principali caratteristiche costruttive meccaniche.



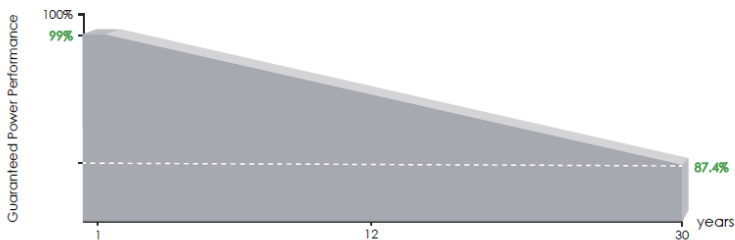
01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

Di seguito si riporta invece estratti sempre dal datasheet del modulo FV selezionato che riportano l'andamento delle curve che meglio dettagliano le principali caratteristiche costruttive elettriche.



La diminuzione delle prestazioni negli anni del modulo individuato è regolamentata e certificata in accordo con la Norma di Riferimento IEC 61215; la curva certificata dal costruttore per questa particolare famiglia di prodotti è anche migliore, garantendo un +2,0% primo anno e 87,4% complessivo il trentesimo anno.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY



12 Year Product Warranty

30 Year Linear Power Warranty

0.40% Annual Degradation Over 30 years

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

3.2 Strutture di Sostegno – Inseguitori mono-assiali

Per il presente progetto si prevede l'impiego di strutture di sostegno ad inseguimento mono-assiale, nello specifico si prevede l'installazione di 675 strutture. A seconda del numero di moduli installati e della configurazione (agrivoltaica o normale), si individuano essenzialmente sei tipologie di strutture:

N° strutture tracker mono-assiali	602 strutture 1Px52 (per un totale pari a 31.304 moduli)
	30 strutture 1Px39 (per un totale pari a 1.170 moduli)
	43 strutture 1Px26 (per un totale pari a 1.118 moduli)

Le strutture ad inseguimento mono-assiale (tracker) consentono la rotazione dei moduli stessi attorno ad un singolo asse, orizzontale ed orientato Nord-Sud, in maniera tale da variare il proprio angolo di inclinazione fino ad un limite massimo di $\pm 55^\circ$ ed "inseguire" la posizione del Sole nel corso di ogni giornata. L'inseguimento solare Est/Ovest consente di mantenere i moduli FV il più possibile perpendicolari ai raggi solari, massimizzando la superficie utile esposta al sole e di conseguenza la radiazione solare captata dai moduli stessi per essere convertita in energia elettrica. Il guadagno in termini di produzione energetica, rispetto ai tradizionali impianti FV realizzati con strutture ad inclinazione fissa, è stimabile nel range +10 ÷ +20 %.

Ora, nello specifico, per il presente progetto sono stati considerati i tracker mono-assiali realizzati dal produttore **Convert Valmont Solar**, modello *Convert-1P*, ovvero singola fila di moduli posizionati verticalmente.



Figura 3 - immagine esemplificativa di inseguitori mono-assiali Convert 1P - configurazione 1P (fonte: Convert Valmont Solare)

Tali strutture di sostegno vengono infisse nel terreno mediante battitura dei pali montanti, o in alternativa tramite avvvitamento, per una profondità non superiore a 2,5 m. 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. L'altezza dei pali di sostegno è stata determinata in maniera tale che la distanza tra il bordo inferiore dei moduli FV ed il piano di campagna sia non inferiore a 1,3m alla massima inclinazione dei moduli, e pari a 3,3m nel punto più alto.

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

Tipologia di sistema ad inseguimento	Singolo asse orizzontale con backtracking
Angolo di tilt	0°
Angolo di azimuth	0°
Angolo di rotazione	±55°
Tipologia fondazioni	Pali infissi nel terreno
Temperatura di funzionamento	-10°C ÷ +50°C
Inclinazione massima del terreno	≤15% Nord-Sud, illimitata Est/Ovest

La movimentazione dei sistemi ad inseguimento solare è effettuata da motori elettrici alimentati in corrente alternata, uno per ciascun tracker, e controllati da apposite schede di controllo. L'algoritmo di movimentazione è basato su un calendario astronomico ed è dotato della tecnologia "backtracking". Tale tecnologia consiste nel controllo e verifica che ogni fila di moduli FV non crei ombreggiamento a quella successiva. Quando l'altezza del sole rispetto all'orizzonte si riduce, in particolare durante le prime/ultime ore della giornata, il mutuo ombreggiamento tra i filari di moduli potrebbe ridurre sensibilmente l'output energetico. Il sistema ad inseguimento è in grado di far ruotare i moduli FV nel senso opposto rispetto all'andamento del sole, riducendo la superficie esposta al sole ma nel contempo evitando il rischio che si verifichino mutui ombreggiamenti.

La distanza tra gli inseguitori (solitamente denominata *pitch*) per il presente progetto è pari a 5,5 m, al fine di ottimizzare la produzione energetica a parità di consumo di suolo da una parte, e dall'altra di consentire il passaggio di un mezzo tra file successive sia per attività agricole che per operazioni di manutenzione e pulizia moduli.

Le schede di controllo effettueranno il monitoraggio dei principali parametri operativi degli inseguitori, in primis posizione e velocità del vento, al fine di verificarne il corretto funzionamento e di posizionarli automaticamente in posizione di sicurezza in caso di velocità del vento particolarmente elevate per evitare eventuali danni alle strutture.

Sarà infine possibile posizionare in maniera automatica gli inseguitori ad una inclinazione idonea per consentirne l'ispezione ai fini di manutenzione nonché per il lavaggio periodico dei moduli fotovoltaici.

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

3.3 Casette di parallelo-stringa (string boxes)

Le cassette di parallelo stringa (denominate comunemente “string boxes”) hanno il compito di raccogliere l’energia generata dai moduli fotovoltaici e convogliarla verso gli inverter di impianto, proteggendo elettricamente le stringhe di moduli ad esse afferenti.

Esse sono realizzate in vetro-resina in modo da garantire una classe di isolamento II ed ubicate in posizione baricentrica rispetto alle relative stringhe fotovoltaiche, installate in un apposito chiosco in grado di proteggerle dall’esposizione diretta alla radiazione solare. Nella seguente tabella sono riportate le loro principali caratteristiche.

Tabella 4 - Caratteristiche tecniche string box

Input	< 20 stringhe
Fusibili	30A gPV – 1’500V
Output	Interruttore NA 400A – 1’500V
Scaricatore sovratensione	I+II
Classe di Isolamento	II
Grado di protezione	IP 65
Dimensioni	620x822x325 mm
Peso	30 kg
Temperatura di funzionamento	-5...+55°C



Figura 4 - Immagine esemplificativa di una string box

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

3.4 Cabina di conversione e trasformazione (skid)

All'interno di ciascun campo saranno ubicate le cabine di trasformazione, realizzate su strutture di tipo skid, aventi lo scopo di ricevere la potenza elettrica in corrente continua BT proveniente dalle cassette di parallelo stringa (string boxes) ubicate in campo, convertirla in corrente alternata e innalzarne il livello di tensione da BT a MT (da 630 V a 30 kV), collegarsi alla rete di distribuzione MT del campo al fine di veicolare l'energia generata verso la cabina di smistamento MT e successivamente verso la stazione elettrica di trasformazione MT/AT.

Le cabine saranno situate in posizione baricentrica rispetto cassette 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, nonché la vasca di raccolta dell'olio del trasformatore. Per ulteriori dettagli in merito alle fondazioni nonché al sistema di fissaggio dello skid si rimanda al sovra-menzionato elaborato dedicato (*Particolare cabine elettriche*).

3.4.1 Cabina di trasformazione

Le cabine di trasformazione utilizzate per tutto l'impianto sono 5, realizzate su strutture di tipo skid, principalmente costituite da:

- Nr. 1 Inverter centralizzato (nr.1 in caso di cabina singola);
- Nr. 1 Trasformatore BT/MT (nr.1 in caso di cabina singola);
- Nr.1 Quadro di media tensione;
- Nr. 1 Quadro BT: quadro ausiliari, UPS.

Lo scopo di dette cabine è di ricevere la potenza elettrica in Corrente Continua proveniente dalle cassette di parallelo di stringa (string box) ubicate nel campo, convertirla in corrente alternata (@630V, 50Hz) e innalzarne il livello di tensione da Bassa a Media Tensione (da 630V a 30'000V), collegarsi alla rete di distribuzione MT del campo FV.

