



REGIONE SICILIA
PROVINCIA DI PALERMO
COMUNE DI PETRALIA SOTTANA



PROGETTO IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA
REALIZZARE NEL COMUNE DI PETRALIA SOTTANA (PA)
CONTRADA CHIBBO', E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE, DI
POTENZA PARI A **32.821,88 kW**, DENOMINATO **CHIBBO'**

PROGETTO DEFINITIVO

Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici del progetto



livello prog.	STMG	N° elaborato	DATA	SCALA
PD	202102497	RS06ADD32	26.06.2023	

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

RICHIEDENTE E PRODUTTORE

HF SOLAR 12 S.r.l.

ENTE

PROGETTAZIONE

HORIZONFIRM
Viale Francesco Scaduto n°2/D - 90144 Palermo (PA)

Arch. A. Calandrino Ing. D. Siracusa
Arch. M. Gullo Ing. A. Costantino
Arch. S. Martorana Ing. C. Chiaruzzi
Arch. F. G. Mazzola Ing. G. Schillaci
Arch. G. Vella Ing. G. Buffa
Dott. Agr. B. Miciluzzo Ing. M. C. Musca



Il Progettista

Il Progettista

**Progetto di un impianto agrivoltaico da 32.821,88 kWp
da realizzare nel territorio Comunale di
Petralia Sottana (PA) denominato
“CHIBBO”**

Codice di Rintracciabilità “202102497”

*Disciplinare descrittivo e prestazionale
degli elementi tecnici*

Progetto definitivo

Potenza del generatore fotovoltaico = 32.821,88 kWp

Potenza nominale impianto = 30.000 kW

Potenza in immissione concessa = 30.000 kW

Sommario

1. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO E CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E STRUTTURALI	1
1.1 Generalità	1
1.2 Layout di impianto	4
2. CARATTERISTICHE TECNICHE	9
2.1 Moduli fotovoltaici	9
2.2 Strutture di supporto	10
2.3 Cavi BT	12
2.4 Quadri parallelo stringhe	15
2.5 Locali Trasformazione	16
2.6 Locali conversione	17
2.7 Locali servizi Ausiliari	18
2.8 Dispositivi di generatore DDG	20
2.9 Trasformatori AT/BT	20
2.10 Linee elettriche a 36 kV in Cavo interrato di collegamento tra il quadro elettrico in cabina di raccolta ed i trasformatori	21
3 Dorsale a 36 kV di collegamento con la sezione a 36 kV della nuova Stazione Elettrica di Trasformazione di Chiaramonte Gulfi	27
3.1 Servizi ausiliari di impianto	28
3.2 Valutazione delle prestazioni degli impianti fotovoltaici in fase di avvio dell'impianto	29
4 SICUREZZA ELETTRICA	32
4.1 Protezione dalle sovracorrenti	32
4.2 Protezione contro i contatti diretti	32
4.3 Protezione contro i contatti indiretti	32

1. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO E CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E STRUTTURALI

1.1 Generalità

La Società “**HF SOLAR 12 S.r.l.**” (del gruppo **Id-Group**) intende realizzare un impianto di produzione di energia elettrica da fonte energetica rinnovabile, attraverso tecnologia fotovoltaica, integrato da attività agricola, da connettere alla Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale RTN. Come riscontrabile dalle tavole di progetto allegate, l'impianto di produzione ha una potenza complessiva di **32.821,88 kWp**.

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte energetica rinnovabile, attraverso tecnologia fotovoltaica, integrato da attività agricola, all'interno del territorio comunale di Petralia Sottana (PA) in Località Chibbò, su lotti di terreno distinto al N.C.T. Foglio 115, p.lle 16, 53, 54, 69, 87, 88, 89, 90, 91, 146, 193, 194, 195 e delle annesse opere di connessione a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150/36 kV della RTN, da inserire in entra – esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN “Chiaromonte Gulfi - Ciminna”, previsto nel Piano di Sviluppo Terna, cui raccordare la rete AT afferente alla SE RTN di Caltanissetta.

Come riscontrabile dalle tavole di progetto allegate, a cui si rimanda per maggiori dettagli, l'impianto ha una potenza di picco, intesa come somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici scelti in fase di progettazione definitiva, pari a **32.821,88 kWp** e realizzato in unico lotto.



Figura 1 - Inquadramento territoriale area di impianto su ortofoto.

Lo schema di connessione alla Rete, prescritto dal Gestore della Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale ed identificato con Codice Pratica 202102497 prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) 380/150/36 V della RTN, da inserire in entra – esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN “Chiaromonte Gulfi - Ciminna”.

Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto in antenna a 36 kV per il collegamento della centrale alla stazione elettrica della RTN, costituisce **Impianto di Utenza per la Connessione**, mentre lo stallo arrivo produttore a 36 kV nella suddetta stazione costituisce **Impianto di Rete per la Connessione**. La restante parte di impianto, a valle dell'impianto di utenza per la connessione, si configura, ai sensi della Norma CEI 0-16, come **Impianto di Utenza**.

Per una maggiore comprensione di quanto descritto, viene riportato lo schema tipico di inserimento in antenna di un impianto di produzione con la sezione a 36 kV di una futura Stazione Elettrica della RTN:

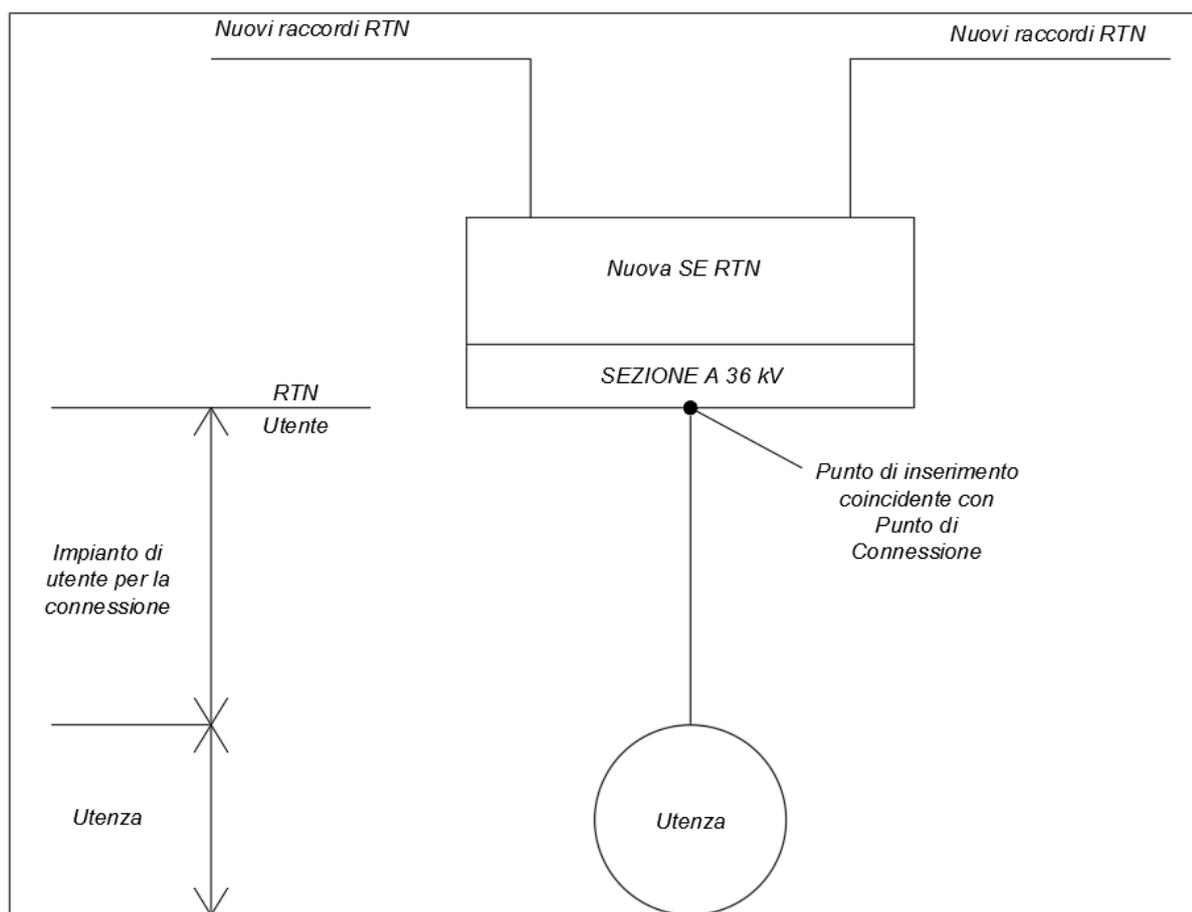


Figura 2 - Inserimento di un impianto di produzione in antenna con la sezione a 36 kV di una nuova Stazione Elettrica RTN

Considerando che l'impianto sarà sottoposto ad *Iter di VIA Nazionale* e ad *Autorizzazione Unica*, ai sensi del D.Lgs. n° 387 del 2003 e s.m.i., la Società Proponente espletterà direttamente la procedura autorizzativa fino al conseguimento dell'autorizzazione, oltre che per l'impianto di produzione e di utenza per la connessione, anche per le Opere di Rete strettamente necessarie per la connessione alla RTN indicate nella "*Soluzione Tecnica Minima Generale di Connessione*" STMG descritta nel preventivo di connessione sopra citato.

