

REGIONE MARCHE  
PROVINCIA DI FERMO  
COMUNE DI FERMO





IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI  
RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA PRODUZIONE DI BIOMETANO

CIG: 9880245C18 – CUP: F62F18000070004

PROGETTO ESECUTIVO

NOME ELABORATO  <b>RELAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO</b>		CLASSE	<b>7.1</b>
		IMPIANTI ELETTRICI - RELAZIONI	
		N. TAVOLA	<b>7.1.2</b>
		FORMATO	<b>A4</b>
		SCALA	<b>/</b>
CODIFICA ELABORATO	<b>23008-OW-C-71-RS-007-GA0-0</b>		

00	25/09/2024	PRIMA EMISSIONE	A. BUTTICE'	C. BUTTICE'	R. MARTELLO
REV	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

Committente	Progettista indicato	Mandataria
 <b>CITTA' DI FERMO</b> <b>Settore IV e V</b> <b>Lavori Pubblici, Protezione Civile,</b> <b>Ambiente, Urbanistica, Patrimonio,</b> <b>Contratti e Appalti</b> Via Mazzini 4 63900 – Fermo (FM)  <b>DOTT. Mauro Fortuna</b> RUP	 Via Resuttana 360 90142 -PALERMO  OWAC Engineering Company S.R.L. <b>ING. Rocco Martello</b> Direttore Tecnico  UNI EN ISO 9001:2015 N. 30233/14/S UNI EN ISO 45001:2018 N. OHS-4849 UNI EN ISO 14001:2015 N. EMS-9477/S UNI/PdR 74 :2019 N. SGBIM-01/23 UNI/PdR 74:2019 N. 21042BIM	 Via del Cardoncello 22 70022 – Altamura (BA)  EDILALTA S.R.L. <b>DOTT. Angelantonio Disabato</b> Socio  Mandante  Via Bassa di Casalmoro 3 46041 – Asola (MN)  ANAERGIA S.R.L. <b>DOTT. Andrea Parisi</b> Istitore



00	A. BUTTICE'	25/09/2024	C. BUTTICE'	25/09/2024	R. MARTELLO	25/09/2024
REV	ESEGUITO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA

## SOMMARIO

DATI GENERALI DELL'IMPIANTO.....	2
SITO DI INSTALLAZIONE.....	2
DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO .....	2
DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO .....	3
EMISSIONI .....	3
RADIAZIONE SOLARE .....	4
ESPOSIZIONI.....	5
ATTIVAZIONE A SEZIONI .....	14
FV Depurazione (Falda SUD) .....	15
GRUPPO DI CONVERSIONE .....	15
DIMENSIONAMENTO .....	18
Quadri elettrici .....	20
VERIFICHE .....	21
PLANIMETRIA DEL GENERATORE .....	22
FV Depurazione (Falda NORD).....	22
GRUPPO DI CONVERSIONE .....	22
DIMENSIONAMENTO .....	25
Quadri elettrici .....	27
VERIFICHE .....	28
PLANIMETRIA DEL GENERATORE .....	29
FV Pretrattamento (Falda SUD-EST) .....	29
GRUPPO DI CONVERSIONE .....	29
DIMENSIONAMENTO .....	32
Quadri elettrici .....	34
VERIFICHE .....	35
PLANIMETRIA DEL GENERATORE .....	36
FV Pretrattamento (Falda NORD-EST) .....	36
GRUPPO DI CONVERSIONE .....	36
DIMENSIONAMENTO .....	39
Quadri elettrici .....	40
VERIFICHE .....	41
PLANIMETRIA DEL GENERATORE .....	42
SCHEMA UNIFILARE DELL'IMPIANTO .....	42
RIFERIMENTI NORMATIVI.....	42
CONCLUSIONI.....	44

## 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 nominale di 276,92 kW e potenza di picco di 297,98 kWp.

COMMITTENTE	
Committente:	Città di Fermo Settore IV e V
Indirizzo:	Via Mazzini, 4

## SITO DI INSTALLAZIONE

---

L'impianto Impianto Fotovoltaico Biodigestore Fermo presenta le seguenti caratteristiche: Progetto per la realizzazione di un impianto solare fotovoltaico della potenza complessiva di 297,98 kWp sito C.da San Biagio nel comune di Fermo (FM).

