



# REGIONE BASILICATA

## COMUNE DI FERRANDINA (MT)



Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto Agrivoltaico, con sistema integrato per la coltivazione di piante officinali e la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato CISTERNA 2, da realizzarsi in agro del comune di Ferrandina, di potenza pari a 19.981,92 Kw

### PROGETTO DEFINITIVO



Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE  
SUGLI IMPIANTI

Tavola:

CIS2-PDEF-REL-006

Data: Ottobre 2021

Scala:

Rev	Data	Descrizione	Eseguito	Verificato	Approvato

Progettazione:



Proponente:

Ambra Solare 31 S.r.l.  
Via Tevere 41 - 00198 Roma  
C.F. e P.I. 16110281009  
PEC: ambrasolare31@legalmail.it

# PowerTis

Ambra Solare 31 S.r.l.  
Via Tevere 41, 00198 Roma  
C.F. e P.IVA 16110281009

Visti:

## **PROGETTO DEFINITIVO**

**Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto agrivoltaico, con sistema integrato per la coltivazione di piante officinali e la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato CISTERNA 2, da realizzarsi in agro del comune di Ferrandina (MT), di potenza pari a 19.981,92 Kwp.**

COMUNE DI FERRANDINA

MATERA

COMMITTENTE:

AMBRA SOLARE 31 srl

**DATA**

**IL TECNICO**

## DATI GENERALI DELL'IMPIANTO

Il presente progetto è relativo alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica, avente una potenza di picco pari a 19.981,92 kWp.

COMMITTENTE	
Committente:	AMBRA SOLARE 31 srl
Indirizzo:	Via Tevere,41 - 00198 ROMA

## SITO DI INSTALLAZIONE

L'impianto presenta le seguenti caratteristiche:

DATI RELATIVI ALLA LOCALITÀ DI INSTALLAZIONE	
Località:	Ferrandina
Latitudine:	040°26'45"
Longitudine:	016°27'39"
Altitudine:	497 m
Fonte dati climatici:	UNI 10349
Albedo:	19 % Suolo (creta), Strade sterrate, ...

## DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

La quantità di energia elettrica producibile sarà calcolata sulla base dei dati radiometrici di cui alla norma UNI 10349 e utilizzando i metodi di calcolo illustrati nella norma UNI 8477-1.

Per gli impianti verranno rispettate le seguenti condizioni (*da effettuare per ciascun "generatore fotovoltaico", inteso come insieme di moduli fotovoltaici con stessa inclinazione e stesso orientamento*):

in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Sarà, inoltre, sempre rilevabile l'energia prodotta (cumulata) e le relative ore di funzionamento.

## DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto fotovoltaico è costituito da n° 10 generatori fotovoltaici composti da n° 35056 moduli fotovoltaici e da n° 40 inverter con tipo di realizzazione Altro impianto.

La potenza nominale complessiva è di 19.981,92 kWp per una produzione di 36.342.028,1 kWh annui distribuiti su una superficie di 95.702,88 m<sup>2</sup>.

Modalità di connessione alla rete Trifase in Media tensione con tensione di fornitura 20.000 V.

L'impianto riduce le emissioni inquinanti in atmosfera secondo la seguente tabella annuale:

Equivalenti di produzione termoelettrica	
Anidride solforosa (SO <sub>2</sub> )	25.469,49 kg
Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> )	32.063,12 kg
Polveri	1.137,72 kg

Anidride carbonica (CO2)	18.953,44 t
--------------------------	-------------

Equivalenti di produzione geotermica	
Idrogeno solforato (H2S) (fluido geotermico)	1.113,67 kg
Anidride carbonica (CO2)	214,53 t
Tonnellate equivalenti di petrolio (TEP)	8.358,67 TEP

## RADIAZIONE SOLARE

La valutazione della risorsa solare disponibile è stata effettuata in base alla Norma UNI 10349, prendendo come riferimento la località che dispone dei dati storici di radiazione solare nelle immediate vicinanze di Ferrandina.

### TABELLA DI RADIAZIONE SOLARE SUL PIANO ORIZZONTALE

Mese	Totale giornaliero [MJ/m <sup>2</sup> ]	Totale mensile [MJ/m <sup>2</sup> ]
Gennaio	5,7	176,7
Febbraio	8,83	247,24
Marzo	12,25	379,75
Aprile	17,4	522
Maggio	21,25	658,75
Giugno	26,31	789,3
Luglio	24,8	768,8
Agosto	21,46	665,26
Settembre	16,26	487,8
Ottobre	10,79	334,49
Novembre	7,71	231,3
Dicembre	5,22	161,82

### TABELLA PRODUZIONE ENERGIA

Mese	Totale giornaliero [kWh]	Totale mensile [kWh]
Gennaio	51060,781	1582884,21
Febbraio	68203,079	1909686,224
Marzo	85381,326	2646821,117
Aprile	105334,703	3160041,084
Maggio	119272,061	3697433,896
Giugno	156843,22	4705296,585
Luglio	145464,339	4509394,518
Agosto	134519,419	4170101,988
Settembre	112775,018	3383250,547
Ottobre	88239,224	2735415,953
Novembre	76240,467	2287214,004

Dicembre	50144,772	1554487,934
----------	-----------	-------------

## ESPOSIZIONI

L'impianto fotovoltaico è composto da 10 generatori distribuiti su 1 esposizioni come di seguito definite:

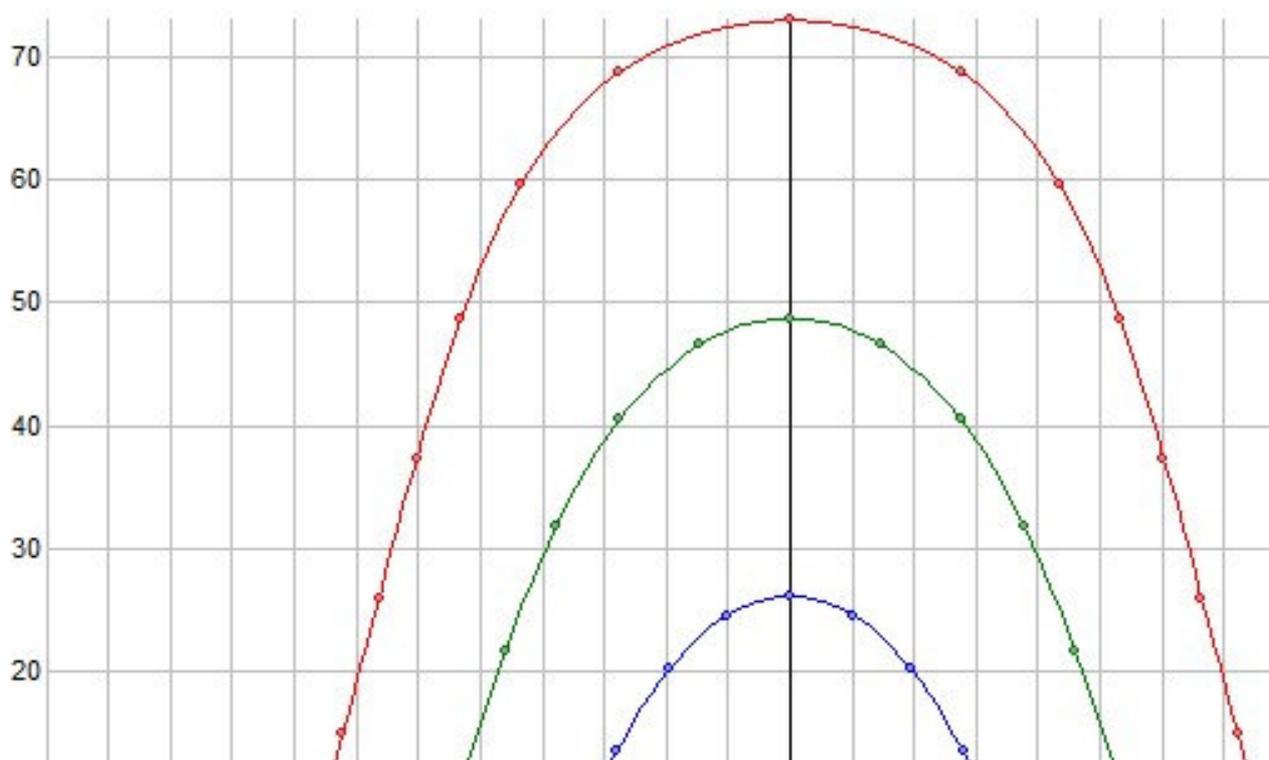
Descrizione	Tipo realizzazione	Tipo installazione	Orient.	Inclin.	Ombra.
Esposizione 1	Impianto FV	Inseguitore ad asse inclinato	0°	60°	0 %

### Esposizione 1

Esposizione 1 sarà esposta con un sistema di inseguimento ad un asse per massimizzare l'irradiazione giornaliera ed avrà un'inclinazione rispetto all'orizzontale di 60,00° (tilt).