Il progetto dell'Impianto di Rete per la connessione, verrà elaborato in piena osservanza della "*Soluzione Tecnica Minima Generale*" e sottoposto al Gestore di Rete ai fini della verifica di congruità e rilascio del parere tecnico di rispondenza.

1.2 Layout di impianto

L'impianto di produzione di energia elettrica oggetto dell'iniziativa intrapresa dalla Società "HF SOLAR 12 S.r.l.", ha una potenza di picco, intesa come somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici scelti in fase di progettazione definitiva, pari a 32.821,88 kWp e, conformemente a quanto prescritto dal Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale, verrà collegato in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) 380/150/36 V della RTN, da inserire in entra – esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN "Chiaramonte Gulfi - Ciminna", previsto nel Piano di Sviluppo Terna, cui raccordare la rete AT afferente alla SE RTN di Caltanissetta:



Figura 3 - Inquadramento territoriale area di impianto su ortofoto

Il generatore fotovoltaico, ovvero la parte di impianto che converte la radiazione solare in energia elettrica sfruttando l'effetto fotovoltaico, è stato dimensionato applicando il criterio della superficie utile disponibile, tenendo conto dei distanziamenti da mantenere tra i filari delle strutture sub verticali fisse a 35° per evitare fenomeni di auto-ombreggiamento (che influiscono sulla producibilità

energetica) e garantire adeguati spazi per la conduzione dell'attività agricola, degli ingombri delle Cabine di Conversione e Trasformazione dell'energia elettrica prodotta e della cabina di raccolta. Si è scelto di utilizzare moduli fotovoltaici da **710 Wp BIFACCIALI**, i quali, tra le tecnologie attualmente disponibili in commercio, presentano rendimenti di conversione più elevati.

Definito il layout di impianto, il numero di moduli della stringa e il numero di stringhe da collegare in parallelo, sono stati determinati coordinando opportunamente le caratteristiche dei moduli fotovoltaici con quelle degli inverter scelti, rispettando le seguenti 4 condizioni:

1. la massima tensione del generatore fotovoltaico deve essere inferiore alla massima tensione di ingresso dell'inverter;
2. la massima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico non deve essere superiore alla massima tensione del sistema MPPT dell'inverter;
3. la minima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico non deve essere inferiore alla minima tensione del sistema MPPT dell'inverter;
4. la massima corrente del generatore fotovoltaico non deve essere superiore alla massima corrente in ingresso all'inverter.

Complessivamente si dovranno realizzare **1651 stringhe elettriche costituite da 28 moduli da 710Wp in serie e 120 inverter Centralizzati** scelti.

Le stringhe fotovoltaiche saranno collegate in parallelo tra loro attraverso appositi **quadri di parallelo stringhe**, alloggiati direttamente sulle strutture di supporto dei moduli fotovoltaici. Da ciascun quadro di parallelo, partirà una linea in corrente continua che arriverà fino al locale inverter dove verrà eseguito il collegamento al corrispondente inverter.

Le linee in corrente alternata alimentate dagli inverter di uno stesso sottocampo, saranno collegate ad un **quadro elettrico generale di bassa tensione** equipaggiato con **dispositivi di generatore** (tipicamente interruttori automatici di tipo magnetotermico-differenziale) uno per ogni inverter e un interruttore automatico generale di tipo magnetotermico, attraverso il quale verrà realizzato il collegamento con l'avvolgimento di bassa tensione del trasformatore BT/AT.

Per ogni sottocampo si utilizzerà un **trasformatore elevatore**, la cui funzione è quella di innalzare la tensione del generatore fotovoltaico al livello necessario per eseguire il collegamento con la SE della RTN.

I trasformatori saranno alloggiati in appositi locali di conversione-trasformazione, disposti in posizione baricentrica rispetto ai generatori, in modo tale da ridurre le perdite per effetto Joule sulle linee di bassa tensione in corrente continua e in corrente alternata.

I trasformatori dell'impianto in questione saranno alimentati da linee elettriche in cavo interrato del tipo **ARE4H5EX a 36 kV** in conformazione e dimensione consultabili nella relazione di Dimensionamento delle linee elettriche. Le stesse si svilupperanno secondo il tracciato indicato nelle tavole allegate.

Come deducibile dalle stesse tavole di layout allegate e dallo schema elettrico unifilare dell'impianto (a cui si rimanda per una maggiore comprensione di quanto descritto), la sezione di generazione è stata suddivisa in **15 sottocampi fotovoltaici**, aventi le potenze di seguito elencate:

- Sottocampo fotovoltaico n°1, da 2.186,80 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°2, da 2.186,80 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°3, da 2.186,80 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°4, da 2.186,80 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°5, da 2.186,80 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°6, da 2.186,80 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°7, da 2.186,80 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°8, da 2.186,80 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°9, da 2.186,80 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°10, da 2.186,80 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°11, da 2.186,80 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°12, da 2.186,80 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°13, da 2.186,80 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°14, da 2.186,80 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°15, da 2.206,68 kWp;

Per ciascun sottocampo fotovoltaico è previsto un **“locale di Conversione e Trasformazione dell'energia elettrica prodotta”**, si precisa che la scelta potrà subire modifiche in fase di progettazione esecutiva.

Le cabine elettriche verranno interconnesse tra loro in entra-esce a mezzo di linee elettriche in cavo interrato a 36 kV a struttura radiale, e collegate al quadro elettrico generale a 36 kV installato all'interno della **cabina di raccolta**. In particolare, è prevista la realizzazione di n° 3 linee come di seguito indicato:

- Linea n° 1, interconnette le cabine di trasformazione n° 1, 2, 3, 4 e 5;
- Linea n° 2, interconnette le cabine di trasformazione n° 6, 7, 8, 9 e 10;
- Linea n° 3, interconnette le cabine di trasformazione n° 11, 12, 13, 14 e 15;

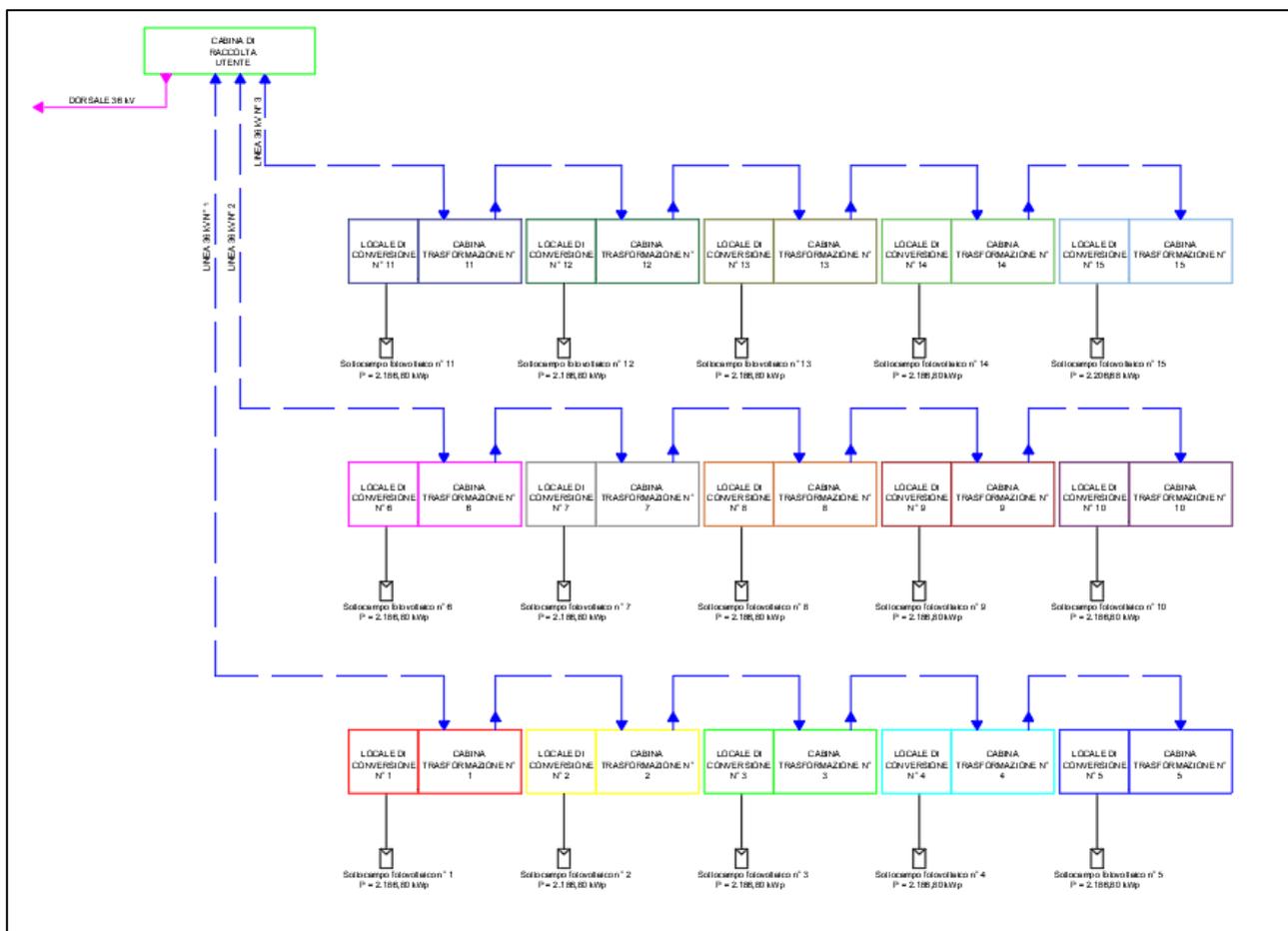


Figura 6 - Schema a blocchi dell'impianto di produzione, con indicazione delle cabine di conversione e trasformazione dell'energia elettrica prodotta, delle linee a 36 kV di interconnessione, della cabina di raccolta e della dorsale a 36 kV di collegamento con la nuova Stazione Elettrica di Chiaramonte Gulfi.