DATI RELATIVI ALLA LOCALITÀ DI INSTALLAZIONE	
Località:	Provincia di Fermo 63900 C.da San Biagio
Latitudine:	043°07'20"N
Longitudine:	013°40'36"E
Altitudine:	319 m
Fonte dati climatici:	ENEA
Albedo:	27 % Superfici scure di edifici

## DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

---

La quantità di energia elettrica producibile sarà calcolata sulla base dei dati radiometrici di cui alla norma ENEA e utilizzando i metodi di calcolo illustrati nella norma UNI 10349-1:2016.

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.

Non sarà ammesso il parallelo di stringhe non perfettamente identiche tra loro per esposizione, e/o marca, e/o modello, e/o numero dei moduli impiegati. Ciascun modulo, infine, sarà dotato di diodo di by-pass.

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

## DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto fotovoltaico è costituito da n° 4 generatori fotovoltaici composti da n° 634 moduli fotovoltaici e da n° 14 inverter.

La potenza di picco è di 297,98 kWp per una produzione di 360.849,9 kWh annui distribuiti su una superficie di 1.369,44 m<sup>2</sup>.

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

## EMISSIONI

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

Equivalenti di produzione termoelettrica	
Anidride solforosa (SO <sub>2</sub> ):	252,89 kg
Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ):	318,36 kg
Polveri:	11,30 kg
Anidride carbonica (CO <sub>2</sub> ):	188,19 t

Equivalenti di produzione geotermica	
Idrogeno solforato (H <sub>2</sub> S) (fluido geotermico):	11,06 kg
Anidride carbonica (CO <sub>2</sub> ):	2,13 t
Tonnellate equivalenti di petrolio (TEP):	67,48 TEP

## RADIAZIONE SOLARE

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

**TABELLA DI RADIAZIONE SOLARE SUL PIANO ORIZZONTALE**

Mese	Totale giornaliero [MJ/m <sup>2</sup> ]	Totale mensile [MJ/m <sup>2</sup> ]
Gennaio	5,9	182,9
Febbraio	8,4	235,2
Marzo	13,7	424,7
Aprile	17,7	531
Maggio	21,5	666,5
Giugno	23,4	702
Luglio	23,4	725,4
Agosto	20	620
Settembre	15,4	462
Ottobre	10,6	328,6
Novembre	6,6	198
Dicembre	5,1	158,1

**TABELLA PRODUZIONE ENERGIA**

Mese	Totale giornaliero [kWh]	Totale mensile [kWh]
Gennaio	408,004	12648,121
Febbraio	577,392	16166,985
Marzo	939,691	29130,415
Aprile	1216,685	36500,565
Maggio	1484,743	46027,034
Giugno	1620,837	48625,112
Luglio	1618,449	50171,909
Agosto	1377,044	42688,379
Settembre	1056,657	31699,698
Ottobre	727,911	22565,255
Novembre	455,607	13668,209
Dicembre	353,492	10958,252

## ESPOSIZIONI

---

L'impianto fotovoltaico è composto da 4 generatori distribuiti su 4 esposizioni come di seguito definite:

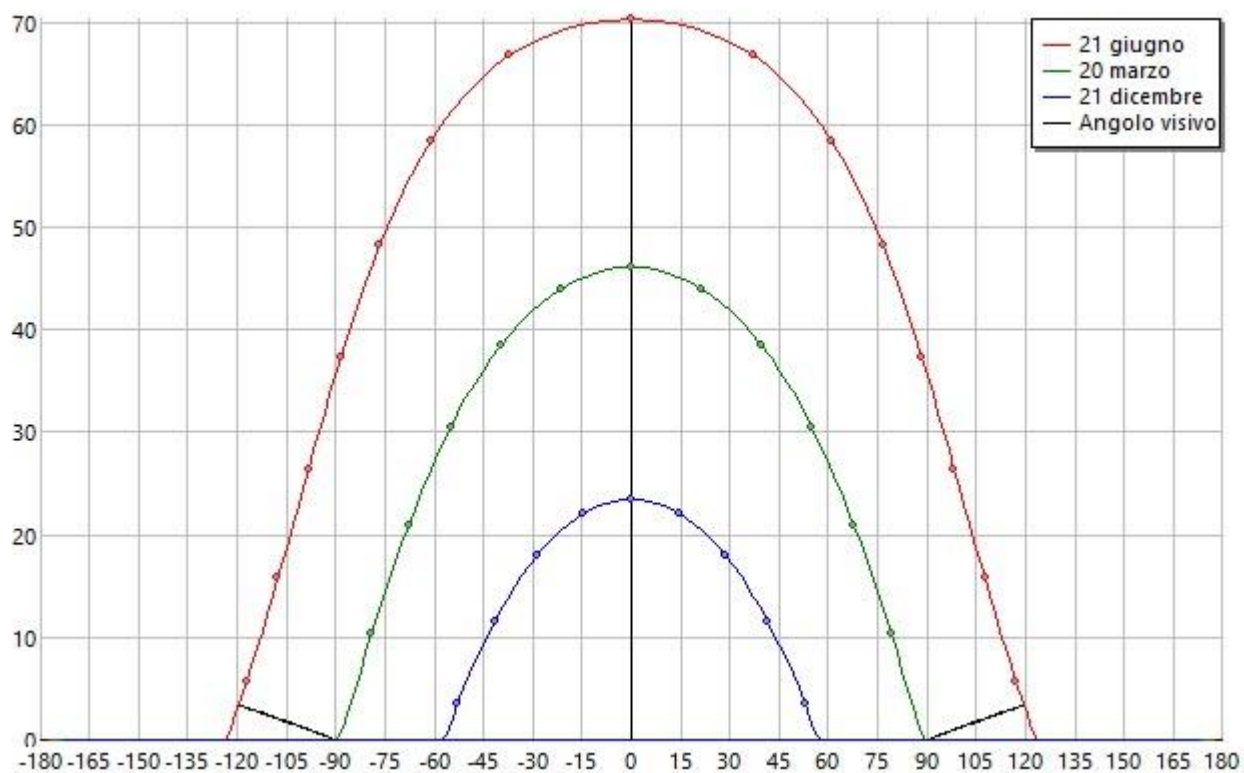
Descrizione	Tipo installazione	Orient.	Inclin.	Ombr.
SUD-Depurazione	Inclinazione fissa	0°	6,8°	0 %
SUD OVEST-Pretrattamento	Inclinazione fissa	36°	6,8°	0 %
NORD-Depurazione	Inclinazione fissa	180°	6,8°	0 %
NORD EST-Pretrattamento	Inclinazione fissa	-145°	6,8°	0 %

## SUD-Depurazione

SUD-Depurazione sarà esposta con un orientamento di  $0,00^\circ$  (azimut) rispetto al sud ed avrà un'inclinazione rispetto all'orizzontale di  $6,80^\circ$  (tilt).