Di seguito è illustrata un estratto della configurazione skid della cabina di conversione e trasformazione:

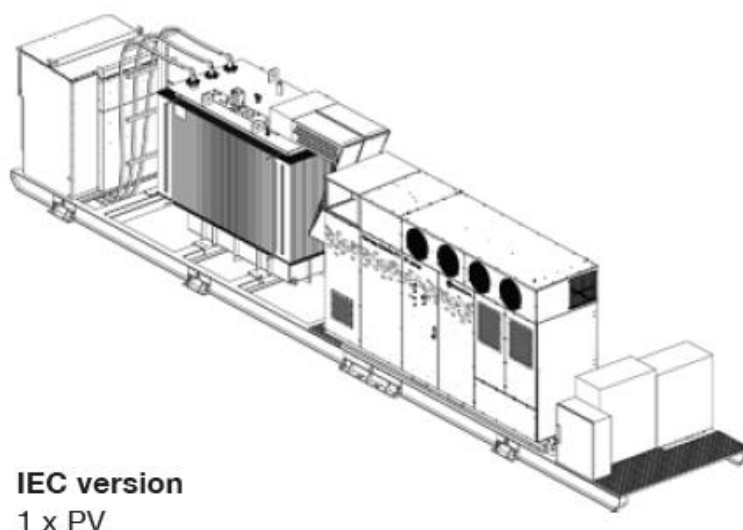


Figura 5 – Cabina di conversione e trasformazione BT/MT

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

Le cabine sono costituite strutture aperte di tipo skid (con dimensioni approssimative pari a 11,8 x 2,6 x 2,1 m e peso pari a circa 30 t), realizzate in acciaio galvanizzato a caldo e costruiti per garantire un grado di protezione dagli agenti atmosferici esterni pari a IP54. Al fine di garantire una maggior protezione dagli agenti atmosferici, ciascuna cabina potrà essere provvista di copertura metallica accessoria (shelter), dotata di opportune griglie in corrispondenza di inverter, trasformatori e quadri elettrici al fine di garantirne la necessaria ventilazione.

Le cabine saranno situate in posizione baricentrica rispetto cassette 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, nonché la vasca di raccolta dell'olio del trasformatore.

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

3.4.2 Inverter

Per il presente progetto è previsto l'impiego di inverter multi-stringa Siemens Proteus PV 4100.



Figura 6 - Inverter di stringa Siemens Proteus PV 4100

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 (630V – 50 Hz) sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto. Gli inverter, aventi grado di protezione IP 55, saranno installati nelle relative cabine di trasformazione. L'inverter selezionato è conforme alla norma CEI 0-16 (normative di riferimento dell'inverter in foto). Tali inverter sono in grado di accettare 24 ingressi da string box in corrente continua e sono dotati di singoli MPPT.

All electrical equipment and materials shall be designed, manufactured and tested and inspected in accordance with the latest IEC standard.

The Solar Power Converter is in accordance with the following standards:

- BDEW Guideline, FGW TG3, TG4 and TG8
- IEC 61683: 1999
- IEC 62116: 2014 (At 50 Hz)
- IEC 61000-6-4: 2007 + A1:2011
- IEC 61000-6-2: 2005
- IEC 62109-1: 2010, IEC 62109-2:2011
- IP 65 according to IEC60529:1989
- IEC 60529
- Terna A68
- CEI016

Figura 7 - Conformità normativa dell'inverter

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

Lato DC – gli inverter avranno in ingresso i cavi DC provenienti dagli SB; ogni inverter è in grado di ricevere fino a 24 input per una corrente massima DC pari a 2'500A; ogni singolo ingresso verrà protetto da fusibili DC (collegati uno sul polo positivo ed uno sul polo negativo) del quale dovrà essere determinata la taglia nella sezione coordinamento elettrico CC. L'inverter è a singolo MPPT.

Lato AC – l'inverter avrà l'uscita verso il trasformatore MT/BT e ad esso direttamente collegata opportunamente protetta tramite interruttore automatico.

Gli inverter, aventi grado di protezione IP 54, saranno installati direttamente sulla struttura skid in configurazione per esterno (outdoor) risultano adatti ad operare nelle condizioni ambientali che caratterizzano il sito di installazione dell'impianto FV.

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 tabella della pagina successiva si riportano le principali caratteristiche tecniche dell'inverter selezionato.

Gamesa Electric Proteus PV Station				
Number of Gamesa Electric Proteus PV Inverters	1 x Proteus PV 4100	1 x Proteus PV 4300	1 x Proteus PV 4600	1 x Proteus PV 4700
DC Connection				
DC Voltage Range ⁽¹⁾	835 - 1500 V	875 - 1500 V	915 - 1500 V	955 - 1500 V
DC Voltage Range MPPT ⁽¹⁾	835 - 1300 V	875 - 1300 V	915 - 1300 V	955 - 1300 V
Number of Power Modules	2, not galvanically isolated, 1 MPPT			
Max. DC Current @40°C [104°F]	2 x 2500 A			
Max. DC Current @50°C [122°F]	2 x 2313 A			
Max. DC Current @55°C [131°F]	2 x 2220 A			
Max. DC Current @60°C [140°F]	2 x 1110 A			
Number of DC Ports ⁽¹⁾	max 24 fuse +/- monitored max 36 fuse + monitored			
AC Connection				
Number of Phases	Three-phase			
Nominal AC Power Total @40°C [104°F]	4095 kVA	4299 kVA	4504 kVA	4709 kVA
Nominal AC Power Total @50°C [122°F]	3790 kVA	3979 kVA	4169 kVA	4358 kVA
Nominal AC Power Total @55°C [131°F]	3637 kVA	3819 kVA	4001 kVA	4183 kVA
Nominal AC Power Total @60°C [140°F]	1819 kVA	1910 kVA	2001 kVA	2091 kVA
Maximum AC Current @40°C [104°F]	3940 Arms			
Nominal AC Voltage, LV side ⁽¹⁾	600 Vrms	630 Vrms	660 Vrms	690 Vrms
Nominal AC Voltage, MV side ⁽¹⁾	< 34.5 kV			
Nominal Voltage Allowance Range ⁽¹⁾	+/-10%			
Frequency Range ⁽¹⁾	47.5 - 63 / 57 - 63 Hz			
THD of AC Current	< 1% @Sn			
Power Factor Range	0 (reactive) - 1 - 0 (capacitive)			
Protection devices				
DC Connection	Motorized disconnectors, Overvoltage protection (Type 1 + 2 SPD), reverse polarity detection, DC ground fault and insulation detection			
AC Connection	Motorized AC circuit breakers, Overvoltage protection (Type 1 + 2 SPD), Anti-islanding, Voltage failure, Frequency failure			
Over-temperature Protection	Included			
Emergency Push Button	Included			

Tabella 5 – Inverter centralizzato: principali caratteristiche tecniche

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

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 (630 V – 50 Hz) sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

Gli inverter avranno in ingresso i cavi DC provenienti dagli SB; ogni inverter è in grado di ricevere fino a 24 input; ciascun ingresso in corrente continua sarà protetto tramite un fusibile dedicato mentre la sezione in corrente alternata sarà protetta tramite interruttore.

Gli inverter, aventi grado di protezione IP 54, saranno installati direttamente sulla struttura skid in configurazione "outdoor" e risultano adatti ad operare nelle condizioni ambientali che caratterizzano il sito di installazione dell'impianto FV (intervallo di temperatura ambiente operativa: -20...+50 °C).

L'uscita in corrente alternata di ciascun inverter sarà collegata direttamente al circuito secondario del trasformatore di potenza BT/MT installato nel rispettivo skid.

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.

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.

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

3.4.3 Trasformatore BT/MT

All'interno di ciascuna cabina sarà ubicato un trasformatore elevatore MT/BT, raffreddato ad olio, sigillato ermeticamente ed installato su apposita vasca di raccolta olio.

Ogni trasformatore è essenzialmente definito da potenza nominale ed un rapporto di trasformazione pari tensione primaria / tensione secondaria. Le principali caratteristiche della macchina selezionata sono riportate di seguito.