Di seguito si riporta l'insieme degli elementi costituenti l'intero Impianto di Utente:

- 46.228 moduli fotovoltaici da 710Wp;
- 1651 stringhe fotovoltaiche costituite da 28 moduli da 710Wp in serie;
- cavi elettrici di bassa tensione in corrente continua che dai quadri parallelo stringhe arrivano agli inverter;
- N° 120 inverter di stringa con potenza di 250 kVA;
- cavi elettrici di bassa tensione che dagli inverter arrivano ai quadri elettrici BT installati all'interno delle cabine di trasformazione;
- N° 31 quadri elettrici generali di bassa tensione, ciascuno dotato di interruttori automatici di tipo magnetotermico-differenziale (dispositivi di generatore), uno per ogni gruppo di conversione, e un interruttore automatico generale di tipo magnetotermico per la protezione dell'avvolgimento di bassa tensione del trasformatore BT/AT;
- N° 15 trasformatori AT/BT da 2000 kVA;
- N° 15 locali di trasformazione;
- N° 15 locali di conversione;
- N° 15 Locali Servizi Aux
- N° 1 linea elettrica a 36 kV in cavo interrato ARE4H5EX 3x(1x240) mm² lunga circa 700m
- N° 1 linea elettrica a 36 kV in cavo interrato ARE4H5EX 3x(1x240) mm² lunga circa 2000m
- N° 1 linea elettrica a 36 kV in cavo interrato ARE4H5EX 3x(1x240) mm² lunga circa 1700m
- N° 1 Dorsale a 36 kV in cavo interrato ARE4H5EX in formazione [3x(1x630)] mm² lunga circa 12,7 km.

2. CARATTERISTICHE TECNICHE

2.1 Moduli fotovoltaici

Premettendo che i moduli verranno acquistati in funzione della disponibilità e del costo di mercato in sede di realizzazione, in questa fase della progettazione, ai fini del dimensionamento di massima del generatore fotovoltaico si è scelto di utilizzare moduli fotovoltaici **Mysolar Bifacciali da 710 Wp** costituiti da **132 celle in silicio monocristallino**.

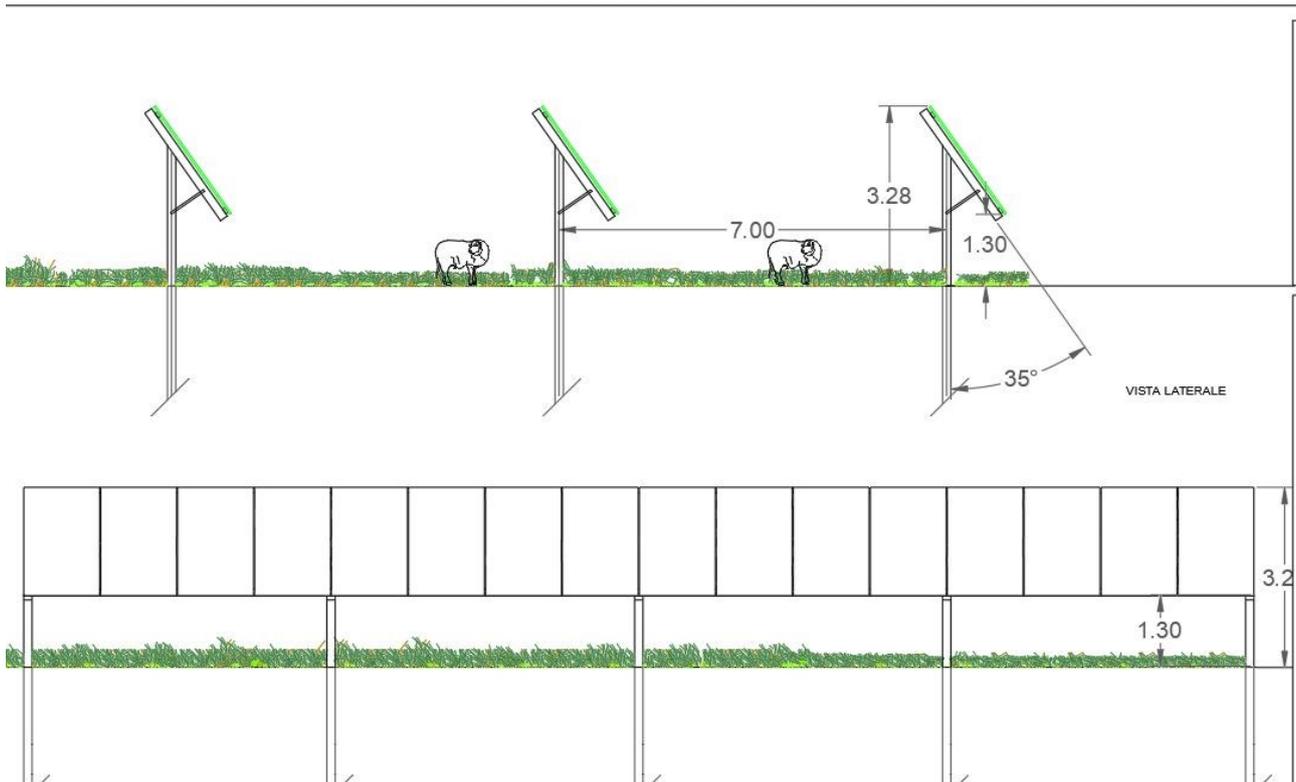
Le caratteristiche elettriche tipiche dei moduli, misurate in condizioni standard **STC (AM=1,5; E=1000 W/m²; T=25 °C)** sono di seguito riportate:

SPECIFICATIONS (STC*)						
Module Type	MS690N-HJTGB	MS695N-HJTGB	MS700N-HJTGB	MS705N-HJTGB	MS710N-HJTGB	
	STC	STC	STC	STC	STC	
Maximum Power (Pmax)	690Wp	695Wp	700Wp	705Wp	710Wp	
Maximum Power Voltage (Vmp)	41.80V	41.95V	42.10V	42.25V	42.40V	
Maximum Power Current (Imp)	16.51A	16.57A	16.63A	16.69A	16.75A	
Open-circuit Voltage (Voc)	49.82V	49.95V	50.13V	50.29V	50.44V	
Short-circuit Current (Isc)	17.31A	17.37A	17.43A	17.49A	17.55A	
Module Efficiency STC (%)	22.21%	22.37%	22.53%	22.69%	22.86%	
Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C					
Maximum System Voltage	1500VDC (IEC)					
Maximum Series Fuse Rating	30A					
Power Tolerance	0~+6W					
Temperature Coefficients of Pmax	-0.260%/°C					
Temperature Coefficients of Voc	-0.240%/°C					
Temperature Coefficients of Isc	0.040%/°C					
Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	42.30±2°C					
REAR SIDE POWER GAIN (BIFACIAL OUTPUT, FOR 700W)						
Power Gain	5%	10%	15%	20%	25%	30%
Maximum Power (Pmax)	735Wp	770Wp	805Wp	840Wp	875Wp	910Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	42.10V	42.10V	42.10V	42.10V	42.10V	42.10V
Maximum Power Current (Imp)	17.45A	18.28A	19.12A	19.95A	20.78A	21.62A
Open-circuit Voltage (Voc)	50.13V	50.13V	50.13V	50.22V	50.22V	50.22V
Short-circuit Current (Isc)	18.30A	19.17A	20.04A	20.92A	21.78A	22.65A
NMOT* (Nominal Module Operating Temperature): Irradiance 800W/sqm, Ambient Temperature 20°C, AM 1.5, Wind Speed 1m/s						

Figura 4: caratteristiche tecniche dei moduli fotovoltaici

2.2 Strutture di supporto

L'impianto progettato si avvale di tipologia di strutture sub-verticali fisse, orientate secondo in direzione Nord-Ovest - Sud-Est. Le strutture sono costituite da tubolari metallici in acciaio opportunamente dimensionati; si attestano ad un'altezza minima da terra di circa 1,30 metri, ed un'altezza massima da terra di circa 3,30 metri.



Tale struttura a reticolo viene appoggiata a pilastri di forma rettangolare di medesima sezione ed infissi nel terreno ad una profondità variabile in funzione delle caratteristiche litologiche del suolo. In fase esecutiva la struttura potrà essere sostituito da analoghi modelli, anche di altri costruttori concorrenti in relazione allo stato dell'arte della tecnologia al momento della realizzazione del Parco, con l'obiettivo di minimizzare l'impronta al suolo a parità di potenza installata.

Si tratta di una struttura metallica costituita essenzialmente da:

Il corpo di sostegno disponibile come sostegno singolo o articolato a seconda del numero di moduli da applicare. La leggerezza dell'alluminio e la robustezza dell'acciaio raggiungono un'ottima combinazione e attraverso il profilo monoblocco vengono evitate ulteriori giunzioni suscettibili alla corrosione e alla maggiore applicazione;

Le traverse sono rapportate alle forze di carico. Tutti i profili sono integrati da scanalature che permettono un facile montaggio. Le traverse sono fissate al sostegno con particolari morsetti. Le traverse sono dotate del pregiato Klick-System;

Le fondazioni costituite semplicemente da un profilato in acciaio zincato a caldo conficcato nel terreno disponibile in più lunghezze standard. La forma del profilo supporta ottimamente i carichi statici e dinamici. Rispetto ai profili laminati il risparmio di materiale è del 50%.