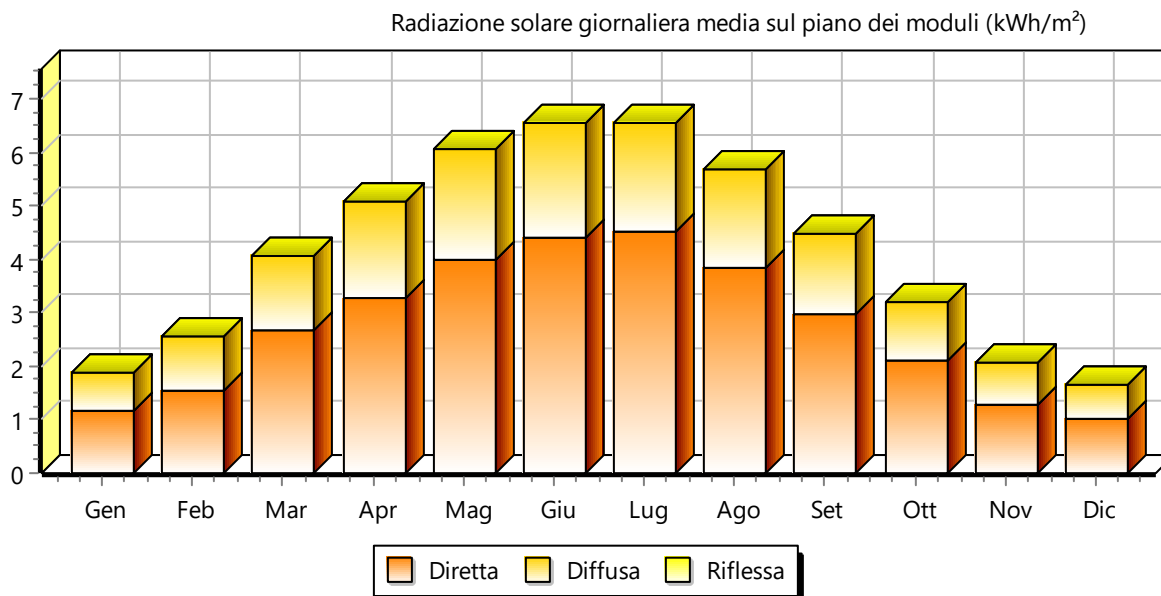
La produzione di energia dell'esposizione SUD-Depurazione è condizionata da alcuni fattori di ombreggiamento che determinano una riduzione della radiazione solare nella misura del 0 %.

### DIAGRAMMA DI OMBREGGIAMENTO





## DIAGRAMMA RADIAZIONE SOLARE



## 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	1,161	0,727	0,002	1,89	58,58
Febbraio	1,536	1,025	0,002	2,563	71,754
Marzo	2,673	1,376	0,004	4,053	125,628
Aprile	3,273	1,792	0,005	5,07	152,094
Maggio	3,994	2,054	0,006	6,054	187,668
Giugno	4,394	2,143	0,006	6,543	196,297
Luglio	4,523	2,035	0,006	6,564	203,494
Agosto	3,836	1,848	0,005	5,689	176,361
Settembre	2,977	1,513	0,004	4,494	134,819
Ottobre	2,095	1,119	0,003	3,217	99,722
Novembre	1,291	0,796	0,002	2,088	62,643
Dicembre	1,009	0,646	0,001	1,657	51,363