Tabella 6 - Trasformatore BT/MT: principali caratteristiche tecniche

Caratteristiche costruttive	Ermetico - KNAN Natural Oil (FR3)
Potenza	4'100 kVA
Gruppo vettoriale	Dy11
Tensione primario - V_1	30'000 V
Tensione secondario - V_2	630 V
Frequenza nominale	50 Hz
V_{cc}	6%
Perdite nel ferro	$\leq 0,15\%$
Perdite nel rame	$\leq 0,8\%$
Dimensioni	2,4 x 1,5 x 2,5 [m]
Peso – con olio	~ 8 t
Peso – senza olio	~ 6,35 t

L'olio utilizzato come isolante all'interno del trasformatore è del tipo naturale FR3, quindi caratterizzato da un minor impatto ambientale rispetto al più "tradizionale" olio minerale in quanto realizzato interamente con oli vegetali biodegradabili e con punto di fuoco molto più alto. Sono previsti non più di 2'000 litri di olio per ogni macchina. Ciascun trasformatore sarà installato sopra apposita vasca di fondazione per la raccolta oli, realizzata in cemento ed opportunamente trattata al fine di essere impermeabile agli oli stessi. La superficie in pianta della vasca, al netto dello spazio occupato dal trasformatore, sarà pari a 5m², ed avrà un'altezza pari a 0.4m, per un volume utile complessivo pari a 2m³.

In accordo con le Normative di riferimento, ed in particolare la IEC 60076-1/2/3, la potenza di un trasformatore è definita ad una temperatura ambiente di riferimento pari a 40°C; essendo una macchina passiva, il limite di potenza è definito in funzione di un surriscaldamento dei componenti e della relativa vita utile del componente con classe termica inferiore. Dato che la temperatura raggiunta dal singolo componente è in funzione sia della temperatura ambiente che della potenza passante:

- per $T_{amb} < 40^\circ\text{C}$, la potenza sopportata dal trasformatore sarà superiore alla potenza nominale;
- per $T_{amb} > 40^\circ\text{C}$, la potenza sopportata dal trasformatore sarà inferiore alla potenza nominale.

Nel verificare il coordinamento inverter-trasformatore saranno considerati solo i due punti a temperatura ambiente 25 e 50°C.

In particolare il costruttore è tenuto a condividere la curva potenza in funzione della temperatura ambiente: durante la progettazione esecutiva sarà necessario verificare il completo coordinamento inverter-trasformatore MT/BT lungo tutti i range possibili di temperatura ambiente.

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

In Figura 8 è riportata un'immagine esemplificativa della tipologia di trasformatore installato all'interno di ciascuna cabina.



Figura 8 - Trasformatore BT/MT in olio

3.4.4 Quadro MT

Il quadro di media tensione (QMT) è classificato in accordo alla Norma di riferimento CEI EN 62271-200 come segue:

36kV-20kA-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 di MT sia lato rete che lato campo;
- nr. 2 (nr.1 in caso di cabina singola) per la protezione trasformatore MT/BT, con un relè di protezione dedicato per le protezioni:
 - massima corrente di fase con ritardo intenzionale (51) ed istantanea (50);
 - massima corrente omopolare per la rimozione dei guasti monofase a terra (51N).

3.4.5 Sezione Ausiliari

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

- Quadro di alimentazione sezione ausiliari;
- Trasformatori BT/BT (isolato in resina) di potenza nominale pari a 30-50 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.

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

- Un quadro UPS per alimentazione di emergenza (6kVA – 230/230V, autonomia 2h@ 200 VA).

3.5 Cabina MT di smistamento

Lungo il confine Sud dell'impianto fotovoltaico sarà ubicata una cabina di smistamento in media tensione, esercita a 30kV-50Hz, avente lo scopo principale di veicolare la produzione energetica proveniente dalle cabine di trasformazione ubicate nel campo FV verso la stazione elettrica di trasformazione MT/AT, tramite un cavidotto interrato in media tensione.

La cabina sarà costituita da elementi prefabbricati di tipo containerizzato (container marino Hi-Cube da 40'' con dimensioni pari a 12,2x2,44x2,9 m; peso indicativo di 12 t), realizzati in acciaio galvanizzato a caldo 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 cabine elettriche", di cui di seguito si riporta un estratto:

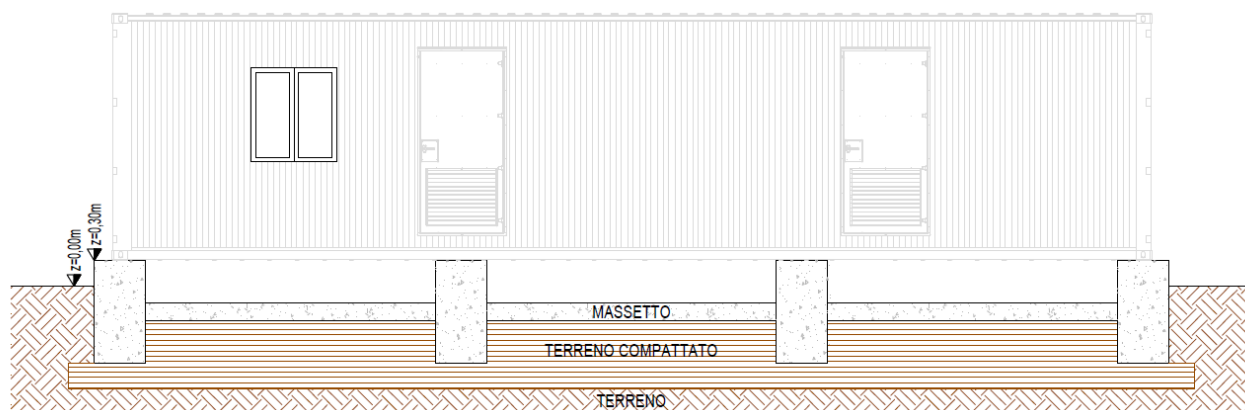


Figura 9 - Cabina MT di smistamento - Vista esterna e fondazioni

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

- Nr. 1 locale tecnico con Quadro MT e sezione ausiliari con trasformatore da 100kVA,
- Nr. 1 locale libero con una postazione SCADA di controllo impianto ed area dedicata ad un minimo di magazzino.

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

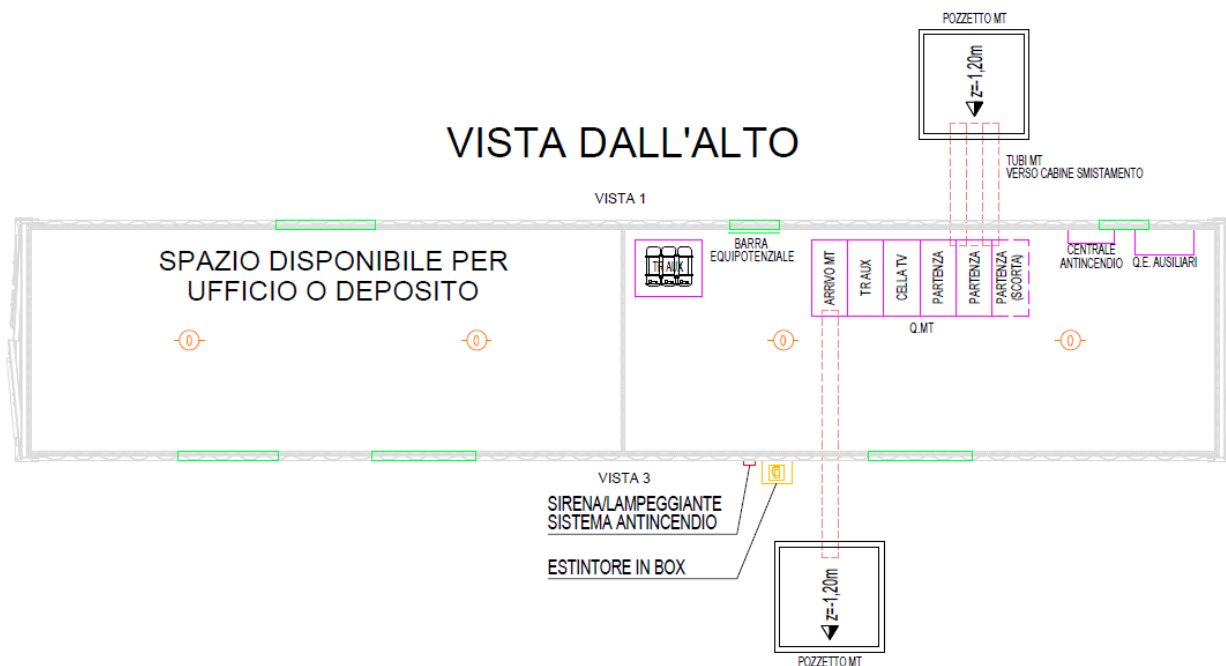


Figura 10 - Cabina MT di smistamento - Vista in pianta

Il quadro di media tensione (QMT) è classificato in accordo alla Norma di riferimento CEI EN 62271-200 come segue:

36kV-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 dalle seguenti unità:

- nr. 2 unità per la protezione delle linee MT provenienti dal campo FV, in configurazione radiale, ciascuna di esse è quindi accessoriata con un relè avente le seguenti protezioni MT:
 - massima corrente di fase con ritardo intenzionale (50) ed istantanea (51);
 - massima corrente direzionale omopolare per l'apertura in caso di guasto a terra (67N).
- nr. 1 partenza per la protezione del trasformatore ausiliari con sezionatore-fusibile MT;
- nr. 1 scomparto TV per l'alloggio dei trasformatori di misura di tensione che servono per il controllo dei parametri elettrici di sbarra MT;
- nr. 1 scomparto partenza cavi MT che va verso la cabina MT di SE di Trasformazione;
- nr. 1 scomparto di riserva.