Le strutture di sostegno dei moduli sono costituite da profili metallici in acciaio zincato a caldo opportunamente dimensionati, che posizionati orizzontalmente seguendo la giacitura del terreno. Tale struttura a reticolo viene appoggiata a pilastri di forma rettangolare di medesima sezione ed infissi nel terreno ad una profondità variabile in funzione delle caratteristiche litologiche del suolo.

Si tratta di una struttura metallica costituita essenzialmente da:

- Il corpo di sostegno disponibile come sostegno singolo o articolato a seconda del numero di moduli da applicare. La leggerezza dell'alluminio e la robustezza dell'acciaio raggiungono un'ottima combinazione e attraverso il profilo monoblocco vengono evitate ulteriori giunzioni suscettibili alla corrosione e alla maggiore applicazione;
- Le traverse sono rapportate alle forze di carico. Tutti i profili sono integrati da scanalature che permettono un facile montaggio. Le traverse sono fissate al sostegno con particolari morsetti. Le traverse sono dotate del pregiato Klick-System;
- Le fondazioni costituite semplicemente da un profilato in acciaio zincato a caldo conficcato nel terreno disponibile in più lunghezze standard. La forma del profilo supporta ottimamente i carichi statici e dinamici. Rispetto ai profili laminati il risparmio di materiale è del 50%.

Sinteticamente i vantaggi della struttura utilizzata si possono così riassumere:

- Logistica
 - Alto grado di prefabbricazione;
 - Montaggio facile e veloce;
 - Componenti del sistema perfettamente integrati.
- Materiali
 - Materiale interamente metallico (alluminio/inox) con notevole aspettativa di durata;
 - Materiali altamente riciclabili;
 - Aspetto leggero dovuto alla forma dei profili ottimizzata.
- Costruzione

- Facilità di installazione di moduli laminati o con cornice;
- Possibilità di regolazione per terreni accidentati;
- Facile e vantaggiosa integrazione con un sistema parafulmine.
- Calcoli statici
 - Forza di impatto del vento calcolata sulla base delle più recenti e aggiornate conoscenze scientifiche e di innovazione tecnologiche;
 - Traverse rapportate alle forze di carico;
 - Ottimizzazione di collegamento fra i vari elementi.

Per l'elaborato specifico in cui sono riportate piante, prospetti e particolari della struttura si rimanda all'elaborato 65 *Tavola sui Particolari strutture fotovoltaiche*.

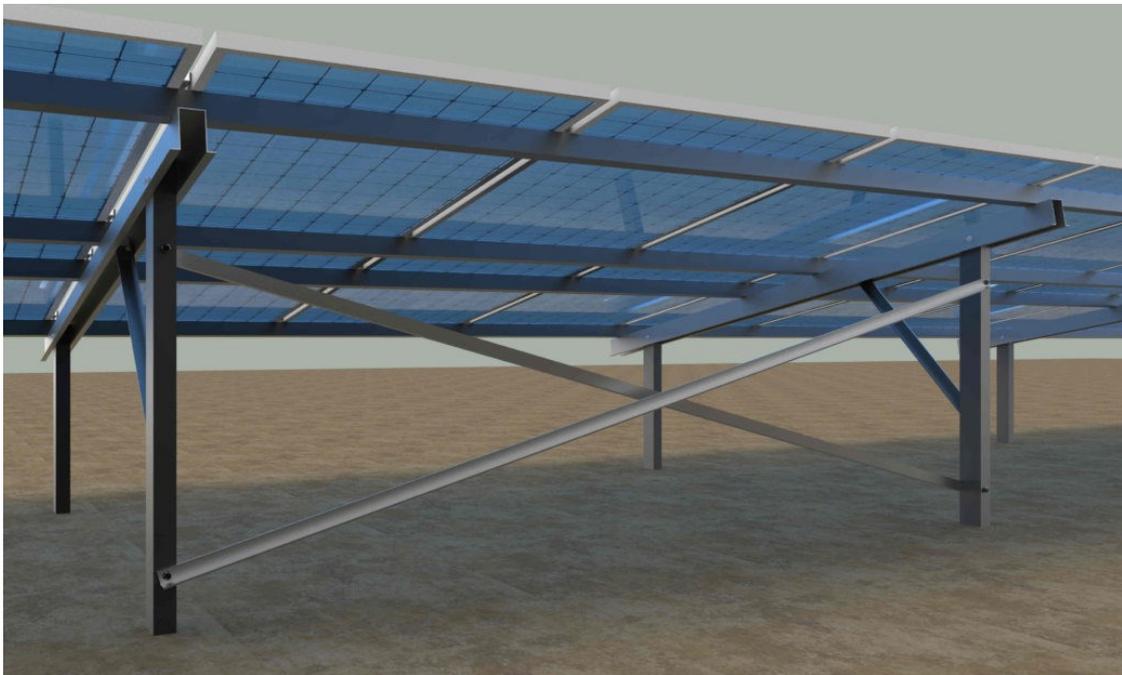


Figura 5: Rappresentazione della struttura di supporto

2.3 Cavi BT

Le linee elettriche di bassa tensione in corrente continua, consentiranno di collegare le stringhe fotovoltaiche ai *Quadri di Parallelo Stringhe* (di seguito QPS), i quali, verranno dislocati sul campo in posizione quanto più possibile baricentrica, in modo tale da ottimizzare lo sviluppo delle linee e limitare le perdite di potenza attiva per effetto Joule.

Ciascuna delle linee menzionate, è stata dimensionata in funzione della massima corrente di stringa, incrementata cautelativamente del 25% per tenere conto dell'aumento della corrente di cortocircuito del modulo a causa di valori di irraggiamento superiori a 1000 W/m².

Supponendo di utilizzare *cavi solari H1Z2Z2-K*, assumendo una lunghezza media di 25 m e nell'ottica di limitare le perdite di potenza attiva a valori non superiori all'1%, la sezione minima da adottare è quella da 10 mm². La scelta adottata, tuttavia, potrà subire modifiche in fase di progettazione esecutiva.

Basse Tension Bassa Tensione		H1Z2Z2-K					Photovoltaïque Fotovoltaico		
Formation	Ø approx. conducteur	Épaisseur moyenne isolant	Épaisseur moyenne gaine	Ø approx. production	Poids approx. câble	Résistance électrique max à 20°C	Intensité admissible à l'air libre Portata di corrente in aria libera		
Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø indicativo produzione	Peso indicativo cavo	Resistenza elettrica max a 20°C	Câble seul Singolo cavo 60°C	2 câbles adjacents 2 cavi adiacenti 60°C	
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	kg/km	ohm/km	A	A	
1 x 1,5	1,5	0,7	0,8	4,7	34	13,7	30	24	
1 x 2,5	2,1	0,7	0,8	5,2	47	8,21	40	33	
1 x 4	2,5	0,7	0,8	5,8	58	5,09	55	44	
1 x 6	3,0	0,7	0,8	6,5	80	3,39	70	70	
1 x 10	4,0	0,7	0,8	7,9	127	1,95	95	95	
1 x 16	5,0	0,7	0,9	8,8	180	1,24	130	107	
1 x 25	6,2	0,9	1,0	10,6	270	0,795	180	142	
1 x 35	7,6	0,9	1,1	12,0	360	0,565	220	176	
1 x 50	8,9	1,0	1,2	14,1	515	0,393	280	221	
1 x 70	10,5	1,1	1,2	15,9	720	0,277	350	278	
1 x 95	12,5	1,1	1,3	17,7	915	0,210	410	333	
1 x 120	13,7	1,2	1,3	19,8	1160	0,164	480	390	
1 x 150	16,1	1,4	1,4	21,7	1460	0,132	566	453	
1 x 185	17,7	1,6	1,6	24,1	1780	0,108	644	515	
1 x 240	19,9	1,7	1,7	26,7	2310	0,082	775	620	

Figura 9 - Scheda tecnica cavi solari H1Z2Z2-K

Per il collegamento dei QPS ai gruppi di conversione, verranno utilizzati cavi ordinari di bassa tensione FG7 0,6/1kV per posa interrata, dimensionati in funzione del numero di stringhe interconnesse.

Come riscontrabile dallo schema elettrico unifilare, a cui si rimanda per una maggiore comprensione, nel caso più sfavorevole si hanno n° 14 stringhe fotovoltaiche in parallelo, pertanto la corrente di impiego assunta ai fini del dimensionamento della linea è pari a:

$$I_B = 1,25 \sum_{i=1}^{14} I_{sc \text{ stringa}}$$

dove:

- I_B è la corrente di impiego [A];
- i è il numero di stringhe collegate afferenti al QPS;
- I_{max} stringa è la corrente massima di stringa incrementata cautelativamente del 25%;
- 1,25 è un coefficiente di sicurezza applicato ai fini del calcolo della massima corrente transitante nella linea oggetto di dimensionamento.