## STRUTTURE DI SOSTEGNO

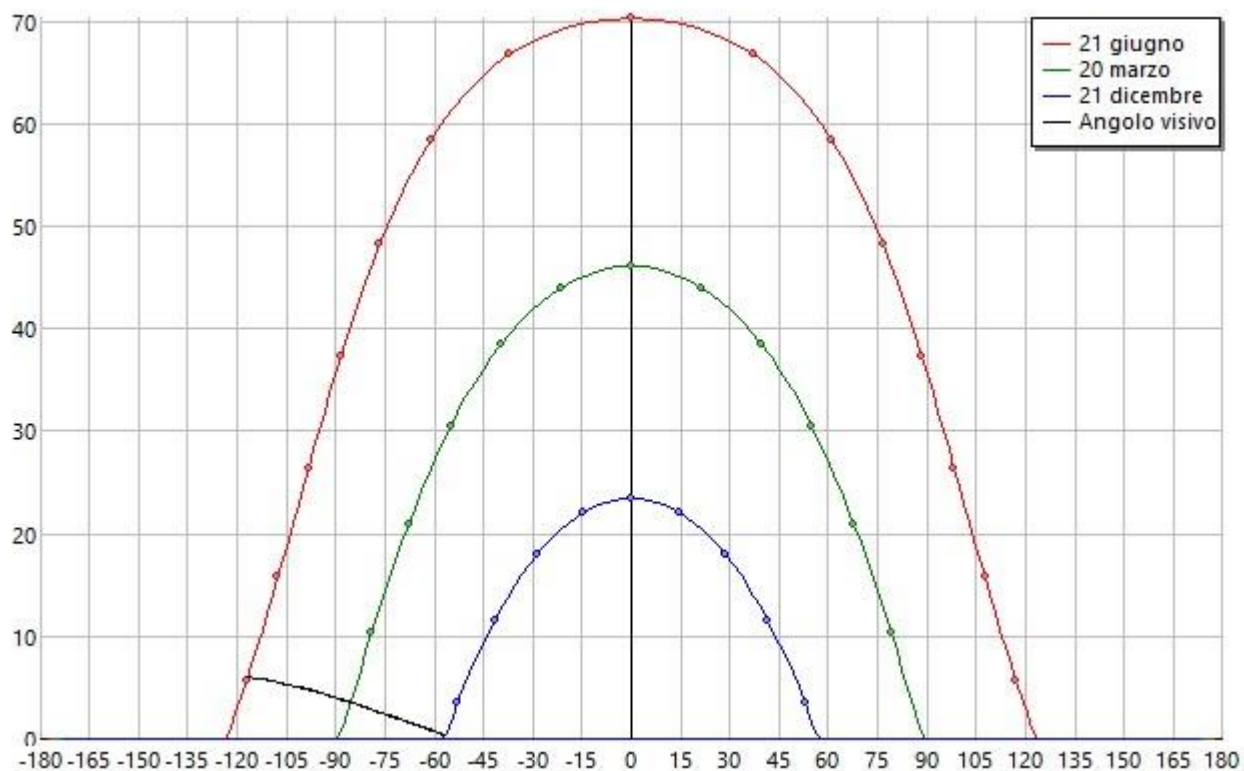
I moduli verranno montati su dei supporti in acciaio zincato con inclinazione di 7°, avranno tutti la medesima esposizione. Gli ancoraggi della struttura dovranno resistere a raffiche di vento fino alla velocità di 120 km/h.

## SUD OVEST-Pretrattamento

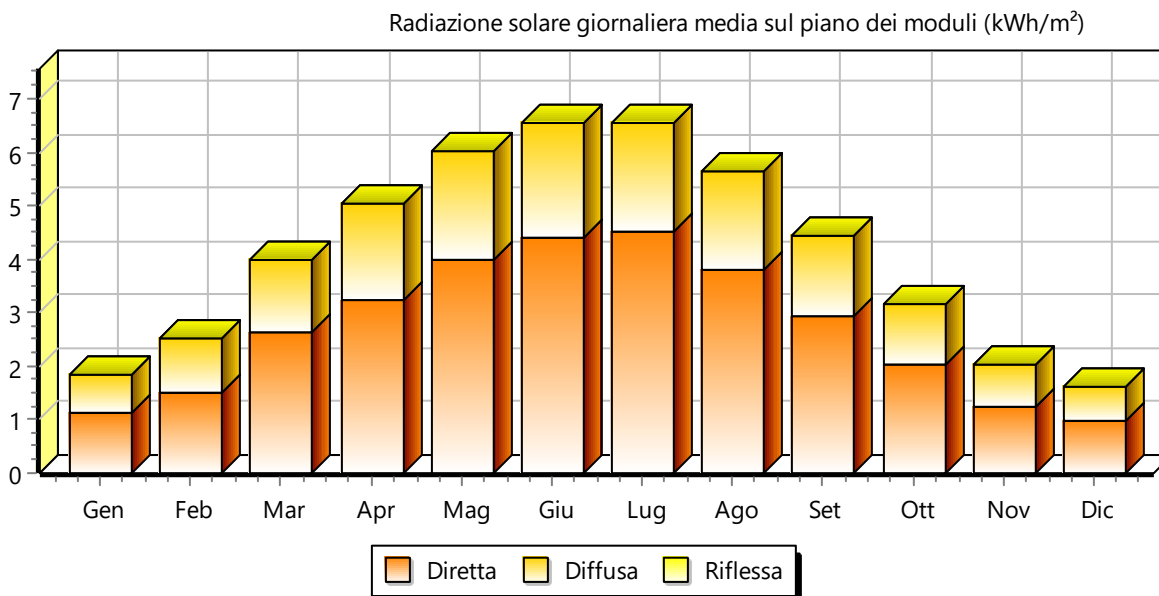
SUD OVEST-Pretrattamento sarà esposta con un orientamento di  $36,00^\circ$  (azimut) rispetto al sud ed avrà un'inclinazione rispetto all'orizzontale di  $6,80^\circ$  (tilt).