La sezione ausiliari sarà completata da un trasformatore MT/BT (resina E2C2F1, 30/0.4kV, installato nel locale tecnico di cabina) di potenza nominale pari a 100 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).

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

3.6 Sottostazione Utente di Trasformazione AT/MT

La sottostazione utente sarà ubicata all'interno della sottostazione condivisa da realizzarsi in posizione adiacente al futuro ampliamento della SE Genzano 380/150 kV, ed interesserà una superficie pari a circa 800 m².

Di seguito è riportato il layout della sottostazione utente, per ulteriori dettagli in merito alle modalità di realizzazione delle opere di connessione alla RTN, nonché alle sezioni condivise di tali opere, si rimanda agli elaborati relativi al PTO – Piano Tecnico delle Opere di connessione.

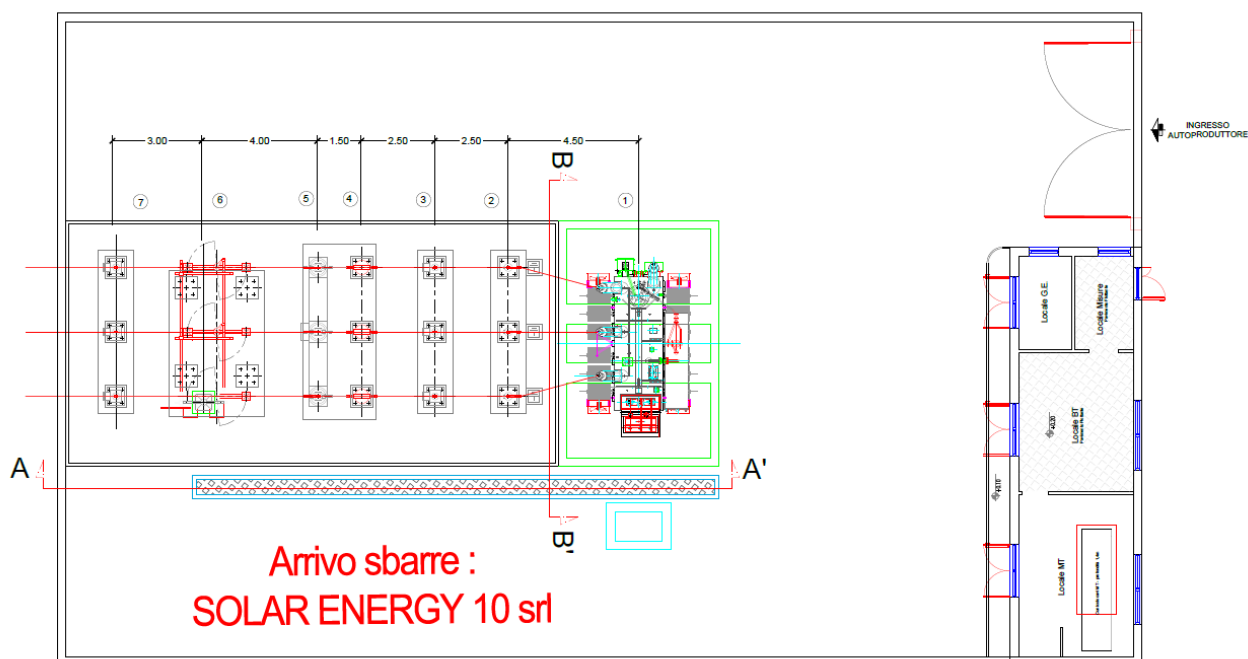


Figura 11 - Layout della sottostazione utente

La sottostazione Utente Produttore è costituita essenzialmente da:

- Componenti ed organi di manovra in Alta Tensione;
- Nr. 1 Trasformatore AT/MT;
- Cabina di Sottostazione;
- Accessori (sistema antintrusione, illuminazione, protezione scariche atmosferiche, etc).

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

3.6.1 Componenti ed organi di manovra in Alta Tensione

I componenti ed organi di manovra in Alta Tensione e le loro funzionalità sono ben indicate nello schema unifilare di PTO, e riassumibili essenzialmente in:

- Nr. 1 terminazione per l'uscita in cavo AT verso la SE Condivisa a 150kV;
- N°1 stallo di Alta Tensione per la manovra e protezione del trasformatore, essenzialmente composta da:
 1. Scaricatore di sovratensione AT;
 2. Trasformatori di corrente (TA) e di tensione (TV) induttivi;
 3. Interruttore tripolare AT;
 4. Sezionatore tripolare AT con lame di terra.
- Nr. 1 linea in uscita di Media Tensione, provvisto di sezionatore a doppia apertura laterale con lame di terra.

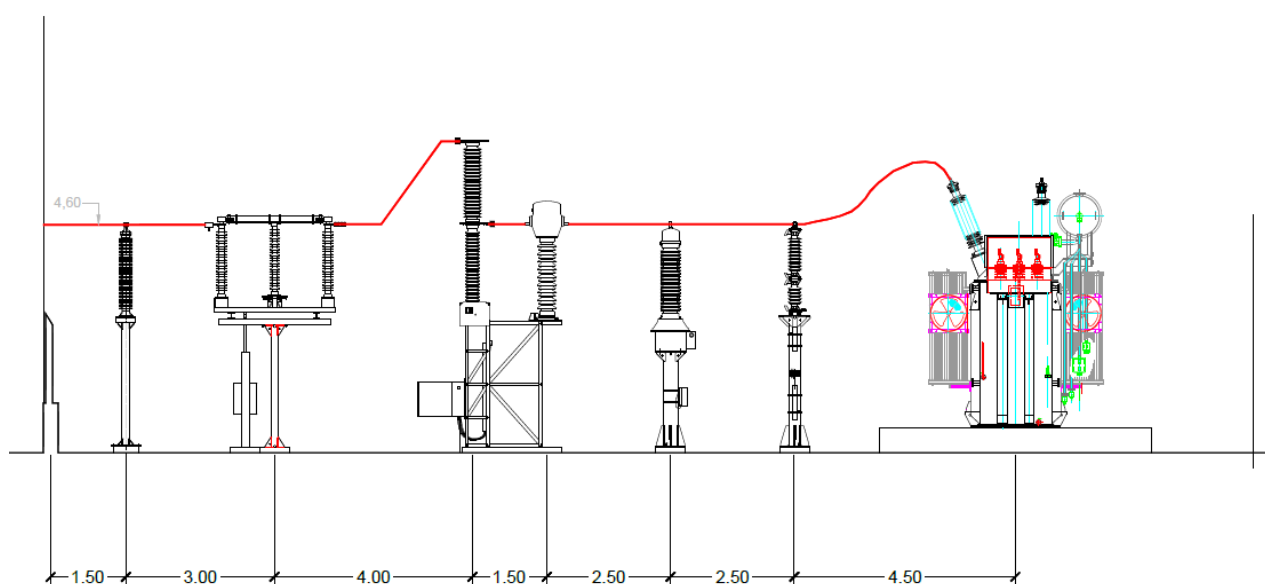


Figura 12 - Vista laterale delle apparecchiature elettromeccaniche in AT

Per ulteriori dettagli in merito alle sovramenzionate apparecchiature si rimanda alla relazione dedicata al PTO.

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

3.6.2 Trasformatore AT/MT

È prevista l'installazione di un singolo trasformatore MT/AT da 20 (24) MVA.

Si riportano nella tabella seguente i dati di targa del trasformatore AT/MT.

Caratteristiche costruttive	ONAN / ONAF (Olio minerale)
Potenza	20 / 24 MVA
Gruppo vettoriale	YNd11
Tensione primario - V_1	150'000 V
Tensione secondario - V_2	30'000 V
Regolazione Tensione primaria	$\pm 12 \times 1,25\%$
Frequenza nominale	50 Hz
V_{cc}	10%
Rendimento (indice PEI)	99,684%
Dimensioni	5,6 x 4,8 x 3,5 [m]
Peso	28 t con olio 20 t senza olio

Il massimo volume d'olio previsto per ciascuna macchina sarà non superiore a 9'200 litri.