Sostituendo i valori, si ottiene:

$$I_B = (1,25 \times 17,55 \times 14) = 307 \text{ A}$$

Ai fini della scelta della sezione, è stato applicato il criterio termico, in base al quale il cavo, nelle condizioni di posa previste dal progetto, deve avere una portata non inferiore alla corrente di impiego del circuito. Considerando che le linee BT in esame, condivideranno la trincea di scavo, applicando un coefficiente correttivo della portata K_4 pari a 0,85 (gli altri fattori correttivi sono stati assunti unitari), la prima sezione commerciale che consente di soddisfare il vincolo imposto dal criterio di dimensionamento applicato è quella da 300 mm². Tuttavia, la scelta adottata potrà subire variazioni in fase di progettazione esecutiva.

Considerando una lunghezza media di 250 m, è stata calcolata la caduta di tensione verificando che questa risulti inferiore al 4%, ottenendo esito positivo.

general GQVI s.p.a.		FG7R / FG7OR 0,6/1kV					CE	
		FG7(O)R 0,6/1kV						
Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Diametro est. indicativo di produzione	Peso indicativo del cavo	Resistenza elettrica a 20°C	Portate di corrente	
Cores number	Cross section	Approx conductor diameter	Insulation medium thickness	Approx external production diameter	Approx cable weight	Electric resistance at 20°C	20°C Interrato	30° In tubo o in aria
(N°)	(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(Ohm/km)	20°C In ground	30° In air or pipe
Unipolare / Single core								
1x	1.5	1.6	0.7	6.05	51	13.3	21	20
1x	2.5	2	0.7	6.50	63	7.98	27	28
1x	4	2.6	0.7	7.15	82	4.95	35	37
1x	6	3.4	0.7	7.50	101	3.3	44	48
1x	10	4.4	0.7	7.99	152	1.91	59	66
1x	16	5.7	0.7	9.10	211	1.21	77	88
1x	25	6.9	0.9	10.40	301	0.78	100	117
1x	35	8.1	0.9	11.70	396	0.554	121	144
1x	50	9.8	1	14.05	556	0.386	150	175
1x	70	11.6	1.1	15.90	761	0.272	184	222
1x	95	13.3	1.1	17.59	991	0.206	217	269
1x	120	15.1	1.2	19.90	1219	0.161	259	312
1x	150	16.8	1.4	22.01	1517	0.129	287	355
1x	185	18.6	1.6	24.20	1821	0.106	323	417
1x	240	21.4	1.7	26.88	2366	0.0801	379	490
1x	300	23.9	1.8	31.70	2947	0.0641	429	-
1x	400	27.5	2	35.10	3870	0.0486	541	-

Figura10 - Scheda tecnica cavi BT

2.4 Quadri parallelo stringhe

Il collegamento in parallelo delle stringhe, verrà realizzato a mezzo di quadri parallelo dislocati lungo il campo e disposti in posizione baricentrica in modo tale da ridurre l'estensione delle linee elettriche in corrente continua. Essi saranno equipaggiati con interruttori di manovra sezionatori con fusibili, i quali garantiranno la protezione contro le sovracorrenti e consentiranno di sezionare le stringhe in occasione di interventi di manutenzione.

Ai fini della protezione dalle sovratensioni di origine atmosferica, verranno installati, su ciascun polo, scaricatori di sovratensione.

2.5 Locali Trasformazione

I locali di trasformazione atti ad alloggiare ognuno:

- I quadri MT e BT oltre i due Trasformatori AT/BT

Saranno costituiti locali in CAV aventi le seguenti caratteristiche:

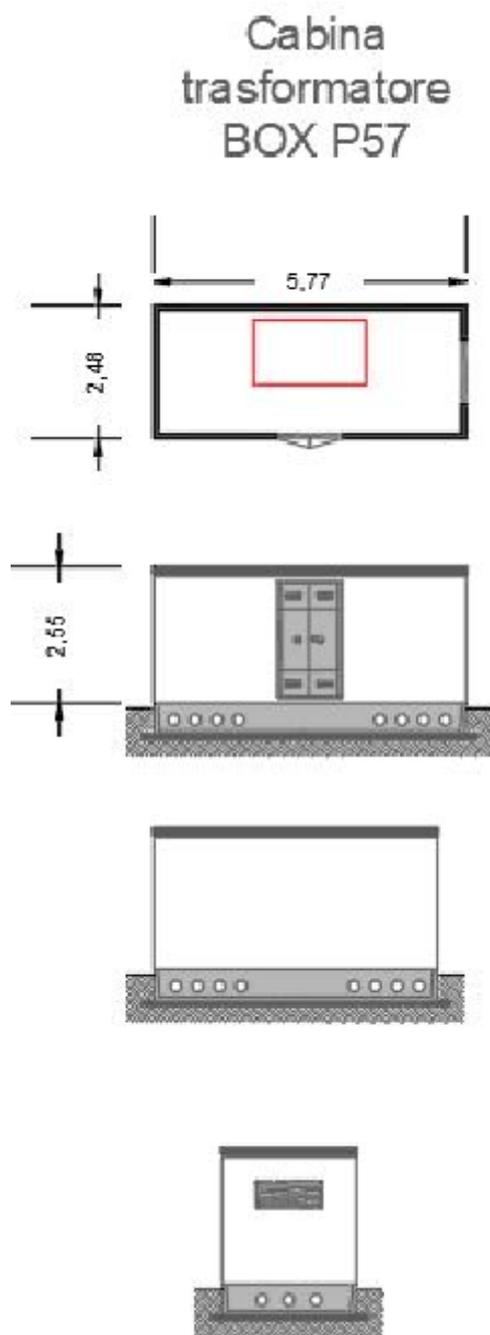


Figura 6: locali di conversione dell'energia elettrica di tipo container

Nel dettaglio saranno presenti nell'impianto 15 locali di questo tipo.

2.6 Locali conversione

I locali di conversione atti ad alloggiare ognuno:

- I quadri BT, gli interruttori di Generatore oltre 8 Gruppi di conversione.

Saranno costituiti locali in CAV aventi le seguenti caratteristiche:

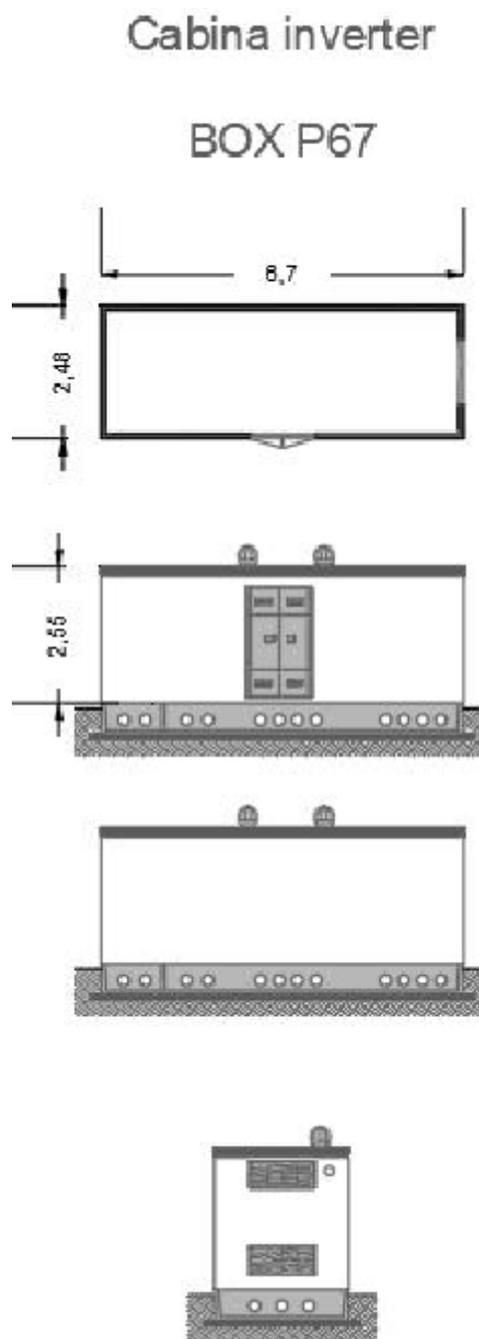


Figura 7: locali di conversione dell'energia elettrica di tipo container

Nel dettaglio saranno presenti nell'impianto 15 locali di questo tipo.

2.7 Locali servizi Ausiliari

Atti ad alloggiare ognuno:

- Il quadro BT, gli interruttori generali ed il trasformatore servizi ausiliari MT/BT.

Saranno costituiti locali in CAV aventi le seguenti caratteristiche:

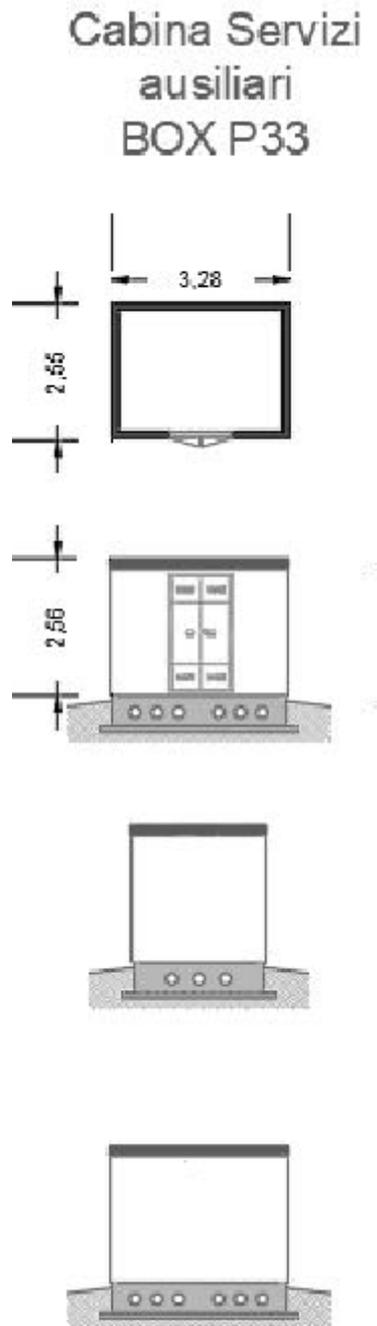


Figura 8: locali di conversione dell'energia elettrica di tipo container

Nel dettaglio saranno presenti nell'impianto 15 locali di questo tipo.