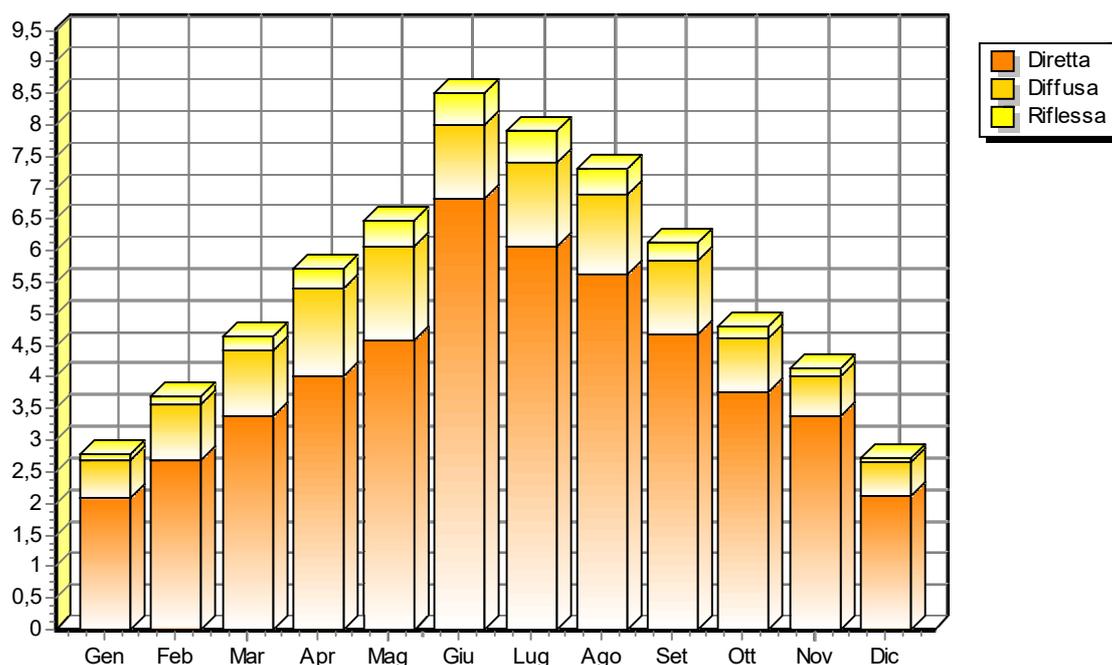
La produzione di energia dell'esposizione Esposizione 1 è condizionata da alcuni fattori di ombreggiamento che determinano una riduzione della radiazione solare nella misura del 0 %.

### DIAGRAMMA DI OMBREGGIAMENTO



## DIAGRAMMA RADIAZIONE SOLARE

Radiazione solare giornaliera media sul piano dei moduli (kWh/m<sup>2</sup>)



## TABELLA DI RADIAZIONE SOLARE

Mese	Radiazione Diretta [kWh/m <sup>2</sup> ]	Radiazione Diffusa [kWh/m <sup>2</sup> ]	Radiazione Riflessa [kWh/m <sup>2</sup> ]	Totale giornaliero [kWh/m <sup>2</sup> ]	Totale mensile [kWh/m <sup>2</sup> ]
Gennaio	2,088	0,602	0,083	2,773	85,953
Febbraio	2,681	0,889	0,133	3,704	103,698
Marzo	3,388	1,05	0,198	4,636	143,726
Aprile	4,03	1,379	0,311	5,72	171,594
Maggio	4,588	1,475	0,413	6,477	200,775
Giugno	6,816	1,169	0,531	8,517	255,503
Luglio	6,079	1,327	0,493	7,899	244,866
Agosto	5,631	1,276	0,398	7,305	226,442
Settembre	4,675	1,176	0,273	6,124	183,715
Ottobre	3,766	0,86	0,166	4,791	148,536
Novembre	3,387	0,64	0,113	4,14	124,198
Dicembre	2,104	0,544	0,075	2,723	84,411

Irradiazione giornaliera media annua = 5,40 kWh/mq\*giorno

## STRUTTURE DI SOSTEGNO

Le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici saranno costituite da un sistema ad inseguimento solare (tracker) comandate da un azionamento lineare controllato da un programma astronomico per il supporto dei moduli ciascuna alloggiante 2\*28 moduli fotovoltaici disposti in orizzontale su doppia fila. E' prevista l'installazione di nr 626 tracker.



Struttura di sostegno "tracker"

## Generatore FV 1

Il generatore è composto da n° 3528 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0,8 % annuo.

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Tipo di realizzazione:	Impianto FV su terreno
Numero di moduli:	3528
Numero inverter:	4
Potenza nominale:	2010960 W
Grado di efficienza:	100,5 %

DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	JINKO SOLAR
Sigla:	TR 78M MONOFACCIALE JKM570M-7RL4-V
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	570 W
Rendimento:	20,9 %
Tensione nominale:	44,5 V
Tensione a vuoto:	53,1 V
Corrente nominale:	12,8 A
Corrente di corto circuito:	13,7 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1134 mm x 2411 mm
Peso:	30,9 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio)

rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

## GRUPPO DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- ❑ Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ❑ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ❑ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- ❑ Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- ❑ Conformità marchio CE.
- ❑ Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- ❑ Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- ❑ Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- ❑ Efficienza massima  $\geq 90$  % al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 4 inverter.

Dati costruttivi degli inverter	
Costruttore	ABB Spa
Sigla	PVS800 - 500KW PVS800-2021
Inseguitori	1
Ingressi per inseguitore	12
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale	500 kW
Potenza massima	500 kW
Potenza massima per inseguitore	500 kW
Tensione nominale	825 V
Tensione massima	1000 V
Tensione minima per inseguitore	450 V
Tensione massima per inseguitore	825 V

Tensione nominale di uscita	300 Vac
Corrente nominale	1145 A
Corrente massima	1145 A
Corrente massima per inseguitore	1145 A
Rendimento	0,98

Inverter 1	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

Inverter 2	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

Inverter 3	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

Inverter 4	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

## DIMENSIONAMENTO

La potenza nominale del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 570 \text{ W} * 3528 = 2010960 \text{ W}$$

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m<sup>2</sup> a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energia [kWh]
Esposizione 1	3528	1.973,42	3.968.459,95

$$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 3656833,2 \text{ kWh}$$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento	0,0 %
Perdite per aumento di temperatura	4,7 %
Perdite di mismatching	1,0 %
Perdite in corrente continua	0,0 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...)	0,5 %
Perdite per conversione	1,8 %
<b>Perdite totali</b>	<b>7,9 %</b>

#### TABELLA PERDITE PER OMBREGGIAMENTO

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	159274,1	159274,1	0,0 %
Febbraio	192157,8	192157,8	0,0 %
Marzo	266330,3	266330,3	0,0 %
Aprile	317971,9	317971,9	0,0 %
Maggio	372045,8	372045,8	0,0 %
Giugno	473459,7	473459,7	0,0 %
Luglio	453747,5	453747,5	0,0 %
Agosto	419607,0	419607,0	0,0 %
Settembre	340431,8	340431,8	0,0 %
Ottobre	275245,0	275245,0	0,0 %
Novembre	230145,7	230145,7	0,0 %
Dicembre	156416,8	156416,8	0,0 %
Anno	3656833,2	3656833,2	0,0 %

#### CAVI ELETTRICI E CABLAGGI

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- Tipo H1Z2Z2-K se in esterno o FG16OR16 se in cavidotti su percorsi interrati
- Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- ❑ Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- ❑ Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- ❑ Conduttore di fase: grigio / marrone
- ❑ Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco. Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

Cablaggio: **Cavo di stringa**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	50 m
Lunghezza di dimensionamento:	50 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	17 - cavi unipolari con guaina sospesi a od incorporati in fili o corde di supporto
Disposizione:	Strato su scala posa cavi o graffato ad un sostegno
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	S1ZZ-F 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	1x(1x6)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	0
Sez. negativo/neutro:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	12,8 A
Corrente di c.c. moduli	846,9 A

Cablaggio: **Stringa - Q. Campo**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	50 m
Lunghezza di dimensionamento:	50 m

Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	S1ZZ-F 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	2x(1x10)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	10 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	1
Sez. negativo/neutro:	10 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	12,8 A
Corrente di c.c. moduli	846,9 A

Cablaggio: **Q. Campo - Q. Giunzione**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	1000 m
Lunghezza di dimensionamento:	700 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG7R 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	2x(8x70)+1G35
N° conduttori positivo/fase:	8
Sez. positivo/fase:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	8
Sez. negativo/neutro:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	35 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	76,8 A

Corrente di c.c. moduli	792,3 A
-------------------------	---------

Cablaggio: **Q. Giunzione - Q. Inverter**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	700 m
Lunghezza di dimensionamento:	700 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI 20-91 (HEPR)
Posa:	D - cavi unipolari con guaina in tubi protettivi circolari o non circolari interrati
Disposizione:	Raggruppati in aria, su una superficie, incassati o racchiusi
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG7R 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	HEPR
Formazione:	2x(8x70)+1G35
N° conduttori positivo/fase:	8
Sez. positivo/fase:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	8
Sez. negativo/neutro:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	35 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	76,8 A
Corrente di c.c. moduli	792,3 A

## QUADRI ELETTRICI

### □ Quadro di campo lato corrente continua

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

### □ Quadro di parallelo lato corrente alternata

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di in una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica .

## SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete. Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

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

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

## SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.

E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

## VERIFICHE

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- ❑ corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- ❑ continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- ❑ messa a terra di masse e scaricatori;
- ❑ isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Generatore FV1 soddisfa le seguenti condizioni:

### Limiti in tensione

Tensione minima  $V_n$  a 70,00 °C (530,0 V) maggiore di  $V_{mpp\ min.}$  (450,0 V)

Tensione massima  $V_n$  a -10,00 °C (696,6 V) inferiore a  $V_{mpp\ max.}$  (825,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (816,3 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1000,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (816,3 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500,0 V)

### Limiti in corrente

Corrente massima di ingresso riferita a  $I_{sc}$  (846,9 A) inferiore alla corrente massima inverter (1145,0 A)

### Limiti in potenza

Dimensionamento in potenza (99,0%) compreso tra 80,0% e il 120,0%

## Generatore FV 2

Il generatore è composto da n° 3472 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0,8 % annuo.

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Tipo di realizzazione:	Impianto FV su terreno
Numero di moduli:	3472

Numero inverter:	4
Potenza nominale:	1979040 W
Grado di efficienza:	99 %

<b>DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI</b>	
Costruttore:	JINKO SOLAR
Sigla:	TR 78M MONOFACCIALE JKM570M-7RL4-V
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
<b>Caratteristiche elettriche</b>	
Potenza massima:	570 W
Rendimento:	20,9 %
Tensione nominale:	44,5 V
Tensione a vuoto:	53,1 V
Corrente nominale:	12,8 A
Corrente di corto circuito:	13,7 A
<b>Dimensioni</b>	
Dimensioni:	1134 mm x 2411 mm
Peso:	30,9 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

## **GRUPPO DI CONVERSIONE**

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- ❑ Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ❑ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ❑ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- ❑ Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- ❑ Conformità marchio CE.
- ❑ Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- ❑ Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal

costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.

- Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- Efficienza massima  $\geq 90\%$  al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 4 inverter.

<b>Dati costruttivi degli inverter</b>	
Costruttore	ABB Spa
Sigla	PVS800 - 500KW PVS800-2021
Inseguitori	1
Ingressi per inseguitore	12
<b>Caratteristiche elettriche</b>	
Potenza nominale	500 kW
Potenza massima	500 kW
Potenza massima per inseguitore	500 kW
Tensione nominale	825 V
Tensione massima	1000 V
Tensione minima per inseguitore	450 V
Tensione massima per inseguitore	825 V
Tensione nominale di uscita	300 Vac
Corrente nominale	1145 A
Corrente massima	1145 A
Corrente massima per inseguitore	1145 A
Rendimento	0,98

<b>Inverter 1</b>	<b>MPPT 1</b>
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	62
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	868

<b>Inverter 2</b>	<b>MPPT 1</b>
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	62
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	868

<b>Inverter 3</b>	<b>MPPT 1</b>
Moduli in serie	14

Stringhe in parallelo	62
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	868

Inverter 4	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	62
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	868

## DIMENSIONAMENTO

La potenza nominale del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 570 \text{ W} * 3472 = 1979040 \text{ W}$$

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m<sup>2</sup> a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energia [kWh]
Esposizione 1	3472	1.973,42	3.905.468,52

$$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 3599111,8 \text{ kWh}$$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento	0,0 %
Perdite per aumento di temperatura	4,7 %
Perdite di mismatching	1,0 %
Perdite in corrente continua	0,0 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...)	0,5 %
Perdite per conversione	1,8 %
<b>Perdite totali</b>	<b>7,8 %</b>

### TABELLA PERDITE PER OMBREGGIAMENTO

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	156760,0	156760,0	0,0 %
Febbraio	189124,7	189124,7	0,0 %

Marzo	262126,4	262126,4	0,0 %
Aprile	312952,8	312952,8	0,0 %
Maggio	366173,2	366173,2	0,0 %
Giugno	465986,3	465986,3	0,0 %
Luglio	446585,3	446585,3	0,0 %
Agosto	412983,6	412983,6	0,0 %
Settembre	335058,3	335058,3	0,0 %
Ottobre	270900,3	270900,3	0,0 %
Novembre	226512,9	226512,9	0,0 %
Dicembre	153947,8	153947,8	0,0 %
Anno	3599111,8	3599111,8	0,0 %

## CAVI ELETTRICI E CABLAGGI

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- Tipo H1Z2Z2-K se in esterno o FG16OR16 se in cavidotti su percorsi interrati
- Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco. Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

Cablaggio: **Cavo di stringa**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	50 m
Lunghezza di dimensionamento:	50 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	17 - cavi unipolari con guaina sospesi a od incorporati in fili o corde di supporto
Disposizione:	Strato su scala posa cavi o graffato ad un sostegno
Tipo cavo:	Unipolare

Materiale:	Rame
Designazione:	S1ZZ-F 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	1x(1x6)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	0
Sez. negativo/neutro:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	12,8 A
Corrente di c.c. moduli	833,3 A

Cablaggio: **Stringa - Q. Campo**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	50 m
Lunghezza di dimensionamento:	50 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	S1ZZ-F 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	2x(1x10)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	10 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	1
Sez. negativo/neutro:	10 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	12,8 A
Corrente di c.c. moduli	833,3 A

Cablaggio: **Q. Campo - Q. Giunzione**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	100 m

Lunghezza di dimensionamento:	700 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG7R 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	2x(8x70)+1G35
N° conduttori positivo/fase:	8
Sez. positivo/fase:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	8
Sez. negativo/neutro:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	35 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	76,8 A
Corrente di c.c. moduli	778,6 A

Cablaggio: **Q. Giunzione - Q. Inverter**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	700 m
Lunghezza di dimensionamento:	700 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI 20-91 (HEPR)
Posa:	D - cavi unipolari con guaina in tubi protettivi circolari o non circolari interrati
Disposizione:	Raggruppati in aria, su una superficie, incassati o racchiusi
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG7R 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	HEPR
Formazione:	2x(8x70)+1G35
N° conduttori positivo/fase:	8
Sez. positivo/fase:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	8
Sez. negativo/neutro:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	35 mm <sup>2</sup>

Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	76,8 A
Corrente di c.c. moduli	778,6 A

## QUADRI ELETTRICI

### ❑ **Quadro di campo lato corrente continua**

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

### ❑ **Quadro di parallelo lato corrente alternata**

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di in una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica .

## SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete. Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

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

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

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

## SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.

E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

## VERIFICHE

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- ❑ corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- ❑ continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- ❑ messa a terra di masse e scaricatori;
- ❑ isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Generatore FV 2 soddisfa le seguenti condizioni:

#### **Limiti in tensione**

Tensione minima  $V_n$  a 70,00 °C (530,0 V) maggiore di  $V_{mpp}$  min. (450,0 V)

Tensione massima  $V_n$  a -10,00 °C (696,6 V) inferiore a  $V_{mpp}$  max. (825,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (816,3 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1000,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (816,3 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500,0 V)

#### **Limiti in corrente**

Corrente massima di ingresso riferita a  $I_{sc}$  (846,9 A) inferiore alla corrente massima inverter (1145,0 A)

#### **Limiti in potenza**

Dimensionamento in potenza (99,0%) compreso tra 80,0% e il 120,0%

### **Generatore FV 3**

Il generatore è composto da n° 3472 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0,8 % annuo.

<b>CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO</b>	
Tipo di realizzazione:	Impianto FV su terreno
Numero di moduli:	3472
Numero inverter:	4
Potenza nominale:	1979040 W
Grado di efficienza:	99 %

<b>DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI</b>	
Costruttore:	JINKO SOLAR
Sigla:	TR 78M MONOFACCIALE JKM570M-7RL4-V
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
<b>Caratteristiche elettriche</b>	
Potenza massima:	570 W
Rendimento:	20,9 %
Tensione nominale:	44,5 V
Tensione a vuoto:	53,1 V
Corrente nominale:	12,8 A
Corrente di corto circuito:	13,7 A
<b>Dimensioni</b>	
Dimensioni:	1134 mm x 2411 mm
Peso:	30,9 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

## GRUPPO DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- ❑ Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ❑ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ❑ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- ❑ Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- ❑ Conformità marchio CE.
- ❑ Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- ❑ Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- ❑ Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- ❑ Efficienza massima  $\geq 90$  % al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 4 inverter.

Dati costruttivi degli inverter	
Costruttore	ABB Spa
Sigla	PVS800 - 500KW PVS800-2021
Inseguitori	1
Ingressi per inseguitore	12
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale	500 kW
Potenza massima	500 kW
Potenza massima per inseguitore	500 kW
Tensione nominale	825 V
Tensione massima	1000 V
Tensione minima per inseguitore	450 V
Tensione massima per inseguitore	825 V
Tensione nominale di uscita	300 Vac
Corrente nominale	1145 A
Corrente massima	1145 A
Corrente massima per inseguitore	1145 A

Rendimento	0,98
------------	------

Inverter 1	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	62
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	868

Inverter 2	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	62
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	868

Inverter 3	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	62
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	868

Inverter 4	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	62
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	868

## DIMENSIONAMENTO

La potenza nominale del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 570 \text{ W} * 3472 = 1979040 \text{ W}$$

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m<sup>2</sup> a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energia [kWh]
Esposizione 1	3472	1.973,42	3.905.468,52

$$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 3599484,7 \text{ kWh}$$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento	0,0 %
Perdite per aumento di temperatura	4,7 %
Perdite di mismatching	1,0 %
Perdite in corrente continua	0,0 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...)	0,5 %
Perdite per conversione	1,8 %
<b>Perdite totali</b>	<b>7,8 %</b>

### TABELLA PERDITE PER OMBREGGIAMENTO

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	156776,3	156776,3	0,0 %
Febbraio	189144,3	189144,3	0,0 %
Marzo	262153,6	262153,6	0,0 %
Aprile	312985,3	312985,3	0,0 %
Maggio	366211,2	366211,2	0,0 %
Giugno	466034,6	466034,6	0,0 %
Luglio	446631,6	446631,6	0,0 %
Agosto	413026,4	413026,4	0,0 %
Settembre	335093,0	335093,0	0,0 %
Ottobre	270928,4	270928,4	0,0 %
Novembre	226536,4	226536,4	0,0 %
Dicembre	153963,8	153963,8	0,0 %
Anno	3599484,7	3599484,7	0,0 %

### CAVI ELETTRICI E CABLAGGI

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- Tipo H1Z2Z2-K se in esterno o FG16OR16 se in cavidotti su percorsi interrati
- Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco. Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

Cablaggio: **Cavo di stringa**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	50 m
Lunghezza di dimensionamento:	50 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	17 - cavi unipolari con guaina sospesi a od incorporati in fili o corde di supporto
Disposizione:	Strato su scala posa cavi o graffato ad un sostegno
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	S1ZZ-F 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	1x(1x6)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	0
Sez. negativo/neutro:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	12,8 A
Corrente di c.c. moduli	833,3 A

Cablaggio: **Stringa - Q. Campo**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	50 m
Lunghezza di dimensionamento:	50 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame

Designazione:	S1ZZ-F 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	2x(1x10)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	10 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	1
Sez. negativo/neutro:	10 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	12,8 A
Corrente di c.c. moduli	833,3 A

Cablaggio: **Q. Campo - Q. Giunzione**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	100 m
Lunghezza di dimensionamento:	700 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG7R 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	2x(8x70)+1G35
N° conduttori positivo/fase:	8
Sez. positivo/fase:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	8
Sez. negativo/neutro:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	35 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	76,8 A
Corrente di c.c. moduli	778,6 A

Cablaggio: **Q. Giunzione - Q. Inverter**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	700 m
Lunghezza di dimensionamento:	700 m

Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI 20-91 (HEPR)
Posa:	D - cavi unipolari con guaina in tubi protettivi circolari o non circolari interrati
Disposizione:	Raggruppati in aria, su una superficie, incassati o racchiusi
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG7R 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	HEPR
Formazione:	2x(8x70)+1G35
N° conduttori positivo/fase:	8
Sez. positivo/fase:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	8
Sez. negativo/neutro:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	35 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	76,8 A
Corrente di c.c. moduli	778,6 A

## QUADRI ELETTRICI

### □ Quadro di campo lato corrente continua

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

### □ Quadro di parallelo lato corrente alternata

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di in una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica.

## SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete. Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

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

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

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

## SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.

E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

## VERIFICHE

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- ❑ corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- ❑ continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- ❑ messa a terra di masse e scaricatori;
- ❑ isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Generatore FV 3 soddisfa le seguenti condizioni:

### Limiti in tensione

Tensione minima  $V_n$  a 70,00 °C (530,0 V) maggiore di  $V_{mpp \text{ min.}}$  (450,0 V)

Tensione massima  $V_n$  a -10,00 °C (696,6 V) inferiore a  $V_{mpp \text{ max.}}$  (825,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (816,3 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1000,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (816,3 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500,0 V)

### Limiti in corrente

Corrente massima di ingresso riferita a  $I_{sc}$  (846,9 A) inferiore alla corrente massima inverter (1145,0 A)

### Limiti in potenza

Dimensionamento in potenza (99,0%) compreso tra 80,0% e il 120,0%

## Generatore FV 4

Il generatore è composto da n° 3528 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0,8 % annuo.

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Tipo di realizzazione:	Impianto FV su terreno
Numero di moduli:	3528
Numero inverter:	4
Potenza nominale:	2010960 W
Grado di efficienza:	100,5 %

DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	JINKO SOLAR
Sigla:	TR 78M MONOFACCIALE JKM570M-7RL4-V
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	570 W

Rendimento:	20,9 %
Tensione nominale:	44,5 V
Tensione a vuoto:	53,1 V
Corrente nominale:	12,8 A
Corrente di corto circuito:	13,7 A
<b>Dimensioni</b>	
Dimensioni:	1134 mm x 2411 mm
Peso:	30,9 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

## GRUPPO DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- ❑ Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ❑ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ❑ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- ❑ Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- ❑ Conformità marchio CE.
- ❑ Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- ❑ Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- ❑ Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- ❑ Efficienza massima  $\geq 90$  % al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 4 inverter.

Dati costruttivi degli inverter	
Costruttore	ABB Spa
Sigla	PVS800 - 500KW PVS800-2021
Inseguitori	1

Ingressi per inseguitore	12
<b>Caratteristiche elettriche</b>	
Potenza nominale	500 kW
Potenza massima	500 kW
Potenza massima per inseguitore	500 kW
Tensione nominale	825 V
Tensione massima	1000 V
Tensione minima per inseguitore	450 V
Tensione massima per inseguitore	825 V
Tensione nominale di uscita	300 Vac
Corrente nominale	1145 A
Corrente massima	1145 A
Corrente massima per inseguitore	1145 A
Rendimento	0,98

<b>Inverter 1</b>	<b>MPPT 1</b>
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

<b>Inverter 2</b>	<b>MPPT 1</b>
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

<b>Inverter 3</b>	<b>MPPT 1</b>
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

<b>Inverter 4</b>	<b>MPPT 1</b>
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1

Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

## DIMENSIONAMENTO

La potenza nominale del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 570 \text{ W} * 3528 = 2010960 \text{ W}$$

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m<sup>2</sup> a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energia [kWh]
Esposizione 1	3528	1.973,42	3.968.459,95

$$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 3657540,9 \text{ kWh}$$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento	0,0 %
Perdite per aumento di temperatura	4,7 %
Perdite di mismatching	1,0 %
Perdite in corrente continua	0,0 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...)	0,5 %
Perdite per conversione	1,8 %
<b>Perdite totali</b>	<b>7,8 %</b>

### TABELLA PERDITE PER OMBREGGIAMENTO

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	159304,9	159304,9	0,0 %
Febbraio	192195,0	192195,0	0,0 %
Marzo	266381,8	266381,8	0,0 %
Aprile	318033,4	318033,4	0,0 %
Maggio	372117,8	372117,8	0,0 %
Giugno	473551,3	473551,3	0,0 %
Luglio	453835,3	453835,3	0,0 %
Agosto	419688,2	419688,2	0,0 %
Settembre	340497,7	340497,7	0,0 %
Ottobre	275298,2	275298,2	0,0 %
Novembre	230190,2	230190,2	0,0 %

Dicembre	156447,1	156447,1	0,0 %
Anno	3657540,9	3657540,9	0,0 %

## CAVI ELETTRICI E CABLAGGI

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- Tipo H1Z2Z2-K se in esterno o FG16OR16 se in cavidotti su percorsi interrati
- Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco. Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

Cablaggio: **Cavo di stringa**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	50 m
Lunghezza di dimensionamento:	50 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	17 - cavi unipolari con guaina sospesi a od incorporati in fili o corde di supporto
Disposizione:	Strato su scala posa cavi o graffato ad un sostegno
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	S1ZZ-F 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	1x(1x6)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	0
Sez. negativo/neutro:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	

Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	12,8 A
Corrente di c.c. moduli	846,9 A

Cablaggio: **Stringa - Q. Campo**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	50 m
Lunghezza di dimensionamento:	50 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	S1ZZ-F 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	2x(1x10)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	10 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	1
Sez. negativo/neutro:	10 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	12,8 A
Corrente di c.c. moduli	846,9 A

Cablaggio: **Q. Campo - Q. Giunzione**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	1000 m
Lunghezza di dimensionamento:	700 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG7R 0.6/1 kV

Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	2x(8x70)+1G35
N° conduttori positivo/fase:	8
Sez. positivo/fase:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	8
Sez. negativo/neutro:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	35 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	76,8 A
Corrente di c.c. moduli	792,3 A

Cablaggio: **Q. Giunzione - Q. Inverter**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	700 m
Lunghezza di dimensionamento:	700 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI 20-91 (HEPR)
Posa:	D - cavi unipolari con guaina in tubi protettivi circolari o non circolari interrati
Disposizione:	Raggruppati in aria, su una superficie, incassati o racchiusi
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG7R 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	HEPR
Formazione:	2x(8x70)+1G35
N° conduttori positivo/fase:	8
Sez. positivo/fase:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	8
Sez. negativo/neutro:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	35 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	76,8 A
Corrente di c.c. moduli	792,3 A

## QUADRI ELETTRICI

### □ Quadro di campo lato corrente continua

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

### □ Quadro di parallelo lato corrente alternata

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle

grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica .

## **SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA**

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete. Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

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

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

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

## **SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)**

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.

E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

## **VERIFICHE**

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Generatore FV 4 soddisfa le seguenti condizioni:

### **Limiti in tensione**

Tensione minima  $V_n$  a 70,00 °C (530,0 V) maggiore di  $V_{mpp \text{ min.}}$  (450,0 V)

Tensione massima  $V_n$  a -10,00 °C (696,6 V) inferiore a  $V_{mpp \text{ max.}}$  (825,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (816,3 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1000,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (816,3 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500,0 V)

### **Limiti in corrente**

Corrente massima di ingresso riferita a  $I_{sc}$  (846,9 A) inferiore alla corrente massima inverter (1145,0 A)

### **Limiti in potenza**

Dimensionamento in potenza (99,0%) compreso tra 80,0% e il 120,0%

## Generatore FV 5

Il generatore è composto da n° 3528 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0,8 % annuo.

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Tipo di realizzazione:	Impianto FV su terreno
Numero di moduli:	3528
Numero inverter:	4
Potenza nominale:	2010960 W
Grado di efficienza:	100,5 %

DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	JINKO SOLAR
Sigla:	TR 78M MONOFACCIALE JKM570M-7RL4-V
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	570 W
Rendimento:	20,9 %
Tensione nominale:	44,5 V
Tensione a vuoto:	53,1 V
Corrente nominale:	12,8 A
Corrente di corto circuito:	13,7 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1134 mm x 2411 mm
Peso:	30,9 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

## GRUPPO DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- ❑ Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ❑ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra,

- ovvero con sistema IT.
- ❑ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
  - ❑ Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
  - ❑ Conformità marchio CE.
  - ❑ Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
  - ❑ Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
  - ❑ Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
  - ❑ Efficienza massima  $\geq 90$  % al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 4 inverter.