Il trasformatore sarà installato all'interno di apposita vasca di fondazione per la raccolta oli, realizzata in cemento ed opportunamente trattata al fine di essere impermeabile agli oli stessi.

La superficie in pianta della vasca, al netto dello spazio occupato dal trasformatore, sarà pari a circa 50m², ed avrà un'altezza pari a 0.7m, per un volume utile complessivo pari a 35 m³.

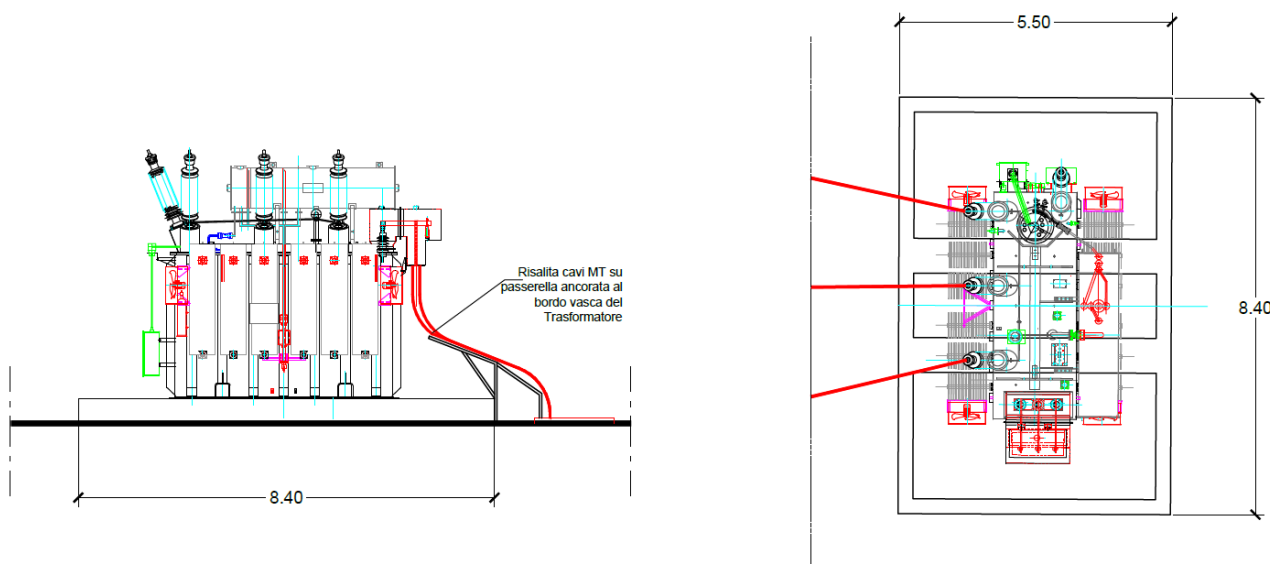
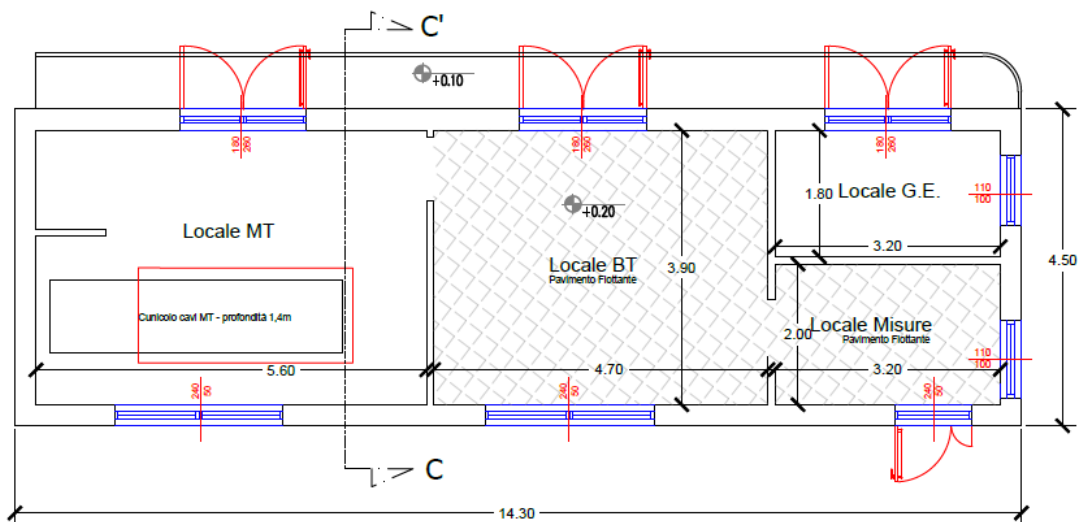


Figura 13 - Viste in sezione e in piante del trasformatore AT/MT

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

3.6.3 Cabina di SE Utente Produttore

La cabina di SE Utente Produttore è essenzialmente costituita da 4 locali tecnici come chiaramente indicato dall'elaborato di riferimento del PTO "Pianta, sezioni e prospetti della stazione utente di trasformazione AT/MT", di cui si riporta di seguito un estratto:



I locali sono:

- Sala di Controllo, dove saranno installati: il quadro di comando delle apparecchiature di AT, i relè di protezione AT, il contatore di energia ed il power plant controller, lo SCADA per la comunicazione con l'operatore di RTN e di supervisione dell'impianto di generazione;
- Locale Bassa Tensione, dove è installato il quadro BT di alimentazione dei servizi ausiliari di SE;
- Il Locale Media Tensione, dove è installato il quadro Media Tensione (QMT) che sarà classificato in accordo alla Norma di riferimento CEI EN 62271-200 come segue:

36kV-25kA-1'250A - LSC2A/PI IAC AFLR 25kA x 3s

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. 1 unità di partenza della linea MT diretta verso l'impianto FV, accessoriata con un relè avente le seguenti protezioni MT:
 - massima corrente di fase con ritardo intenzionale (50) ed istantanea (51);
 - massima corrente direzionale omopolare per l'apertura in caso di guasto a terra (67N).
- Nr. 1 unità TV per i Trasformatori di Misura di Tensione che servono per il controllo dei parametri elettrici del sistema di sbarre MT generale;
- nr. 1 unità per la protezione trasformatore sezione ausiliari di SE;
- Nr. 1 unità di arrivo delle linee MT dal trasformatore AT/MT, le cui protezioni ed il comando saranno necessariamente coordinate con le protezioni lato AT.

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

3.7 Collegamenti elettrici

I cavi previsti nell'impianto di generazione fotovoltaica, sono essenzialmente:

- Cavi in CC - Cavi di stringa: ovvero i cavi CC che collegano la stringa al quadro di parallelo stringa (di seguito SB);
- Cavi in CC - Cavi di SB: ovvero i cavi CC che collegano gli SB all'inverter;
- Cavi in MT: ovvero i cavi MT utilizzati nelle linee radiali interne al campo fotovoltaico verso la Cabina di SE, interna al campo fotovoltaico, e l'elettrodotto MT di connessione del campo FV con la sottostazione di trasformazione AT/MT;
- Altri cavi: quali ad esempio i cavi di alimentazione dei tracker, cavi dei sistemi di sicurezza, etc.

Il dimensionamento dei cavi eserciti in BT (in corrente continua) ed in MT (in corrente alternata), utilizzati per il trasporto di energia dai moduli FV alle cassette di parallelo stringa, quindi alle cabine di trasformazione, ed infine alle cabine di smistamento MT fino al punto di consegna, è stato effettuato tenendo conto dei seguenti criteri di verifica:

- verifica della portata di corrente e coordinamento protezioni;
- verifica della caduta di tensione;
- verifica della tenuta al corto circuito;
- verifica delle perdite.

Per i calcoli dettagliati relativi alle caratteristiche di cavi e cavidotti, nonché al dimensionamento dei cavi si rimanda all'elaborato dedicato "*Relazione preliminare degli impianti*".

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

3.7.1 Cavi in corrente continua (BT)

I cavi in corrente continua sono necessari per raggruppare i moduli fotovoltaici e rendere disponibile questa energia in ingresso lato CC dell'inverter.