2.7.1 Inverter

Per ciascun sottocampo fotovoltaico, è previsto l'utilizzo di 8 gruppi di conversione dell'energia elettrica prodotta di tipo multistringa **SUNGROW** modello **SG250HX da 250 kVA**, in funzione della potenza nominale del sottocampo stesso, le cui caratteristiche tecniche sono deducibili dal datasheet di seguito riportato:

Type designation	SG250HX
Input (DC)	
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
Output (AC)	
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 % I _n
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging
Feed-in phases / connection phases	3 / 3
Efficiency	
Max. efficiency	99.0 %
European efficiency	98.8 %

Figura 11 - Datasheet inverter centralizzato SUNGROW

Complessivamente verranno utilizzati n° 120 inverter centralizzati da 250 kVA per una potenza complessiva pari alla potenza in immissione richiesta al Gestore di Rete (30.000 kVA).

2.8 Dispositivi di generatore DDG

La configurazione impiantistica adottata prevede la presenza di n° 8 dispositivi di generatore afferenti al singolo trasformatore BT/AT di sottocampo, la cui apertura, comandata da un apposito sistema di protezione, determina la separazione del gruppo di generazione dalla rete, consentendo all'impianto stesso l'eventuale funzionamento in isola sui carichi privilegiati.

2.9 Trasformatori AT/BT

Per poter immettere l'energia elettrica prodotta dalla centrale fotovoltaica in Rete, è necessario innalzare il livello della tensione del generatore fotovoltaico a 36 kV.

Per conseguire questo obiettivo saranno utilizzati appositi trasformatori elevatori AT/BT.

Tenendo conto della potenza nominale della centrale fotovoltaica e della potenza in immissione concessa dal Gestore, dato il livello di tensione prescritto:

N° 15 trasformatori AT/BT, uno per ogni sottocampo, aventi le seguenti caratteristiche:

- $A_n = 2000 \text{ kVA}$;
- $V_{2n} = 36 \text{ kV}$;

Per ciascun sottocampo è previsto l'utilizzo di un *trasformatore di potenza isolato in resina*, dimensionato in funzione della potenza nominale dell'inverter sotteso. Come riscontrabile dallo schema elettrico unifilare, è previsto l'utilizzo di trasformatori di potenza da 2000 kVA, le cui caratteristiche tecniche sono deducibili dalla scheda tecnica di seguito allegata.

Power kVA	Uk * %	P _s W	P _{in} * W	I _s %	LwA dB(A)	LpA dB(A)	A mm	B mm	C mm	D mm	Wheel mm	Weight Kg
50	6	200	1700	1,2	49	37	940	670	1055	520	125	620
100	6	280	2050	0,9	51	39	1250	670	1175	520	125	740
160	6	400	2900	0,75	54	41	1250	670	1175	520	125	980
200	6	450	3300	0,7	56	43	1250	670	1285	520	125	1080
250	6	520	3800	0,68	57	44	1330	670	1320	520	125	1230
315	6	610	4530	0,67	59	46	1330	820	1320	670	125	1360
400	6	750	5500	0,65	60	47	1360	820	1440	670	125	1610
500	6	900	6410	0,64	61	48	1360	820	1500	670	125	1720
630	6	1100	7600	0,63	62	48	1440	820	1650	670	125	1980
800	6	1300	8000	0,6	64	50	1570	1000	1680	820	125	2540
1000	6	1550	9000	0,59	65	51	1680	1000	1850	820	125	2960
1250	6	1800	11000	0,58	67	53	1680	1000	1980	820	150	3270
1600	6	2200	13000	0,56	68	53	1860	1050	2190	820	150	4190
2000	6	2600	16000	0,55	70	55	2010	1300	2380	1070	200	5390
2500	6	3100	19000	0,53	71	56	2100	1300	2425	1070	200	6450
3150	7	3800	22000	0,51	74	59	2190	1300	2425	1070	200	7100
4000	7	5800	26400	0,51	81	65	2310	1300	2485	1070	200	8410
5000	7	7100	33100	0,51	83	67	2490	1300	2665	1070	200	10210

Figura 9: datasheet inverter scelti in fase di progettazione definitiva

Ciascun trasformatore verrà collegato al quadro elettrico generale di bassa tensione con cavi FG7OR 0,6/1 kV, o condotti sbarre, dimensionati per portare almeno la corrente nominale dell'avvolgimento BT del trasformatore.

2.10 Linee elettriche a 36 kV in Cavo interrato di collegamento tra il quadro elettrico in cabina di raccolta ed i trasformatori

Le cabine elettriche di trasformazione interne al campo, verranno collegate al quadro elettrico generale installato all'interno della cabina di raccolta, a mezzo di linee elettriche in cavo interrato ARE4H5EX elettrificate a 36 kV.

In questo contesto, vengono riportate le caratteristiche delle linee menzionate, rimandando alla relazione tecnica specialistica "Dimensionamento linee elettriche in cavo interrato a 36 kV" per maggiori dettagli sui criteri di dimensionamento applicati.

Lo schema elettrico proposto, prevede la realizzazione di n° 3 linee elettriche a struttura radiale, le quali interconnettono le cabine di trasformazione secondo l'ordine di seguito indicato:

- Linea n° 1: interconnette le cabine 1, 2, 3, 4 e 5;
- Linea n° 2: interconnette le cabine 6, 7, 8, 9 e 10;
- Linea n° 3: interconnette le cabine 11, 12, 13, 14 e 15;

2.10.1 Linea elettrica a 36 kV n° 1

Per le ipotesi progettuali adottate, la linea elettrica a 36 kV n° 1 alimenta in entra-esce i primi cinque locali di conversione e trasformazione.

Per il dimensionamento elettrico è stato applicato il criterio termico, ipotizzando, in questa fase della progettazione, delle condizioni di posa e di installazione di tipo standard:

- cavi posati direttamente nel terreno (posa diretta);
- profondità di posa di 1,2 m;
- resistività termica del terreno 1°C m/W;

Per la valutazione della corrente di impiego della linea, si è fatto riferimento alla *condizione di carico più gravosa*, la quale prevede la contemporanea erogazione della potenza apparente nominale da parte dei trasformatori.

Sotto queste ipotesi, l'espressione che consente di calcolare la corrente di impiego è la seguente:

$$I_B = \frac{\sum_{i=1} A_{ni}}{\sqrt{3} \times V_n}$$

dove:

- I_B è la corrente di impiego da assumere come riferimento ai fini del dimensionamento della linea;
- A_{ni} è la potenza apparente della Power Station i-esima, in kVA;
- V_n è la tensione nominale della linea, in kV.

Le caratteristiche del cavo scelto sono di seguito riportate:

- $S = 3 \times (1 \times 240) \text{ mm}^2$;
- $U = 36 \text{ kV}$;
- ARE4H5EX;

Per i calcoli di dimensionamento e di verifica dei cavi, si rimanda alla relazione tecnica "dimensionamento cavi e verifica della c.d.t."

La presenza dei cavi sarà segnalata attraverso un nastro di segnalazione posato a 20 cm al di sopra dei corrugati.

Per maggiori dettagli sul tracciato e sulle modalità di posa, si rimanda alle tavole di progetto allegate.

2.10.2 Linea elettrica a 36 kV n° 2

Per le ipotesi progettuali adottate, la linea elettrica a 36 kV n° 2 alimenta in entra-esce le cabine di conversione e trasformazione 6, 7, 8, 9 e 10.

Per il dimensionamento elettrico è stato applicato il criterio termico, ipotizzando, in questa fase della progettazione, delle condizioni di posa e di installazione di tipo standard:

- cavi posati direttamente nel terreno (posa diretta);
- profondità di posa di 1,2 m;
- resistività termica del terreno 1°C m/W;

Per la valutazione della corrente di impiego della linea, si è fatto riferimento alla *condizione di carico più gravosa*, la quale prevede la contemporanea erogazione della potenza apparente nominale da parte dei trasformatori.

Sotto queste ipotesi, l'espressione che consente di calcolare la corrente di impiego è la seguente:

$$I_B = \frac{\sum_{i=1} A_{ni}}{\sqrt{3} \times V_n}$$

dove:

- I_B è la corrente di impiego da assumere come riferimento ai fini del dimensionamento della linea;
- A_{ni} è la potenza apparente della Power Station i-esima, in kVA;
- V_n è la tensione nominale della linea, in kV.

Le caratteristiche del cavo scelto sono di seguito riportate:

- $S = 3 \times (1 \times 240) \text{ mm}^2$;
- $U = 36 \text{ kV}$;
- ARE4H5EX;

Per i calcoli di dimensionamento e di verifica dei cavi, si rimanda alla relazione tecnica "dimensionamento cavi e verifica della c.d.t."