<b>Dati costruttivi degli inverter</b>	
Costruttore	ABB Spa
Sigla	PVS800 - 500KW PVS800-2021
Inseguitori	1
Ingressi per inseguitore	12
<b>Caratteristiche elettriche</b>	
Potenza nominale	500 kW
Potenza massima	500 kW
Potenza massima per inseguitore	500 kW
Tensione nominale	825 V
Tensione massima	1000 V
Tensione minima per inseguitore	450 V
Tensione massima per inseguitore	825 V
Tensione nominale di uscita	300 Vac
Corrente nominale	1145 A
Corrente massima	1145 A
Corrente massima per inseguitore	1145 A
Rendimento	0,98

<b>Inverter 1</b>	<b>MPPT 1</b>
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

<b>Inverter 2</b>	<b>MPPT 1</b>
Moduli in serie	14

Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

Inverter 3	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

Inverter 4	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

## DIMENSIONAMENTO

La potenza nominale del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 570 \text{ W} * 3528 = 2010960 \text{ W}$$

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m<sup>2</sup> a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energia [kWh]
Esposizione 1	3528	1.973,42	3.968.459,95

$$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 3657465,4 \text{ kWh}$$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento	0,0 %
Perdite per aumento di temperatura	4,7 %
Perdite di mismatching	1,0 %
Perdite in corrente continua	0,0 %
Altre perdite (sporizia, tolleranze...)	0,5 %
Perdite per conversione	1,8 %

<b>Perdite totali</b>	<b>7,8 %</b>
-----------------------	--------------

**TABELLA PERDITE PER OMBREGGIAMENTO**

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	159301,6	159301,6	0,0 %
Febbraio	192191,0	192191,0	0,0 %
Marzo	266376,3	266376,3	0,0 %
Aprile	318026,9	318026,9	0,0 %
Maggio	372110,1	372110,1	0,0 %
Giugno	473541,5	473541,5	0,0 %
Luglio	453825,9	453825,9	0,0 %
Agosto	419679,5	419679,5	0,0 %
Settembre	340490,7	340490,7	0,0 %
Ottobre	275292,5	275292,5	0,0 %
Novembre	230185,4	230185,4	0,0 %
Dicembre	156443,8	156443,8	0,0 %
Anno	3657465,4	3657465,4	0,0 %

**CAVI ELETTRICI E CABLAGGI**

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- Tipo H1Z2Z2-K se in esterno o FG16OR16 se in cavidotti su percorsi interrati
- Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco. Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

Cablaggio: **Cavo di stringa**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	50 m
Lunghezza di dimensionamento:	50 m

Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	17 - cavi unipolari con guaina sospesi a od incorporati in fili o corde di supporto
Disposizione:	Strato su scala posa cavi o graffato ad un sostegno
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	S1ZZ-F 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	1x(1x6)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	0
Sez. negativo/neutro:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	12,8 A
Corrente di c.c. moduli	846,9 A

Cablaggio: **Stringa - Q. Campo**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	50 m
Lunghezza di dimensionamento:	50 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	S1ZZ-F 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	2x(1x10)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	10 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	1
Sez. negativo/neutro:	10 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	624 V

Corrente d'impiego:	12,8 A
Corrente di c.c. moduli	846,9 A

Cablaggio: **Q. Campo - Q. Giunzione**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	1000 m
Lunghezza di dimensionamento:	700 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG7R 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	2x(8x70)+1G35
N° conduttori positivo/fase:	8
Sez. positivo/fase:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	8
Sez. negativo/neutro:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	35 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	76,8 A
Corrente di c.c. moduli	792,3 A

Cablaggio: **Q. Giunzione - Q. Inverter**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	700 m
Lunghezza di dimensionamento:	700 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI 20-91 (HEPR)
Posa:	D - cavi unipolari con guaina in tubi protettivi circolari o non circolari interrati
Disposizione:	Raggruppati in aria, su una superficie, incassati o racchiusi
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG7R 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	HEPR

Formazione:	2x(8x70)+1G35
N° conduttori positivo/fase:	8
Sez. positivo/fase:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	8
Sez. negativo/neutro:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	35 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	76,8 A
Corrente di c.c. moduli	792,3 A

## QUADRI ELETTRICI

### ❑ **Quadro di campo lato corrente continua**

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

### ❑ **Quadro di parallelo lato corrente alternata**

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di in una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica.

## SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete. Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

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

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

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

## SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.

E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

## VERIFICHE

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- ❑ corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- ❑ continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- ❑ messa a terra di masse e scaricatori;
- ❑ isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Generatore FV 5 soddisfa le seguenti condizioni:

#### Limiti in tensione

Tensione minima  $V_n$  a 70,00 °C (530,0 V) maggiore di  $V_{mpp \text{ min.}}$  (450,0 V)

Tensione massima  $V_n$  a -10,00 °C (696,6 V) inferiore a  $V_{mpp \text{ max.}}$  (825,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (816,3 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1000,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (816,3 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500,0 V)

#### Limiti in corrente

Corrente massima di ingresso riferita a  $I_{sc}$  (860,6 A) inferiore alla corrente massima inverter (1145,0 A)

#### Limiti in potenza

Dimensionamento in potenza (100,6%) compreso tra 80,0% e il 120,0%

## Generatore FV 6

Il generatore è composto da n° 3528 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0,8 % annuo.

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Tipo di realizzazione:	Impianto FV su terreno
Numero di moduli:	3528
Numero inverter:	4
Potenza nominale:	2010960 W
Grado di efficienza:	100,5 %

DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	Jinko Solar
Sigla:	TR78M JKM570M-7RL4-V
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	570 W
Rendimento:	20,9 %
Tensione nominale:	44,5 V
Tensione a vuoto:	53,1 V
Corrente nominale:	12,8 A
Corrente di corto circuito:	13,7 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1134 mm x 2411 mm

Peso:	30,9 kg
-------	---------

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

## GRUPPO DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- ❑ Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ❑ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ❑ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- ❑ Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- ❑ Conformità marchio CE.
- ❑ Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- ❑ Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- ❑ Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- ❑ Efficienza massima  $\geq 90$  % al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 4 inverter.

Dati costruttivi degli inverter	
Costruttore	ABB Spa
Sigla	PVS800 - 500KW PVS800-2021
Inseguitori	1
Ingressi per inseguitore	12
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale	500 kW
Potenza massima	500 kW
Potenza massima per inseguitore	500 kW
Tensione nominale	825 V
Tensione massima	1000 V

Tensione minima per inseguitore	450 V
Tensione massima per inseguitore	825 V
Tensione nominale di uscita	300 Vac
Corrente nominale	1145 A
Corrente massima	1145 A
Corrente massima per inseguitore	1145 A
Rendimento	0,98

Inverter 1	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

Inverter 2	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

Inverter 3	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

Inverter 4	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

## DIMENSIONAMENTO

La potenza nominale del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 570 \text{ W} * 3528 = 2010960 \text{ W}$$

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m<sup>2</sup> a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energia [kWh]
Esposizione 1	3528	1.973,42	3.968.459,95

$$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 3657540,9 \text{ kWh}$$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento	0,0 %
Perdite per aumento di temperatura	4,7 %
Perdite di mismatching	1,0 %
Perdite in corrente continua	0,0 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...)	0,5 %
Perdite per conversione	1,8 %
<b>Perdite totali</b>	<b>7,8 %</b>

#### TABELLA PERDITE PER OMBREGGIAMENTO

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	159304,9	159304,9	0,0 %
Febbraio	192195,0	192195,0	0,0 %
Marzo	266381,8	266381,8	0,0 %
Aprile	318033,4	318033,4	0,0 %
Maggio	372117,8	372117,8	0,0 %
Giugno	473551,3	473551,3	0,0 %
Luglio	453835,3	453835,3	0,0 %
Agosto	419688,2	419688,2	0,0 %
Settembre	340497,7	340497,7	0,0 %
Ottobre	275298,2	275298,2	0,0 %
Novembre	230190,2	230190,2	0,0 %
Dicembre	156447,1	156447,1	0,0 %
Anno	3657540,9	3657540,9	0,0 %

#### CAVI ELETTRICI E CABLAGGI

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC

- ❑ Tipo H1Z2Z2-K se in esterno o FG16OR16 se in cavidotti su percorsi interrati
- ❑ Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- ❑ Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- ❑ Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- ❑ Conduttore di fase: grigio / marrone
- ❑ Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco. Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

Cablaggio: **Cavo di stringa**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	50 m
Lunghezza di dimensionamento:	50 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	17 - cavi unipolari con guaina sospesi a od incorporati in fili o corde di supporto
Disposizione:	Strato su scala posa cavi o graffato ad un sostegno
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	S1ZZ-F 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	1x(1x6)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	0
Sez. negativo/neutro:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	12,8 A
Corrente di c.c. moduli	846,9 A

Cablaggio: **Stringa - Q. Campo**

Descrizione	Valore
Identificazione:	

Lunghezza complessiva:	50 m
Lunghezza di dimensionamento:	50 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	S1ZZ-F 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	2x(1x10)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	10 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	1
Sez. negativo/neutro:	10 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	12,8 A
Corrente di c.c. moduli	846,9 A

Cablaggio: **Q. Campo - Q. Giunzione**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	1000 m
Lunghezza di dimensionamento:	700 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG7R 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	2x(8x70)+1G35
N° conduttori positivo/fase:	8
Sez. positivo/fase:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	8
Sez. negativo/neutro:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	35 mm <sup>2</sup>

Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	76,8 A
Corrente di c.c. moduli	792,3 A

Cablaggio: **Q. Giunzione - Q. Inverter**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	700 m
Lunghezza di dimensionamento:	700 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI 20-91 (HEPR)
Posa:	D - cavi unipolari con guaina in tubi protettivi circolari o non circolari interrati
Disposizione:	Raggruppati in aria, su una superficie, incassati o racchiusi
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG7R 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	HEPR
Formazione:	2x(8x70)+1G35
N° conduttori positivo/fase:	8
Sez. positivo/fase:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	8
Sez. negativo/neutro:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	35 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	76,8 A
Corrente di c.c. moduli	792,3 A

## QUADRI ELETTRICI

### □ Quadro di campo lato corrente continua

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

### □ Quadro di parallelo lato corrente alternata

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica .

## SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete. Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente

sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni.  
Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa è ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata dovrà essere opportunamente protetta.  
La struttura di sostegno verrà regolarmente collegata all'impianto di terra esistente.

## SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.

E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

## VERIFICHE

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- ❑ corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- ❑ continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- ❑ messa a terra di masse e scaricatori;
- ❑ isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Generatore FV 6 soddisfa le seguenti condizioni:

### Limiti in tensione

Tensione minima  $V_n$  a 70,00 °C (530,0 V) maggiore di  $V_{mpp}$  min. (450,0 V)

Tensione massima  $V_n$  a -10,00 °C (696,6 V) inferiore a  $V_{mpp}$  max. (825,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (816,3 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1000,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (816,3 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500,0 V)

### Limiti in corrente

Corrente massima di ingresso riferita a  $I_{sc}$  (860,6 A) inferiore alla corrente massima inverter (1145,0 A)

### Limiti in potenza

Dimensionamento in potenza (100,6%) compreso tra 80,0% e il 120,0%

## Generatore FV 7

Il generatore è composto da n° 3528 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0,8 % annuo.