I moduli fotovoltaici di per sé stessi sono forniti già dotati di cavi e relativo connettore CC (uno per il polo negativo, uno per il polo positivo), ma di lunghezza tale da permettere il solo collegamento tra moduli fotovoltaici contigui. Verranno quindi collegati in serie tra di loro fino a comporre una stringa, che in questo progetto è composta dalla serie di 26 moduli FV del costruttore Jinko, serie TigerNeo e modello JKM615N-78HL4-BDV, e presentano una potenza nominale a STC³ pari a 615 Wp.

Il cavo di collegamento di questa stringa è chiamato cavo di stringa e per questo progetto è stato selezionato un cavo del tipo H1Z2Z2-K.

Dato che l'inverter è di tipologia centralizzato, ed in particolare del costruttore Siemens da 4'100 kVA, le stringhe che devono arrivare al suddetto inverter sono in numero considerevole, in particolare fino a 260 stringhe per inverter → 520 cavi di stringa – positivo e negativo – per inverter; risulta quindi evidente la necessità di prevedere direttamente in campo a dei quadri di primo parallelo DC, detti string box (SB di seguito), che in ingresso avranno un certo numero di stringhe (in questo progetto fino a 20 stringhe per SB), che collegheranno in parallelo, rendendo disponibile in uscita una potenza maggiore.

I cavi di collegamento degli SB sono chiamati cavi di SB e per questo progetto è stato scelto il cavo tipo ARG16R16.

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.

³ STC - Standard Test Conditions: irraggiamento solare 1000 W/m², temperatura modulo FV 25°C, Air Mass 1,5

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

3.7.1.1 Cavi di Stringa – Configurazione e modalità di Installazione

I cavi in corrente continua sono necessari per attestare le stringhe, composte da moduli FV collegati in serie, all'inverter. Di seguito sono riassunti i dati principali del cavo in oggetto; si rimanda all'appendice per il datasheet completo.

Tabella 7 - Principali caratteristiche cavi DC-BT.

H1Z2Z2K		
Tratta	Stringhe – Inverter	
Conduttore	Rame stagnato - flessibile	
Isolante	Mescola LSOH (Low Smoke Zero Halogen)	
Guaina esterna	PVC	
Temperatura minima di posa	[°C]	-40
Temperatura massima di esercizio	[°C]	90
Tensione di isolamento DC	[V]	1800
Sezione Minima*	[mm ²]	4
Sezione Massima*	[mm ²]	10
Portata corrente per Sezione Minima*	[A] @ 60 °C	55
Portata corrente per Sezione Massima*	[A] @ 60 °C	95

* Range di sezioni comunemente utilizzate, nelle tabelle seguenti sono riportati i valori di portata per diverse tipologie di sezione.

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.

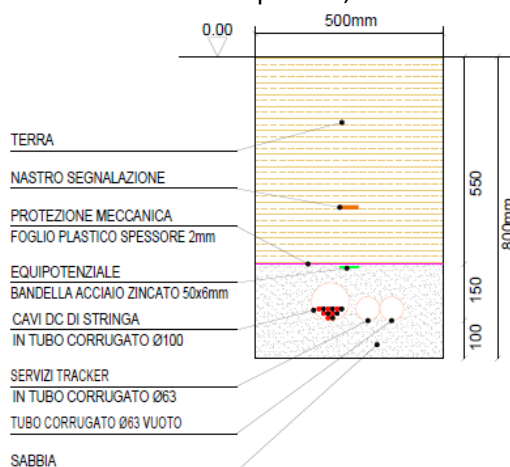


Figura 14 - modalità di installazione cavi DC - BT

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

3.7.1.2 Cavi SB – Configurazione e modalità di Installazione

I cavi saranno installati:

- direttamente interrati lungo tutto il percorso, disposti in piano nel cavidotto;
- all'interno di tubo corrugato, (un tubo per cavi SB) in uscita dallo SB per evitare l'irraggiamento diretto; l'altra estremità, arrivando già dal terreno, raggiungerà il fondo dell'inverter in aria libera;

Come già specificato nel paragrafo precedente è scelto il cavo in Alluminio, tipo ARG16R16; la configurazione prevista in questa fase di progettazione definitiva è la seguente:

$$2x(1x300) \text{ mm}^2$$

In fase di progettazione esecutiva/costruttiva, potranno essere ottimizzate le configurazioni cavi, prevedendo cavi con sezione inferiore in funzione della distanza del collegamento.

Di seguito si riportano le principali caratteristiche tecniche del cavo selezionato e un estratto delle sezioni tipo dei cavidotti:

ARG16R16		
Tratta	Inverter - QBT	
Conduttore	Alluminio - rigida	
Isolante	HEPR di qualità G16	
Guaina esterna	PVC	
Temperatura minima di posa	[°C]	0
Temperatura massima di esercizio	[°C]	90
Tensione di isolamento U0 - AC	[V]	600
Tensione di isolamento U - AC	[V]	1000
Sezione Minima*	[mm ²]	50
Sezione Massima*	[mm ²]	500
Portata corrente per Sezione Minima*	[A] @ interrato a 20 °C	167
Portata corrente per Sezione Massima*	[A] @ interrato a 20 °C	578

La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione larga da 500 a 1'200mm (a seconda del numero di cavi DC da posizionare) 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 SB 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.

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

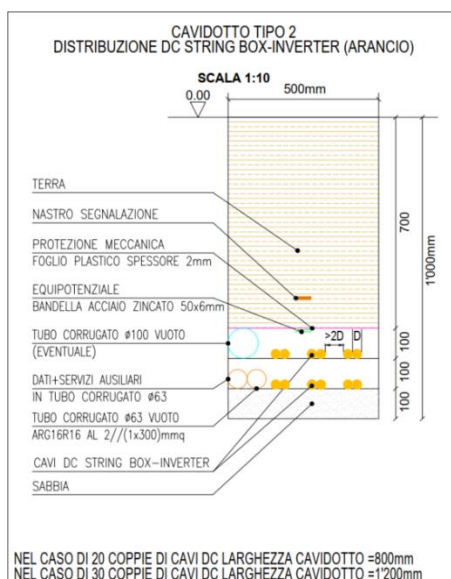


Figura 15 - modalità di installazione cavi String box

3.7.2 Cavi in corrente alternata (MT)

I cavi in Media Tensione sono necessari per collegare in parallelo le varie cabine di trasformazione sparse per il Campo Fotovoltaico fino a raggiungere la Cabina MT di smistamento interna al campo FV e successivamente la sottostazione di trasformazione AT/MT tramite un elettrodotto interrato.

La Media Tensione 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 stata scelta una tipologia di cavo in funzione del tipo di collegamento da effettuare:

- cavo tipo ARP1H5EX per i collegamenti di distribuzione radiali di campo fino alla cabina di smistamento;
- cavo tipo ARP1H5(AR)EX per il collegamento tra la cabina di smistamento e la SE Condivisa di trasformazione.

3.7.2.1 Cavi di Distribuzione MT

I cavi saranno installati:

- direttamente interrati lungo tutto il percorso, disposti a trifoglio nel cavidotto;
- all'interno di tubo corrugato, (un tubo per cavi MT) in entrata/uscita nel tratto di collegamento tra pozzetto e cabine di trasformazione e/o cabina MT di SE Utente Produttore; arrivando in fondazione già sottoterra, raggiungerà il fondo dei quadri MT in aria libera.

Come già specificato nel paragrafo precedente è scelto il cavo in Alluminio tipo ARP1H5EX, mentre la configurazione prevista sarà in funzione del numero di cabine del quale è necessaria trasportare l'energia. Nelle distribuzioni secondarie saranno previste le seguenti configurazioni:

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

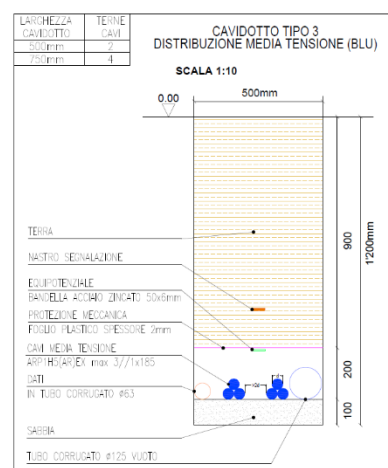
Collegamento cabine di trasformazione →	3// (1x120) mm ²
Collegamento cabine di trasformazione →	3// (1x150) mm ²
Collegamento cabine di trasformazione →	3// (1x185) mm ²

In fase di progettazione esecutiva/costruttiva, potranno essere ottimizzate le configurazioni cavi, prevedendo cavi con sezione inferiore in funzione della distanza del collegamento e della corrente da trasportare.