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

### DIAGRAMMA DI OMBREGGIAMENTO



## DIAGRAMMA RADIAZIONE SOLARE



## 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	1,111	0,727	0,002	1,839	57,009
Febbraio	1,487	1,025	0,002	2,514	70,383
Marzo	2,618	1,376	0,004	3,998	123,93
Aprile	3,238	1,792	0,005	5,035	151,048
Maggio	3,978	2,054	0,006	6,037	187,157
Giugno	4,388	2,143	0,006	6,538	196,13
Luglio	4,512	2,035	0,006	6,553	203,152
Agosto	3,806	1,848	0,005	5,659	175,444
Settembre	2,929	1,513	0,004	4,446	133,371
Ottobre	2,037	1,119	0,003	3,158	97,913
Novembre	1,239	0,796	0,002	2,036	61,083
Dicembre	0,961	0,646	0,001	1,609	49,877

## STRUTTURE DI SOSTEGNO

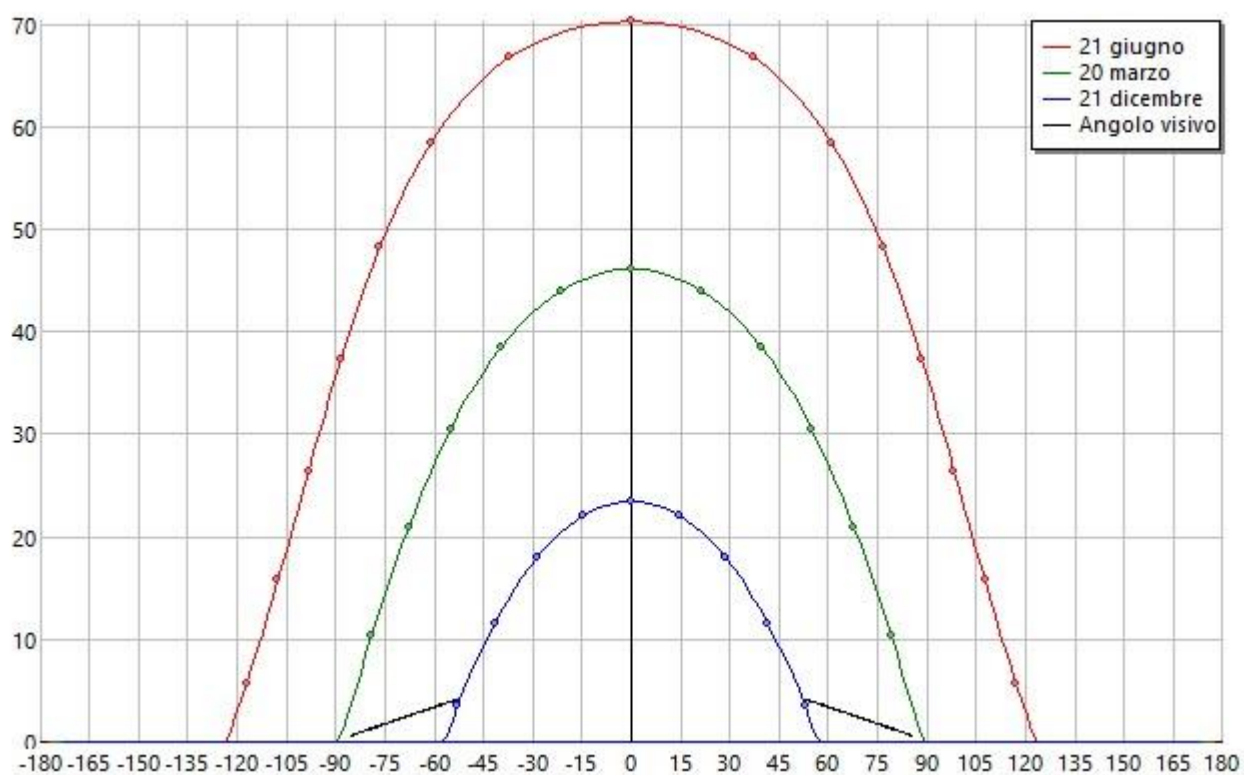
I moduli verranno montati su dei supporti in acciaio zincato con inclinazione di 7°, avranno tutti la medesima esposizione. Gli ancoraggi della struttura dovranno resistere a raffiche di vento fino alla velocità di 120 km/h.