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Tipo di realizzazione:	Impianto FV su terreno
Numero di moduli:	3528

Numero inverter:	4
Potenza nominale:	2010960 W
Grado di efficienza:	100,5 %

<b>DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI</b>	
Costruttore:	JINKO SOLAR
Sigla:	TR 78M MONOFACCIALE JKM570M-7RL4-V
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
<b>Caratteristiche elettriche</b>	
Potenza massima:	570 W
Rendimento:	20,9 %
Tensione nominale:	44,5 V
Tensione a vuoto:	53,1 V
Corrente nominale:	12,8 A
Corrente di corto circuito:	13,7 A
<b>Dimensioni</b>	
Dimensioni:	1134 mm x 2411 mm
Peso:	30,9 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

## **GRUPPO DI CONVERSIONE**

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- ❑ Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ❑ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ❑ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- ❑ Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- ❑ Conformità marchio CE.
- ❑ Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- ❑ Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal

costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.

- Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- Efficienza massima  $\geq 90$  % al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 4 inverter.

<b>Dati costruttivi degli inverter</b>	
Costruttore	ABB Spa
Sigla	PVS800 - 500KW PVS800-2021
Inseguitori	1
Ingressi per inseguitore	12
<b>Caratteristiche elettriche</b>	
Potenza nominale	500 kW
Potenza massima	500 kW
Potenza massima per inseguitore	500 kW
Tensione nominale	825 V
Tensione massima	1000 V
Tensione minima per inseguitore	450 V
Tensione massima per inseguitore	825 V
Tensione nominale di uscita	300 Vac
Corrente nominale	1145 A
Corrente massima	1145 A
Corrente massima per inseguitore	1145 A
Rendimento	0,98

<b>Inverter 1</b>	<b>MPPT 1</b>
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

<b>Inverter 2</b>	<b>MPPT 1</b>
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

<b>Inverter 3</b>	<b>MPPT 1</b>
Moduli in serie	14

Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

Inverter 4	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

## DIMENSIONAMENTO

La potenza nominale del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 570 \text{ W} * 3528 = 2010960 \text{ W}$$

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m<sup>2</sup> a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energia [kWh]
Esposizione 1	3528	1.973,42	3.968.459,95

$$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 3657540,9 \text{ kWh}$$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento	0,0 %
Perdite per aumento di temperatura	4,7 %
Perdite di mismatching	1,0 %
Perdite in corrente continua	0,0 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...)	0,5 %
Perdite per conversione	1,8 %
<b>Perdite totali</b>	<b>7,8 %</b>

### TABELLA PERDITE PER OMBREGGIAMENTO

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	159304,9	159304,9	0,0 %
Febbraio	192195,0	192195,0	0,0 %

Marzo	266381,8	266381,8	0,0 %
Aprile	318033,4	318033,4	0,0 %
Maggio	372117,8	372117,8	0,0 %
Giugno	473551,3	473551,3	0,0 %
Luglio	453835,3	453835,3	0,0 %
Agosto	419688,2	419688,2	0,0 %
Settembre	340497,7	340497,7	0,0 %
Ottobre	275298,2	275298,2	0,0 %
Novembre	230190,2	230190,2	0,0 %
Dicembre	156447,1	156447,1	0,0 %
Anno	3657540,9	3657540,9	0,0 %

## CAVI ELETTRICI E CABLAGGI

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- Tipo H1Z2Z2-K se in esterno o FG16OR16 se in cavidotti su percorsi interrati
- Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco. Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

Cablaggio: **Cavo di stringa**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	50 m
Lunghezza di dimensionamento:	50 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	17 - cavi unipolari con guaina sospesi a od incorporati in fili o corde di supporto
Disposizione:	Strato su scala posa cavi o graffato ad un sostegno
Tipo cavo:	Unipolare

Materiale:	Rame
Designazione:	S1ZZ-F 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	1x(1x6)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	0
Sez. negativo/neutro:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	12,8 A
Corrente di c.c. moduli	846,9 A

Cablaggio: **Stringa - Q. Campo**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	50 m
Lunghezza di dimensionamento:	50 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	S1ZZ-F 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	2x(1x10)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	10 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	1
Sez. negativo/neutro:	10 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	12,8 A
Corrente di c.c. moduli	846,9 A

Cablaggio: **Q. Campo - Q. Giunzione**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	1000 m

Lunghezza di dimensionamento:	700 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG7R 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	2x(8x70)+1G35
N° conduttori positivo/fase:	8
Sez. positivo/fase:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	8
Sez. negativo/neutro:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	35 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	76,8 A
Corrente di c.c. moduli	792,3 A

Cablaggio: **Q. Giunzione - Q. Inverter**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	700 m
Lunghezza di dimensionamento:	700 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI 20-91 (HEPR)
Posa:	D - cavi unipolari con guaina in tubi protettivi circolari o non circolari interrati
Disposizione:	Raggruppati in aria, su una superficie, incassati o racchiusi
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG7R 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	HEPR
Formazione:	2x(8x70)+1G35
N° conduttori positivo/fase:	8
Sez. positivo/fase:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	8
Sez. negativo/neutro:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	35 mm <sup>2</sup>

Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	76,8 A
Corrente di c.c. moduli	792,3 A

## QUADRI ELETTRICI

### ❑ **Quadro di campo lato corrente continua**

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

### ❑ **Quadro di parallelo lato corrente alternata**

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di in una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica .

## SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete. Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

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

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

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

## SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.

E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

## VERIFICHE

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- ❑ corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- ❑ continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- ❑ messa a terra di masse e scaricatori;
- ❑ isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Generatore FV 7 soddisfa le seguenti condizioni:

**Limiti in tensione**

Tensione minima  $V_n$  a 70,00 °C (530,0 V) maggiore di  $V_{mpp}$  min. (450,0 V)

Tensione massima  $V_n$  a -10,00 °C (696,6 V) inferiore a  $V_{mpp}$  max. (825,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (816,3 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1000,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (816,3 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500,0 V)

**Limiti in corrente**

Corrente massima di ingresso riferita a  $I_{sc}$  (860,6 A) inferiore alla corrente massima inverter (1145,0 A)

**Limiti in potenza**

Dimensionamento in potenza (100,6%) compreso tra 80,0% e il 120,0%

**Generatore FV 8**

Il generatore è composto da n° 3528 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0,8 % annuo.

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Tipo di realizzazione:	Impianto FV su terreno
Numero di moduli:	3528
Numero inverter:	4
Potenza nominale:	2010960 W
Grado di efficienza:	100,5 %

DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	JINKO SOLAR
Sigla:	TR 78M MONOFACCIALE JKM570M-7RL4-V
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	570 W
Rendimento:	20,9 %
Tensione nominale:	44,5 V
Tensione a vuoto:	53,1 V
Corrente nominale:	12,8 A
Corrente di corto circuito:	13,7 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1134 mm x 2411 mm
Peso:	30,9 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

## GRUPPO DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- ❑ Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ❑ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ❑ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- ❑ Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- ❑ Conformità marchio CE.
- ❑ Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- ❑ Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- ❑ Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- ❑ Efficienza massima  $\geq 90$  % al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 4 inverter.

Dati costruttivi degli inverter	
Costruttore	ABB Spa
Sigla	PVS800 - 500KW PVS800-2021
Inseguitori	1
Ingressi per inseguitore	12
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale	500 kW
Potenza massima	500 kW
Potenza massima per inseguitore	500 kW
Tensione nominale	825 V
Tensione massima	1000 V
Tensione minima per inseguitore	450 V
Tensione massima per inseguitore	825 V
Tensione nominale di uscita	300 Vac
Corrente nominale	1145 A
Corrente massima	1145 A
Corrente massima per	1145 A

inseguitore	
Rendimento	0,98

Inverter 1	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

Inverter 2	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

Inverter 3	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

Inverter 4	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	63
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	882

## DIMENSIONAMENTO

La potenza nominale del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 570 \text{ W} * 3528 = 2010960 \text{ W}$$

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m<sup>2</sup> a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energia [kWh]
Esposizione 1	3528	1.973,42	3.968.459,95

$$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 3657540,9 \text{ kWh}$$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento	0,0 %
Perdite per aumento di temperatura	4,7 %
Perdite di mismatching	1,0 %
Perdite in corrente continua	0,0 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...)	0,5 %
Perdite per conversione	1,8 %
<b>Perdite totali</b>	<b>7,8 %</b>

### TABELLA PERDITE PER OMBREGGIAMENTO

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	159304,9	159304,9	0,0 %
Febbraio	192195,0	192195,0	0,0 %
Marzo	266381,8	266381,8	0,0 %
Aprile	318033,4	318033,4	0,0 %
Maggio	372117,8	372117,8	0,0 %
Giugno	473551,3	473551,3	0,0 %
Luglio	453835,3	453835,3	0,0 %
Agosto	419688,2	419688,2	0,0 %
Settembre	340497,7	340497,7	0,0 %
Ottobre	275298,2	275298,2	0,0 %
Novembre	230190,2	230190,2	0,0 %
Dicembre	156447,1	156447,1	0,0 %
Anno	3657540,9	3657540,9	0,0 %

### CAVI ELETTRICI E CABLAGGI

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- Tipo H1Z2Z2-K se in esterno o FG16OR16 se in cavidotti su percorsi interrati
- Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo

con "+" e del negativo con "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco. Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

Cablaggio: **Cavo di stringa**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	50 m
Lunghezza di dimensionamento:	50 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	17 - cavi unipolari con guaina sospesi a od incorporati in fili o corde di supporto
Disposizione:	Strato su scala posa cavi o graffato ad un sostegno
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	S1ZZ-F 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	1x(1x6)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	0
Sez. negativo/neutro:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	12,8 A
Corrente di c.c. moduli	846,9 A