Si rimanda allo schema unifilare per maggiori dettagli riguardo ai collegamenti.

Di seguito vengono riportate le principali caratteristiche del cavo selezionato.

Modello	ARP1H5EX
Conduttore	Corda compatta a fili di alluminio (CEI 20-29, classe 2)
Isolante	HPTE (elastomero termoplastico)
Guaina	Polietilene
Temperatura di esercizio	0 – 105°C
Tensione nominale U_o/U (Um)	18/30 (36) kV
Sezione conduttore	120 / 150 /185 mm ²
Portata corrente [A]	A trifoglio direttamente interrati: 120 mm ² : 306 A 150 mm ² : 341 A 185 mm ² : 387 A



La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione larga da 500 a 750mm (a seconda del numero di cavi MT da posizionare) 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 MT opportunamente distanziati tra di loro (>2D con D diametro del cavo MT);
- 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.

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

3.7.3 Elettrodotto MT esterno all'impianto

La Media Tensione verrà esercita con un Sistema Trifase 3F-Neutro Isolato (collegamento lato secondario del trasformatore AT/MT a triangolo).

I cavi saranno installati:

- direttamente interrati lungo tutto il percorso, disposti a trifoglio nel cavidotto;
- all'interno di tubo corrugato, (un tubo per cavi MT) in entrata/uscita nel tratto di collegamento tra pozzetto e cabine di trasformazione e/o cabina MT di SE Utente Produttore; arrivando in fondazione già sottoterra, raggiungerà il fondo dei quadri MT in aria libera.

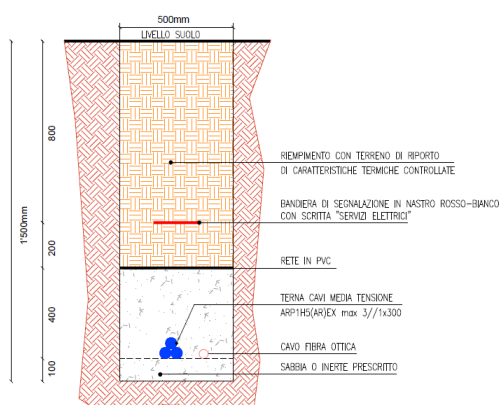
Il cavo selezionato è il cavo in Alluminio tipo ARP1H5(AR)EX, mentre la configurazione prevista sarà:

Cavidotto MT Esterno → 3// [1x(1x300)] mm²

In fase di progettazione esecutiva/costruttiva, potrà essere ottimizzata la configurazione cavi, prevedendo cavi con sezione inferiore in funzione della distanza del collegamento e della corrente da trasportare.

Di seguito vengono riportate le principali caratteristiche del cavo selezionato.

Modello	ARP1H5(AR)EX
Conduttore	Corda compatta a fili di alluminio (CEI 20-29, classe 2)
Isolante	HPTE (elastomero termoplastico)
Guaina	Polietilene (DMP2)
Temperatura di esercizio	0 – 90°C
Tensione nominale U_o/U (Um)	18/30 (36) kV
Sezione conduttore	300 mm ²
Portata corrente [A]	A trifoglio direttamente interrati: 300 mm ² : 486 A



La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione larga da 500mm 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 MT opportunamente distanziati tra di loro (>2D con D diametro del cavo MT);
- 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.

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

In talune sezioni, ed in particolare in corrispondenza dell'attraversamento delle interferenze lungo il percorso, il cavidotto sarà differente, per cui ogni terna di cavi, mantenendo la configurazione a trifoglio, entrerà in un tubo corrugato di diametro 300mm e verrà installato posato con la tecnica Trivellazione Orizzontale Controllata (di seguito TOC). Nell'elaborato grafico dedicato (*Cavidotto MT – Interferenze su CTR*) sono state individuate le interferenze del percorso del cavidotto MT ed indicata la modalità di risoluzione di tale interferenza.

3.7.4 Altri cavi

Di seguito l'indicazione delle caratteristiche degli altri cavi previsti all'interno dell'Impianto Fotovoltaico.

3.7.4.1 Cavi nella Cabina di Trasformazione MT/BT

La cabina di trasformazione MT/BT è quell'insieme di componenti atti a rendere disponibile l'energia prodotta da un certo numero di inverter in Media Tensione. I componenti principali sono:

- Inverter centralizzato, ovvero la macchina elettrica che effettua la conversione dell'energia prodotta da corrente continua ad alternata;
- Trasformatore MT/BT, ovvero la macchina elettromeccanica che trasforma l'energia resa disponibile nel QPCA da Bassa a Media Tensione;
- QMT (Quadro Media Tensione), ovvero il quadro che rende disponibile i cavi MT per la distribuzione MT.

La fornitura ed il dimensionamento dei cavi elettrici all'interno di ogni cabina sono da considerarsi come inclusi nella fornitura della cabina di trasformazione.

3.7.4.2 Cavi nella Sottostazione di Trasformazione AT/MT

La sottostazione di trasformazione AT/MT è quell'insieme di componenti atti a rendere disponibile l'energia da Media Tensione in Alta Tensione, nello specifico caso da 30'000 a 150'000V. I componenti principali sono:

- Componenti ed organi di manovra in Alta Tensione per la protezione e distribuzione dell'Alta Tensione;
- Trasformatore AT/MT, ovvero la macchina elettromeccanica che trasformano l'energia resa disponibile da Media Tensione dal Campo FV ad Alta Tensione per la Rete di Trasmissione Nazionale (RTN);
- QMT (Quadro Media Tensione), ovvero il quadro che rende disponibile i cavi MT per la distribuzione MT.

È prevista un'unica sottostazione AT/MT.

La fornitura ed il dimensionamento dei cavi elettrici all'interno di ogni sottostazione sono da considerarsi come inclusi nella fornitura della sottostazione, per cui il dimensionamento di cavi MT sarà definito in fase di progettazione esecutiva e a cura del fornitore della Sottostazione.

3.7.4.3 Cavi Alimentazione Trackers

I cavi di alimentazione trackers sono cavi di bassa tensione utilizzati per alimentare i motori presenti sulle strutture, responsabili del movimento delle strutture attorno all'asse Nord-Sud, in modo che i moduli fotovoltaici ad essa fissati, siano sottoposti al massimo irraggiamento lungo tutto il movimento giornaliero del sole.

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

Questi cavi sono alloggiati sia sulle strutture che interrati. Si utilizzerà un cavo per energia, isolato con gomma etilpropilenica ad alto modulo di qualità G7, sotto guaina di PVC, non propagante l'incendio, a ridotta emissione di gas corrosivo e con una mescola che lo renda installabile ad aria aperta.

3.7.4.4 Cavi di sicurezza e sorveglianza

Il sistema di sicurezza e videosorveglianza utilizza:

- Telecamere per vigilare l'area della recinzione (motion detection con illuminazione IR notturna);
- Telecamere tipo DOME nei punti strategici ed in corrispondenza delle cabine di trasformazione;
- Sistema di illuminazione da utilizzare come deterrente (nel caso il motion detection rilevi un'intrusione, l'illuminazione relativa a quella zona viene attivata).

3.7.4.5 Cavi Dati

I cavi dati sono i cavi di trasmissione di tutti i dati dei vari sistemi.

Le tipologie di cavo possono essere di due tipi:

- cavo RS485 per tratte di cavo di lunghezza limitata (tipicamente <100m);

cavo in fibra ottica, per tratti di cavo più lunghi.

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

3.8 Protezioni elettriche

Protezione contro cto-cto

Per la porzione di rete elettrica in corrente continua, in caso di corto circuito la corrente (I_{sc}) è limitata a valori di poco superiori alla corrente di massima potenza (I_{mpp}) dei moduli fotovoltaici. Tali valori sono dichiarati dal costruttore e riportati sul datasheet del modulo FV. A protezione dei circuiti sono presenti, nelle cassette di stringa nonché nella sezione di input degli inverte centralizzati, appositi fusibili.

Nella sezione in corrente alternata la protezione è costituita da appositi interruttori automatici opportunamente dimensionati (per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati specifici).

Protezione dai contatti diretti

La protezione dai contatti diretti è assicurata dall'implementazione dei seguenti accorgimenti:

- Installazione di prodotti con marcatura CE (secondo la direttiva CEE 73/23);
- Utilizzo di componenti con adeguata protezione meccanica (IP);
- Collegamenti elettrici effettuati mediante cavi rivestiti con guaine esterne protettive, con adeguato livello di isolamento e alloggiati in condotti porta-cavi idonei in modo da renderli non direttamente accessibili (quando non interrati).