La presenza dei cavi sarà segnalata attraverso un nastro di segnalazione posato a 20 cm al di sopra dei corrugati.

Per maggiori dettagli sul tracciato e sulle modalità di posa, si rimanda alle tavole di progetto allegate.

2.10.3 Linea elettrica a 36 kV n° 3

Per le ipotesi progettuali adottate, la linea elettrica a 36 kV n° 3 alimenta in entra-esce i trasformatori 11, 12, 13, 14, e 15.

Per il dimensionamento elettrico è stato applicato il criterio termico, ipotizzando, in questa fase della progettazione, delle condizioni di posa e di installazione di tipo standard:

- cavi posati direttamente nel terreno (posa diretta);
- profondità di posa di 1,2 m;
- resistività termica del terreno 1°C m/W;

Per la valutazione della corrente di impiego della linea, si è fatto riferimento alla *condizione di carico più gravosa*, la quale prevede la contemporanea erogazione della potenza apparente nominale da parte dei trasformatori.

Sotto queste ipotesi, l'espressione che consente di calcolare la corrente di impiego è la seguente:

$$I_B = \frac{\sum_{i=1} A_{ni}}{\sqrt{3} \times V_n}$$

dove:

- I_B è la corrente di impiego da assumere come riferimento ai fini del dimensionamento della linea;
- A_{ni} è la potenza apparente della Power Station i-esima, in kVA;
- V_n è la tensione nominale della linea, in kV.

Le caratteristiche del cavo scelto sono di seguito riportate:

- $S = 3 \times (1 \times 185) \text{ mm}^2$;
- $I_{zo} = 405 \text{ A}$;
- $U = 36 \text{ kV}$;
- ARE4H5EX;

Per i calcoli di dimensionamento e di verifica dei cavi, si rimanda alla relazione tecnica "dimensionamento cavi e verifica della c.d.t."

La presenza dei cavi sarà segnalata attraverso un nastro di segnalazione posato a 20 cm al di sopra dei corrugati.

Per maggiori dettagli sul tracciato e sulle modalità di posa, si rimanda alle tavole di progetto allegate.

2.11 Quadro elettrico in cabina di Raccolta

In prossimità dell'area di accesso al sito, è prevista la realizzazione di una cabina di raccolta tipo container 20' di tipo High Cube delle dimensioni di circa 12.19 x 2.44 x 2.92 m all'interno della quale verranno installate le apparecchiature di seguito elencate:

- Quadro elettrico generale a 36 kV;
- Trasformatore Servizi ausiliari di cabina con potenza nominale da 50 kVA;
- Quadro elettrico generale di BT servizi ausiliari;
- Gruppo di misura dell'energia elettrica.

2.11.1 Quadro elettrico generale a 36 kV

All'interno della cabina di raccolta, verrà installato un quadro elettrico generale, costituito da scomparti dimensionati per reti con corrente di cortocircuito pari a 16 kA e predisposti per essere accoppiati tra loro in modo da costituire un'unica apparecchiatura.

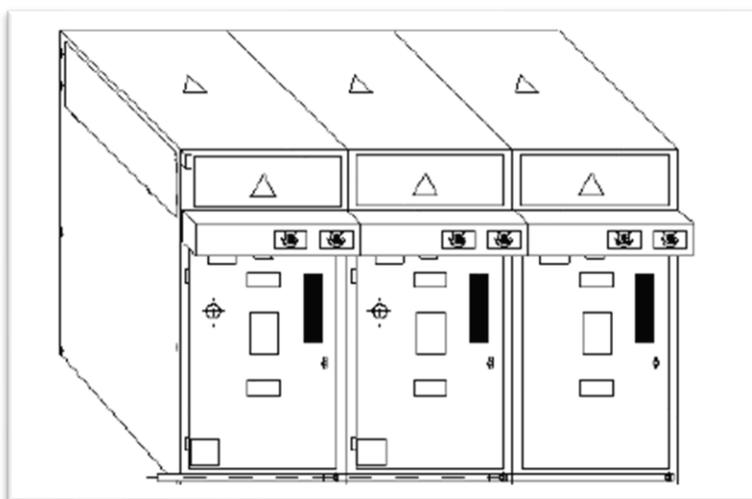


Figura14 - Immagine indicativa di scomparti 36kV isolati in aria

Come facilmente riscontrabile dallo schema elettrico unifilare, gli scomparti previsti sono quelli di seguito elencati:

- N° 1 scomparto partenza linea verso la Stazione Elettrica Terna, costituito da un sezionatore di linea con a valle un interruttore asservito da un sistema di protezione generale;
- N° 3 scomparti partenza linea verso il campo fotovoltaico, ciascuno costituito da un sezionatore con a valle un interruttore, asservito da protezione di massima corrente, massima corrente omopolare, protezione direzionale di terra e protezione di interfaccia;

- N° 1 scomparto protezione trasformatore servizi ausiliari, costituito da un interruttore di manovra sezionatore con fusibile, a protezione del trasformatore installato all'interno della stessa cabina e attraverso cui verranno alimentati i servizi ausiliari di cabina.

di cui vengono riportati, a titolo illustrativo e non esaustivo, le immagini:

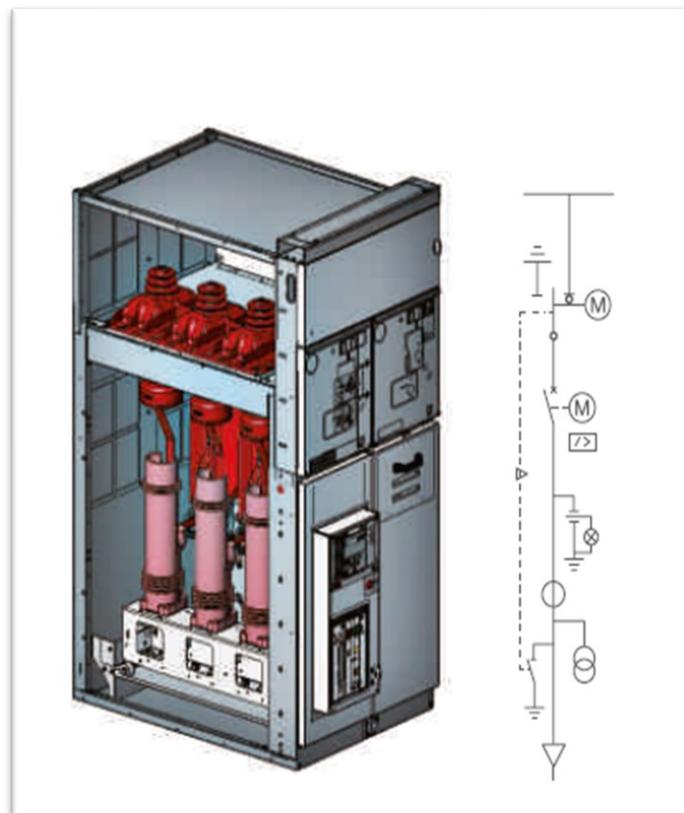


Figura 15 - Scomparto partenza/arrivo linea

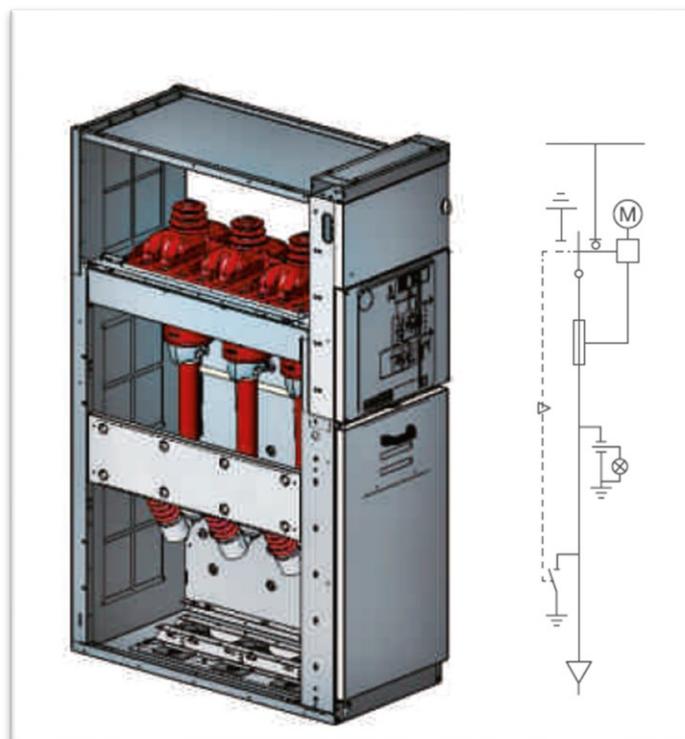


Figura 16 - Scomparto protezione trasformatore servizi ausiliari

Tutti gli scomparti sono stati dimensionati per reti con corrente di cortocircuito pari a 16 kA e con riferimento alla tensione nominale di 36 kV.

3 Dorsale a 36 kV di collegamento con la sezione a 36 kV della nuova Stazione Elettrica di Trasformazione di Chiamonte Gulfi

L'impianto di produzione verrà collegato in antenna con la sezione a 36 kV della futura Stazione Elettrica di Trasformazione 380/150/36 kV della RTN, a mezzo di una dorsale in cavo interrato a 36 kV su tracciato di pertinenza stradale pubblica.