Cablaggio: **Stringa - Q. Campo**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	50 m
Lunghezza di dimensionamento:	50 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare

Materiale:	Rame
Designazione:	S1ZZ-F 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	2x(1x10)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	10 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	1
Sez. negativo/neutro:	10 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	12,8 A
Corrente di c.c. moduli	846,9 A

Cablaggio: **Q. Campo - Q. Giunzione**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	1000 m
Lunghezza di dimensionamento:	700 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG7R 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	2x(8x70)+1G35
N° conduttori positivo/fase:	8
Sez. positivo/fase:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	8
Sez. negativo/neutro:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	35 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	76,8 A
Corrente di c.c. moduli	792,3 A

Cablaggio: **Q. Giunzione - Q. Inverter**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	700 m

Lunghezza di dimensionamento:	700 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI 20-91 (HEPR)
Posa:	D - cavi unipolari con guaina in tubi protettivi circolari o non circolari interrati
Disposizione:	Raggruppati in aria, su una superficie, incassati o racchiusi
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG7R 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	HEPR
Formazione:	2x(8x70)+1G35
N° conduttori positivo/fase:	8
Sez. positivo/fase:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	8
Sez. negativo/neutro:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	35 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	76,8 A
Corrente di c.c. moduli	792,3 A

## QUADRI ELETTRICI

### □ Quadro di campo lato corrente continua

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

### □ Quadro di parallelo lato corrente alternata

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica.

## SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete. Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

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

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

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

## SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software

dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.

E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

## VERIFICHE

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- ❑ corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- ❑ continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- ❑ messa a terra di masse e scaricatori;
- ❑ isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Generatore FV 9 soddisfa le seguenti condizioni:

### Limiti in tensione

Tensione minima  $V_n$  a 70,00 °C (530,0 V) maggiore di  $V_{mpp}$  min. (450,0 V)

Tensione massima  $V_n$  a -10,00 °C (696,6 V) inferiore a  $V_{mpp}$  max. (825,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (816,3 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1000,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (816,3 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500,0 V)

### Limiti in corrente

Corrente massima di ingresso riferita a  $I_{sc}$  (860,6 A) inferiore alla corrente massima inverter (1145,0 A)

### Limiti in potenza

Dimensionamento in potenza (100,6%) compreso tra 80,0% e il 120,0%

## Generatore FV 9

Il generatore è composto da n° 3472 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0,8 % annuo.

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Tipo di realizzazione:	Impianto FV su terreno
Numero di moduli:	3472
Numero inverter:	4
Potenza nominale:	1979040 W
Grado di efficienza:	99 %

DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	JINKO SOLAR
Sigla:	TR 78M MONOFACCIALE JKM570M-7RL4-V

Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
<b>Caratteristiche elettriche</b>	
Potenza massima:	570 W
Rendimento:	20,9 %
Tensione nominale:	44,5 V
Tensione a vuoto:	53,1 V
Corrente nominale:	12,8 A
Corrente di corto circuito:	13,7 A
<b>Dimensioni</b>	
Dimensioni:	1134 mm x 2411 mm
Peso:	30,9 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

## **GRUPPO DI CONVERSIONE**

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- ❑ Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ❑ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ❑ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- ❑ Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- ❑ Conformità marchio CE.
- ❑ Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- ❑ Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- ❑ Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- ❑ Efficienza massima  $\geq 90$  % al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 4 inverter.

<b>Dati costruttivi degli inverter</b>	
Costruttore	ABB Spa
Sigla	PVS800 - 500KW PVS800-2021
Inseguitori	1
Ingressi per inseguitore	12
<b>Caratteristiche elettriche</b>	
Potenza nominale	500 kW
Potenza massima	500 kW
Potenza massima per inseguitore	500 kW
Tensione nominale	825 V
Tensione massima	1000 V
Tensione minima per inseguitore	450 V
Tensione massima per inseguitore	825 V
Tensione nominale di uscita	300 Vac
Corrente nominale	1145 A
Corrente massima	1145 A
Corrente massima per inseguitore	1145 A
Rendimento	0,98

<b>Inverter 1</b>	<b>MPPT 1</b>
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	62
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	868

<b>Inverter 2</b>	<b>MPPT 1</b>
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	62
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	868

<b>Inverter 3</b>	<b>MPPT 1</b>
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	62
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	868

Inverter 4	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	62
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	868

## DIMENSIONAMENTO

La potenza nominale del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 570 \text{ W} * 3472 = 1979040 \text{ W}$$

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m<sup>2</sup> a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energia [kWh]
Esposizione 1	3472	1.973,42	3.905.468,52

$$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 3599484,7 \text{ kWh}$$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento	0,0 %
Perdite per aumento di temperatura	4,7 %
Perdite di mismatching	1,0 %
Perdite in corrente continua	0,0 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...)	0,5 %
Perdite per conversione	1,8 %
<b>Perdite totali</b>	<b>7,8 %</b>

## TABELLA PERDITE PER OMBREGGIAMENTO

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	156776,3	156776,3	0,0 %
Febbraio	189144,3	189144,3	0,0 %
Marzo	262153,6	262153,6	0,0 %
Aprile	312985,3	312985,3	0,0 %
Maggio	366211,2	366211,2	0,0 %
Giugno	466034,6	466034,6	0,0 %
Luglio	446631,6	446631,6	0,0 %

Agosto	413026,4	413026,4	0,0 %
Settembre	335093,0	335093,0	0,0 %
Ottobre	270928,4	270928,4	0,0 %
Novembre	226536,4	226536,4	0,0 %
Dicembre	153963,8	153963,8	0,0 %
Anno	3599484,7	3599484,7	0,0 %

## CAVI ELETTRICI E CABLAGGI

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- ❑ Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- ❑ Tipo H1Z2Z2-K se in esterno o FG16OR16 se in cavidotti su percorsi interrati
- ❑ Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- ❑ Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- ❑ Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- ❑ Conduttore di fase: grigio / marrone
- ❑ Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco. Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

Cablaggio: **Cavo di stringa**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	50 m
Lunghezza di dimensionamento:	50 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	17 - cavi unipolari con guaina sospesi a od incorporati in fili o corde di supporto
Disposizione:	Strato su scala posa cavi o graffato ad un sostegno
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	S1ZZ-F 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	1x(1x6)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	6 mm <sup>2</sup>

N° conduttori negativo/neutro:	0
Sez. negativo/neutro:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	12,8 A
Corrente di c.c. moduli	833,3 A

Cablaggio: **Stringa - Q. Campo**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	50 m
Lunghezza di dimensionamento:	50 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	S1ZZ-F 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	2x(1x10)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	10 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	1
Sez. negativo/neutro:	10 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	12,8 A
Corrente di c.c. moduli	833,3 A

Cablaggio: **Q. Campo - Q. Giunzione**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	100 m
Lunghezza di dimensionamento:	700 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti

Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG7R 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	2x(8x70)+1G35
N° conduttori positivo/fase:	8
Sez. positivo/fase:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	8
Sez. negativo/neutro:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	35 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	76,8 A
Corrente di c.c. moduli	778,6 A

Cablaggio: **Q. Giunzione - Q. Inverter**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	700 m
Lunghezza di dimensionamento:	700 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI 20-91 (HEPR)
Posa:	D - cavi unipolari con guaina in tubi protettivi circolari o non circolari interrati
Disposizione:	Raggruppati in aria, su una superficie, incassati o racchiusi
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG7R 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	HEPR
Formazione:	2x(8x70)+1G35
N° conduttori positivo/fase:	8
Sez. positivo/fase:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	8
Sez. negativo/neutro:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	35 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	76,8 A
Corrente di c.c. moduli	778,6 A

## QUADRI ELETTRICI

- **Quadro di campo lato corrente continua**

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

#### □ **Quadro di parallelo lato corrente alternata**

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica.

## **SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA**

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete. Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

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

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

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

## **SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)**

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.

E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

## **VERIFICHE**

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Generatore FV 9 soddisfa le seguenti condizioni:

### **Limiti in tensione**

Tensione minima  $V_n$  a 70,00 °C (530,0 V) maggiore di  $V_{mpp \text{ min.}}$  (450,0 V)

Tensione massima  $V_n$  a -10,00 °C (696,6 V) inferiore a  $V_{mpp \text{ max.}}$  (825,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (816,3 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1000,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (816,3 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500,0 V)

### **Limiti in corrente**

Corrente massima di ingresso riferita a  $I_{sc}$  (860,6 A) inferiore alla corrente massima inverter (1145,0 A)

### **Limiti in potenza**

Dimensionamento in potenza (100,6%) compreso tra 80,0% e il 120,0%

## **Generatore FV 10**

Il generatore è composto da n° 3472 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0,8 % annuo.

<b>CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO</b>	
Tipo di realizzazione:	Impianto FV su terreno
Numero di moduli:	3472
Numero inverter:	4
Potenza nominale:	1979040 W
Grado di efficienza:	99 %

<b>DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI</b>	
Costruttore:	JINKO SOLAR
Sigla:	TR 78M MONOFACCIALE JKM570M-7RL4-V
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
<b>Caratteristiche elettriche</b>	
Potenza massima:	570 W
Rendimento:	20,9 %
Tensione nominale:	44,5 V
Tensione a vuoto:	53,1 V
Corrente nominale:	12,8 A
Corrente di corto circuito:	13,7 A
<b>Dimensioni</b>	
Dimensioni:	1134 mm x 2411 mm
Peso:	30,9 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

## **GRUPPO DI CONVERSIONE**

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- ❑ Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ❑ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ❑ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- ❑ Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- ❑ Conformità marchio CE.
- ❑ Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- ❑ Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- ❑ Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- ❑ Efficienza massima  $\geq 90$  % al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 4 inverter.