Protezione dai contatti indiretti

Le masse delle apparecchiature elettriche situate all'interno delle varie cabine sono collegate all'impianto di terra principale dell'impianto.

Per i generatori fotovoltaici viene adottato il doppio isolamento (apparecchiature di classe II). Tale soluzione consente, secondo la norma CEI 64-8, di non prevedere il collegamento a terra dei moduli e delle strutture che non sono classificabili come masse.

Protezione dalle scariche atmosferiche

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

Per quanto riguarda la fulminazione indiretta, bisogna considerare che l'abbattersi di un fulmine in prossimità dell'impianto può generare disturbi di carattere elettromagnetico e tensioni indotte sulle linee dell'impianto, tali da provocare guasti e danneggiarne i componenti. Per questo motivo gli inverter sono dotati di un proprio sistema di protezione da sovratensioni, sia sul lato in corrente continua, sia su quello in corrente alternata.

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

3.9 Impianto di Terra

L'impianto di terra è un elemento fondamentale di ogni impianto elettrico e serve per dare un riferimento di terra ($R \sim 0 \Omega$) a tutto l'impianto elettrico. In questo impianto di generazione fotovoltaico sono presenti essenzialmente due macro tipologie di impianto:

- l'impianto di generazione fotovoltaica, a sua volta suddiviso in campi fotovoltaici, ognuno chiaramente delimitato da un proprio sistema di recinzioni;
- l'impianto di sottostazione di trasformazione Alta – Media Tensione, chiaramente delimitato da proprio sistema di recinzioni.

3.9.1 Impianto di terra dell'Impianto Fotovoltaico

L'impianto di terra di un impianto di generazione fotovoltaico si sviluppa lungo un'area particolarmente estesa e quindi esistono regole precise da seguire per realizzare un'unica rete equipotenziale con la Struttura FV, estesa fino alle cabine di trasformazione, ed alla cabina generale MT. A seconda della sezione dell'impianto fotovoltaico, verrà definita una metodologia di realizzazione di questa rete equipotenziale, dai moduli e strutture fotovoltaiche (i cui pali infissi nel terreno avranno funzione di tanti picchetti di dispersione) fino a cabine siano esse di trasformazione o di smistamento (attorno alle quali verrà realizzato un anello perimetrale con picchetti ai vertici, con doppio collegamento alla cabina).

3.9.2 Impianto di terra per le Sottostazioni Alta Tensione

L'impianto di terra della sottostazione con Alta Tensione sarà immerso nel fondo della fondazione di appoggio di tutte le apparecchiature Alta Tensione; l'impianto di terra sarà costituito da una rete magliata costituita da una corda di rame nuda di sezione pari a 95mm^2 disposti in modo da formare dei quadrati di lato pari a circa 4 metri; ai capi di ogni tratto della rete saranno previsti dei dispersori a picchetto per infissione profonda. Saranno previsti opportuni morsetti sempre di rame per garantire la continuità tra le corde nude e tutte le derivazioni verso l'alto. Ogni apparecchiatura di Alta Tensione avrà un collegamento della propria massa a derivazioni provenienti direttamente dalla rete di terra.

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

3.10 SCADA/monitoraggio

L'impianto fotovoltaico sarà dotato di un sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) in grado di effettuare il monitoraggio del suo funzionamento al fine di verificare costantemente la corretta operatività dei suoi componenti e garantire i livelli prestazionali previsti in fase progettuale.

Esso sarà costituito fondamentalmente da:

- sensori e strumenti di misura ubicati in campo (ad es. centraline meteorologiche) e nei quadri elettrici ubicati all'interno delle cabine di trasformazione e smistamento;
- una rete dati, via cavo di segnale (RS485 e fibra ottica), per la lettura delle misure effettuate dai sovra-menzionati sensori, nonché di misure e segnali di allarme provenienti dalle apparecchiature dotate di sistema di comunicazione (es. protocollo ModBus RTU), quali:
 - Inverter centralizzati: misure elettriche in CC e CA quali tensione, corrente, potenza, energia, frequenza, ecc. ed allarmi;
 - Tracker mono-assiali: posizione, consumo elettrico, allarmi, ecc.;
 - Trasformatori: misure elettriche, temperatura interna, stato protezioni, ecc.
 - Contatori energetici, centraline, ecc.
- PC industriali, ubicati presso ciascuna cabina di trasformazione, in grado di gestire il flusso di dati, nonché di ricevere istruzione provenienti dal gestore di rete o da operatore remoto e di inviare comandi ai principali componenti d'impianto (es. setpoint di funzionamento agli inverter);
- Server per la memorizzazione locale di tutti i dati acquisiti, nonché la trasmissione via internet degli stessi presso un server remoto, ubicato in un locale dedicato posizionato all'interno del prefabbricato "O&M + Security".

Presso il campo FV sarà installata una stazione meteorologica dedicata, dotata di strumenti di misura (opportunamente certificati e tarati) in grado di acquisire i parametri necessari alla valutazione delle prestazioni energetiche del generatore FV tramite il calcolo dei principali indicatori prestazionali previsti dalla normativa di settore (IEC 61724-1/2/3).

Ciascuna stazione meteo comprenderà almeno i seguenti sensori:

- Piranometro a termopila per la misura dell'irraggiamento solare globale sul piano orizzontale;
- Piranometri a termopila installati in posizione solidale alle strutture ad inseguimento solare monoassiale per la misura dell'irraggiamento solare globale sul piano dei moduli FV;
- Sensore per la misura della temperatura ambiente (es. PT100);
- Sensori per la misura della temperatura di retro-modulo (es. PT100);
- Anemometro per la misura della velocità del vento dotato di banderuola per misura della direzione del vento;
- Sensori per misura di umidità dell'aria e pressione atmosferica.

Si prevede la realizzazione di un sistema software integrato in grado di consentire una visualizzazione organica di tutti i principali parametri operativi dei sovra-menzionati componenti, tramite apposito sinottico visualizzabile da operatore che consenta un efficace monitoraggio da remoto.

Lo SCADA sarà inoltre in grado di integrare gli allarmi provenienti sia dai singoli componenti (malfunzionamenti), che dagli impianti accessori dell'impianto FV, quale l'impianto anti-incendio e sistema anti-intrusione.

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione

3.11 Impianti di sorveglianza / illuminazione

Al fine di garantire la non accessibilità del sito al personale non autorizzato e l'esercizio in sicurezza dell'impianto FV, esso sarà dotato di un sistema anti-intrusione.

L'impianto FV sarà recintato e ciascun punto di accesso sarà dotato di tastierino numerico per consentire l'accesso al solo personale autorizzato.

Il sistema di vigilanza sarà essenzialmente costituito da videocamere di sorveglianza posizionate:

- lungo la recinzione prevedendo una telecamera su ogni palo dedicato di altezza pari a 5m, ciascuna orientata in modo da guardare la successiva, posta ad una distanza massima pari a 70m, che dovrà essere il raggio d'azione della telecamera stessa. Ogni telecamera sarà inoltre dotata di sensore IR da ¼" per la visione notturna, con campo di funzionamento di circa 100m. Le videocamere saranno posizionate lungo la recinzione perimetrale di ciascun campo ad intervalli di 50÷70m;
- in prossimità di ogni cabina elettrica prevedendo una telecamera per poter controllare e registrare eventuali accessi alle cabine stesse.

Il sistema di vigilanza è completato da una postazione dotata di PC fisso, ubicata in un locale dedicato nel fabbricato adibito a "O&M e Security", tramite la quale sarà possibile visualizzare le video-registrazioni.

È prevista inoltre l'installazione di un sistema di illuminazione esterna perimetrale, costituito da lampade a LED direzionali posizionate su pali, con funzione anti-intrusione, che si accenderà solo in caso di intrusione dall'esterno al fine di minimizzare l'inquinamento luminoso ed il consumo energetico.

In caso di rilevazione di intrusione non autorizzata saranno inoltre attivati allarmi acustici nonché segnalazioni automatiche via GSM/SMS a numeri telefonici pre-impostati.

3.12 Impianti Anti-roditori

Tutte le cabine di trasformazione e di smistamento potranno essere equipaggiate di un proprio impianto anti-roditori ad emissioni di ultrasuoni ad alta frequenza in modo da dissuadere eventuali roditori dal danneggiare i cavi di potenza nel passaggio di vasche di fondazione.

01	16-11-2023	REVISIONE
00	06-08-2021	PRIMA EMISSIONE
Revisione	Data	Descrizione