In questo contesto, vengono riportate le caratteristiche elettriche della linea, rimandando alla relazione tecnica specialistica “*Dimensionamento linee elettriche in cavo interrato a 36 kV*” per maggiori dettagli sui criteri di dimensionamento e di verifica applicati:

- Tipologia di cavo: *ARE4H5EX*;
- Formazione: 3x(1x630) mm²;

3.1 Servizi ausiliari di impianto

I servizi di cabina e i servizi ausiliari dell'impianto (impianto di illuminazione, etc...), saranno alimentati attraverso trasformatori "servizi ausiliari" dedicati, installati in appositi locali tecnici e dimensionati in funzione dei carichi da alimentare.

All'interno delle varie cabine di trasformazione e locali tecnici previsti, verranno garantiti i seguenti servizi:

- impianto di ventilazione forzata attivato con termostato;
- n. 2 plafoniere 1x36W tutte dotate di kit di emergenza autonomia minima 180 minuti;
- n.2 prese industriali di tipo industriale interbloccate 2P+T e 3P+T da 16;
- n.1 sistema di supervisione e controllo con interfaccia GPRS.

È previsto inoltre un impianto di videosorveglianza con telecamere collegate ad una postazione centrale di videoregistrazione ed archiviazione delle immagini. Il sistema di **videosorveglianza** sarà montato su pali di acciaio zincato fissati al suolo con plinto di fondazione in calcestruzzo. I pali avranno un'altezza massima di 4 metri e saranno dislocati lungo il perimetro dell'impianto e le termocamere saranno fissate alla sommità degli stessi. In modo da avere la visione completa del perimetro dell'impianto e la visione completa di tutto l'interno dell'impianto (visione dei pannelli).

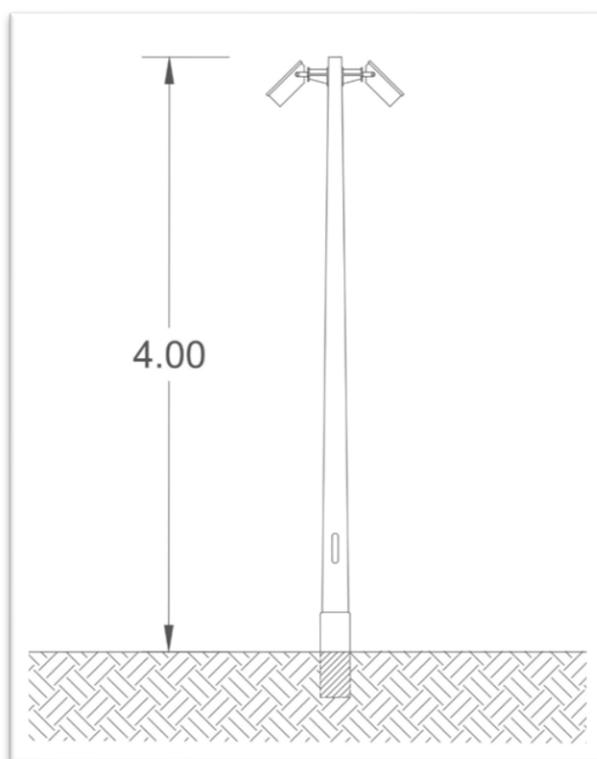


Figura 10: sostegno per impianto di illuminazione

Il complesso di video registrazione sarà dotato di gruppo di continuità da 10 kVA in grado di alimentare il videoregistratore, lo switch ed il trasmettitore satellitare per almeno 2 ore ed all'interno è dotato di Hard disk in modo da poter archiviare le immagini in continua, per più tempo in funzione della dimensione dell'Hard Disk.

La registrazione delle immagini deve essere a ciclo continuo, ed il sistema deve permettere l'archiviazione di immagini relative a due settimane solari.

Il software di gestione della videosorveglianza da remoto è in grado di:

- Gestire diversi monitor per diversi impianti;
- Condividere il monitor per la visione contemporanea di diverse telecamere di un singolo impianto;
- Consentire la visione delle immagini registrate;
- Gestire la registrazione sia manuale che su evento.

3.2 Valutazione delle prestazioni degli impianti fotovoltaici in fase di avvio dell'impianto

La valutazione delle prestazioni degli impianti fotovoltaici in fase di avvio dell'impianto viene effettuata o in termini di energia (con misure relative ad un dato periodo) o in termini di potenza (con misure istantanee) con le modalità di seguito indicate.

3.2.1 Valutazione delle prestazioni in energia

La verifica prestazionale degli impianti fotovoltaici in fase di avvio dell'impianto viene effettuata in termini di energia valutando l'indice di prestazione PR (o indice di prestazione in energia, corretto in temperatura).

L'indice di prestazione PR evidenzia l'effetto complessivo delle perdite sull'energia generata in corrente alternata dall'impianto fotovoltaico, dovute allo sfruttamento incompleto della radiazione solare, al rendimento di conversione dell'inverter e alle inefficienze o guasti dei componenti (inclusi il disaccoppiamento fra le stringhe e gli eventuali ombreggiamenti sui moduli).

In analogia al PR indicato nella Norma CEI EN 61724, espresso come nell'equazione, si definisce il PRe come segue:

$$Pre = Eca / Eca_producibile (Hi, Pn, Tcel)$$

dove:

Eca producibile (Hi,Pn,Tcel) è l'energia producibile in corrente alternata, determinata in funzione della radiazione solare incidente sul piano dei moduli (Hi), della potenza nominale dell'impianto (Pn) e della temperatura di funzionamento della cella fotovoltaica (Tcel).

3.2.2 Valutazione delle prestazioni in potenza

La verifica prestazionale degli impianti fotovoltaici in fase di avvio dell'impianto viene effettuata in termini di potenza valutando l'indice di prestazione PRp (o indice di prestazione in potenza, corretto in temperatura).

L'indice di prestazione PRp evidenzia l'effetto complessivo delle perdite sulla potenza generata in corrente alternata dall'impianto fotovoltaico, dovute allo sfruttamento incompleto dell'irraggiamento solare, al rendimento di conversione dell'inverter e alle inefficienze o guasti dei componenti (inclusi il disaccoppiamento fra le stringhe e gli eventuali ombreggiamenti sui moduli).

Analogamente all'espressione, la verifica delle prestazioni in potenza di un impianto fotovoltaico è effettuata controllando che siano soddisfatti i seguenti vincoli nelle condizioni di funzionamento sotto riportate:

$$PRp = Pca / Pca_producibile_ (Gp, Pn, Tcel) = Pca / (Rfv2 \times Gp / Gsc \times Pn) > 0,78 \text{ se } P_{inv} \leq 20 \text{ kW}$$

$$0,80 \text{ se } P_{inv} > 20 \text{ kW}$$

Dove:

- Rfv2 è calcolato secondo l'espressione;
- Pinv è la potenza nominale dell'inverter.

Le condizioni di funzionamento dell'impianto fotovoltaico per la verifica dell'indice prestazionale PRp in fase di avvio dell'impianto sono le seguenti:

- Irraggiamento sul piano dei moduli (Gp) superiore a 600 W/m²;
- Velocità del vento non rilevante, in riferimento al solarimetro utilizzato;
- Rete del distributore disponibile;
- In servizio tutti gli inverter dell'impianto o della sezione in esame.

La verifica dell'indice prestazionale PRp viene effettuata operando su tutto l'impianto, se tutte le sue sezioni hanno caratteristiche identiche, o su sezioni dello stesso caratterizzate da:

- Stessa inclinazione e orientazione dei moduli;
- Stessa classe di potenza dell'inverter ($P_{inv} > 20 \text{ kW}$ o $P_{inv} \leq 20 \text{ kW}$);
- Stessa tipologia di modulo (e quindi stesso valore del coefficiente di temperatura di potenza);
- Stessa tipologia di installazione dei moduli (e quindi analoga T_{cel}).

4 SICUREZZA ELETTRICA

4.1 Protezione dalle sovracorrenti

Per la protezione delle linee elettriche di bassa tensione dalle sovracorrenti, è previsto l'utilizzo di interruttori automatici dotati di sganciatore termico e magnetico, le cui caratteristiche sono state opportunamente coordinate con quelle del cavo da proteggere attraverso il rispetto delle prescrizioni della Norma CEI 64-8:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

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

dove:

- I_b è la corrente di impiego della linea;
- I_n è la corrente nominale dell'interruttore;
- I_z è la portata del cavo;
- I è il valore della corrente di cortocircuito nel punto di installazione dell'interruttore;
- t è il tempo di intervento del dispositivo in occasione di guasto;
- K è un coefficiente che dipende dal tipo di cavo utilizzato.

Il rispetto della prima condizione assicura la protezione contro il sovraccarico, mentre per la protezione contro gli effetti termici prodotti in occasione di cortocircuito, è necessario garantire il rispetto della seconda condizione sopra riportata.

La protezione dei trasformatori e delle linee elettriche di alta tensione sarà affidata ad interruttori AT dotati di relè di massima corrente di fase ed omopolare.

4.2 Protezione contro i contatti diretti

Per la protezione contro i contatti diretti verranno adottate misure di protezione totali (isolamento delle parti attive) e parziali (involucri e barriere).

4.3 Protezione contro i contatti indiretti

La protezione contro i contatti indiretti sarà garantita mediante interruzione automatica dell'alimentazione (sistema di protezione attivo) in occasione di guasto di isolamento verso terra di apparecchiature di classe I, e l'utilizzo di apparecchiature di classe II.