Dati costruttivi degli inverter	
Costruttore	ABB Spa
Sigla	PVS800 - 500KW PVS800-2021
Inseguitori	1
Ingressi per inseguitore	12
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale	500 kW
Potenza massima	500 kW
Potenza massima per inseguitore	500 kW
Tensione nominale	825 V
Tensione massima	1000 V
Tensione minima per inseguitore	450 V
Tensione massima per inseguitore	825 V
Tensione nominale di uscita	300 Vac
Corrente nominale	1145 A
Corrente massima	1145 A
Corrente massima per inseguitore	1145 A
Rendimento	0,98

Inverter 1	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	62
Esposizioni	Esposizione 1

Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	868

Inverter 2	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	62
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	868

Inverter 3	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	62
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	868

Inverter 4	MPPT 1
Moduli in serie	14
Stringhe in parallelo	62
Esposizioni	Esposizione 1
Tensione di MPP (STC)	623,7 V
Numero di moduli	868

## DIMENSIONAMENTO

La potenza nominale del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 570 \text{ W} * 3472 = 1979040 \text{ W}$$

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m<sup>2</sup> a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energia [kWh]
Esposizione 1	3472	1.973,42	3.905.468,52

$$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 3599484,7 \text{ kWh}$$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento	0,0 %
Perdite per aumento di temperatura	4,7 %

Perdite di mismatching	1,0 %
Perdite in corrente continua	0,0 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...)	0,5 %
Perdite per conversione	1,8 %
<b>Perdite totali</b>	<b>7,8 %</b>

### TABELLA PERDITE PER OMBREGGIAMENTO

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	156776,3	156776,3	0,0 %
Febbraio	189144,3	189144,3	0,0 %
Marzo	262153,6	262153,6	0,0 %
Aprile	312985,3	312985,3	0,0 %
Maggio	366211,2	366211,2	0,0 %
Giugno	466034,6	466034,6	0,0 %
Luglio	446631,6	446631,6	0,0 %
Agosto	413026,4	413026,4	0,0 %
Settembre	335093,0	335093,0	0,0 %
Ottobre	270928,4	270928,4	0,0 %
Novembre	226536,4	226536,4	0,0 %
Dicembre	153963,8	153963,8	0,0 %
Anno	3599484,7	3599484,7	0,0 %

### CAVI ELETTRICI E CABLAGGI

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- Tipo H1Z2Z2-K se in esterno o FG16OR16 se in cavidotti su percorsi interrati
- Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco. Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

Cablaggio: **Cavo di stringa**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	50 m
Lunghezza di dimensionamento:	50 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	17 - cavi unipolari con guaina sospesi a od incorporati in fili o corde di supporto
Disposizione:	Strato su scala posa cavi o graffato ad un sostegno
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	S1ZZ-F 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	1x(1x6)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	0
Sez. negativo/neutro:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	12,8 A
Corrente di c.c. moduli	833,3 A

Cablaggio: **Stringa - Q. Campo**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	50 m
Lunghezza di dimensionamento:	50 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	S1ZZ-F 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	2x(1x10)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	10 mm <sup>2</sup>

N° conduttori negativo/neutro:	1
Sez. negativo/neutro:	10 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	12,8 A
Corrente di c.c. moduli	833,3 A

Cablaggio: **Q. Campo - Q. Giunzione**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	100 m
Lunghezza di dimensionamento:	700 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG7R 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	2x(8x70)+1G35
N° conduttori positivo/fase:	8
Sez. positivo/fase:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	8
Sez. negativo/neutro:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	35 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	76,8 A
Corrente di c.c. moduli	778,6 A

Cablaggio: **Q. Giunzione - Q. Inverter**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	700 m
Lunghezza di dimensionamento:	700 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI 20-91 (HEPR)
Posa:	D - cavi unipolari con guaina in tubi protettivi circolari o non circolari interrati

Disposizione:	Raggruppati in aria, su una superficie, incassati o racchiusi
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG7R 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	HEPR
Formazione:	2x(8x70)+1G35
N° conduttori positivo/fase:	8
Sez. positivo/fase:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	8
Sez. negativo/neutro:	70 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	35 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	624 V
Corrente d'impiego:	76,8 A
Corrente di c.c. moduli	778,6 A

## QUADRI ELETTRICI

### □ Quadro di campo lato corrente continua

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

### □ Quadro di parallelo lato corrente alternata

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di in una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica.

## SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete. Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

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

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

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

## SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.

E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

## VERIFICHE

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche

tecnico-funzionali:

- ❑ corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- ❑ continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- ❑ messa a terra di masse e scaricatori;
- ❑ isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Generatore FV 10 soddisfa le seguenti condizioni:

#### **Limiti in tensione**

Tensione minima  $V_n$  a 70,00 °C (530,0 V) maggiore di  $V_{mpp\ min.}$  (450,0 V)

Tensione massima  $V_n$  a -10,00 °C (696,6 V) inferiore a  $V_{mpp\ max.}$  (825,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (816,3 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1000,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (816,3 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500,0 V)

#### **Limiti in corrente**

Corrente massima di ingresso riferita a  $I_{sc}$  (860,6 A) inferiore alla corrente massima inverter (1145,0 A)

#### **Limiti in potenza**

Dimensionamento in potenza (100,6%) compreso tra 80,0% e il 120,0%

<b>TABELLA TIPICA DI RIEPILOGO CAVI PER OGNI SOTTOCAMPO</b>					
<b>Codice</b>	<b>Costruttore</b>	<b>Form.</b>	<b>Des.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Lc</b>
Cavo di stringa		1x(1x6)	S1ZZ-F 0.6/1 kV		150 m
Stringa - Q. Campo		2x(1x10)	S1ZZ-F 0.6/1 kV		200 m
Q. Campo - Q. Giunzione		2x(8x70) +1G35	FG7R 0.6/1 kV		18700 m
Q. Giunzione - Q. Inverter		2x(8x70) +1G35	FG7R 0.6/1 kV		23800 m
Stringa - Q. Inverter		2x(1x10)	S1ZZ-F 0.6/1 kV		100 m

## **RIFERIMENTI NORMATIVI**

La normativa e le leggi di riferimento da rispettare per la progettazione e realizzazione degli impianti fotovoltaici sono:

### **1) Moduli fotovoltaici**

- CEI EN 61215 (CEI 82-8): Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;
- CEI EN 61646 (CEI 82-12): Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri - Qualifica del progetto e approvazione di tipo;
- CEI EN 62108 (CEI 82-30): Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) - Qualifica di progetto e approvazione di tipo;

- CEI EN 61730-1 (CEI 82-27) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 1: Prescrizioni per la costruzione;
- CEI EN 61730-2 (CEI 82-28) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 2: Prescrizioni per le prove;
- CEI EN 60904: Dispositivi fotovoltaici – Serie;
- CEI EN 50380 (CEI 82-22): Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;
- CEI EN 50521 (CEI 82-31) Connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove;
- CEI UNI EN ISO/IEC 17025:2008 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura.

## **2) Altri componenti degli impianti fotovoltaici**

- CEI EN 62093 (CEI 82-24): Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) – Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali;
- CEI EN 50524 (CEI 82-34) Fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici;
- CEI EN 50530 (CEI 82-35) Rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica;
- EN 62116 Test procedure of islanding prevention measures for utility-interconnected photovoltaic inverters;

## **3) Progettazione fotovoltaica**

- CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;
- UNI/TR 11328-1:2009 "Energia solare - Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia - Parte 1: Valutazione dell'energia raggiante ricevuta".

## **4) Impianti elettrici e fotovoltaici**

- CEI EN 61724 (CEI 82-15): Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;
- EN 62446 (CEI 82-38) Grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection;
- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- CEI EN 60445 (CEI 16-2): Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;
- CEI EN 60529 (CEI 70-1): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- CEI EN 60555-1 (CEI 77-2): Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni;
- CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti - Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso  $\leq 16$  A per fase);
- CEI 13-4: Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica;
- CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2);
- CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3);
- CEI EN 50470-1 (CEI 13-52) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparat di misura (indici di classe A, B e C)
- CEI EN 50470-3 (CEI 13-54) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 3: Prescrizioni particolari - Contatori statici per energia attiva (indici di classe A, B e C);
- CEI EN 62305 (CEI 81-10): Protezione contro i fulmini, serie;

- CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;
- CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata;
- CEI EN 60439 (CEI 17-13): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT), serie;
- CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI 20-91 Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.

## **5) Connessione degli impianti fotovoltaici alla rete elettrica**

- CEI 0-16 : Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI EN 50438 (CEI 311-1) Prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione;

Per la connessione degli impianti fotovoltaici alla rete elettrica si applica quanto prescritto nella deliberazione n. 99/08 (Testi integrati delle connessioni attive) dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas e successive modificazioni. Si applicano inoltre, per quanto compatibili con le norme sopra citate, i documenti tecnici emanati dai gestori di rete.

## **CONCLUSIONI**

Dovranno essere emessi e rilasciati dall'installatore i seguenti documenti:

- manuale di uso e manutenzione, inclusivo della pianificazione consigliata degli interventi di manutenzione;
- progetto esecutivo in versione "come costruito", corredato di schede tecniche dei materiali installati;
- dichiarazione attestante le verifiche effettuate e il relativo esito;
- dichiarazione di conformità ai sensi del DM 37/2008;
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità alla norma CEI EN 61215, per moduli al silicio cristallino, e alla CEI EN 61646 per moduli a film sottile;
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità del convertitore c.c./c.a. alle norme vigenti e, in particolare, alle CEI 11-20 qualora venga impiegato il dispositivo di interfaccia interno al convertitore stesso;
- certificati di garanzia relativi alle apparecchiature installate;
- garanzia sull'intero impianto e sulle relative prestazioni di funzionamento.

La ditta installatrice, oltre ad eseguire scrupolosamente quanto indicato nel presente progetto, dovrà eseguire tutti i lavori nel rispetto della REGOLA DELL'ARTE.