## NORD-Depurazione

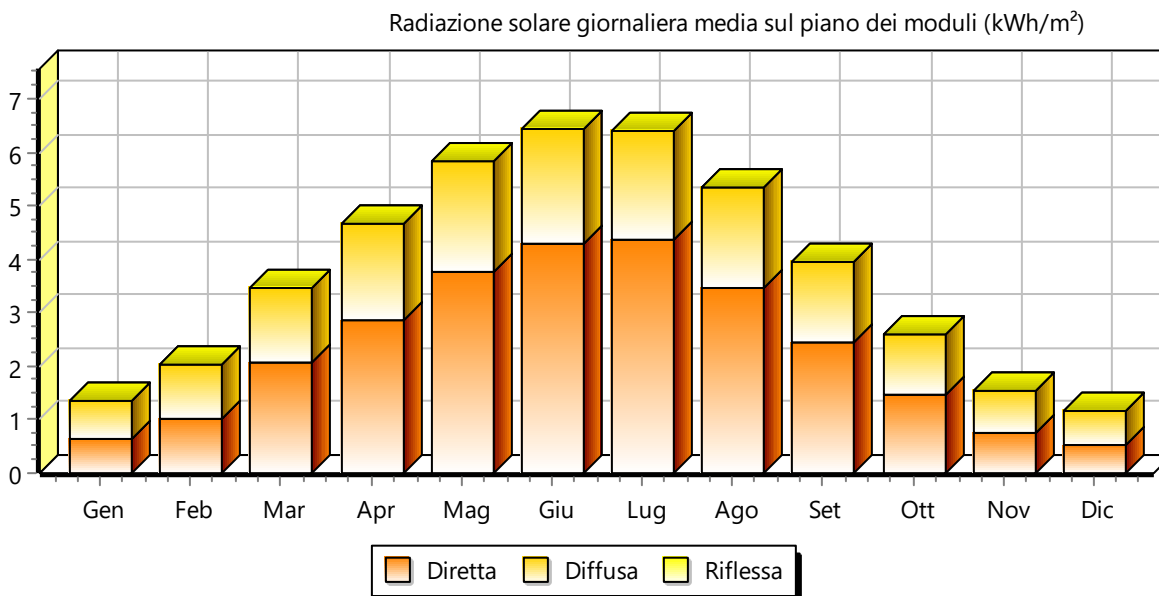
NORD-Depurazione sarà esposta con un orientamento di  $180,00^\circ$  (azimut) rispetto al sud ed avrà un'inclinazione rispetto all'orizzontale di  $6,80^\circ$  (tilt).

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

### DIAGRAMMA DI OMBREGGIAMENTO



## DIAGRAMMA RADIAZIONE SOLARE



## 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	0,634	0,727	0,002	1,362	42,22
Febbraio	1,02	1,025	0,002	2,046	57,3
Marzo	2,076	1,376	0,004	3,456	107,145
Aprile	2,868	1,792	0,005	4,665	139,946
Maggio	3,775	2,054	0,006	5,835	180,889
Giugno	4,291	2,143	0,006	6,44	193,206
Luglio	4,356	2,035	0,006	6,398	198,325
Agosto	3,479	1,848	0,005	5,332	165,295
Settembre	2,437	1,513	0,004	3,954	118,607
Ottobre	1,473	1,119	0,003	2,594	80,422
Novembre	0,747	0,796	0,002	1,544	46,328
Dicembre	0,512	0,646	0,001	1,159	35,933

## STRUTTURE DI SOSTEGNO

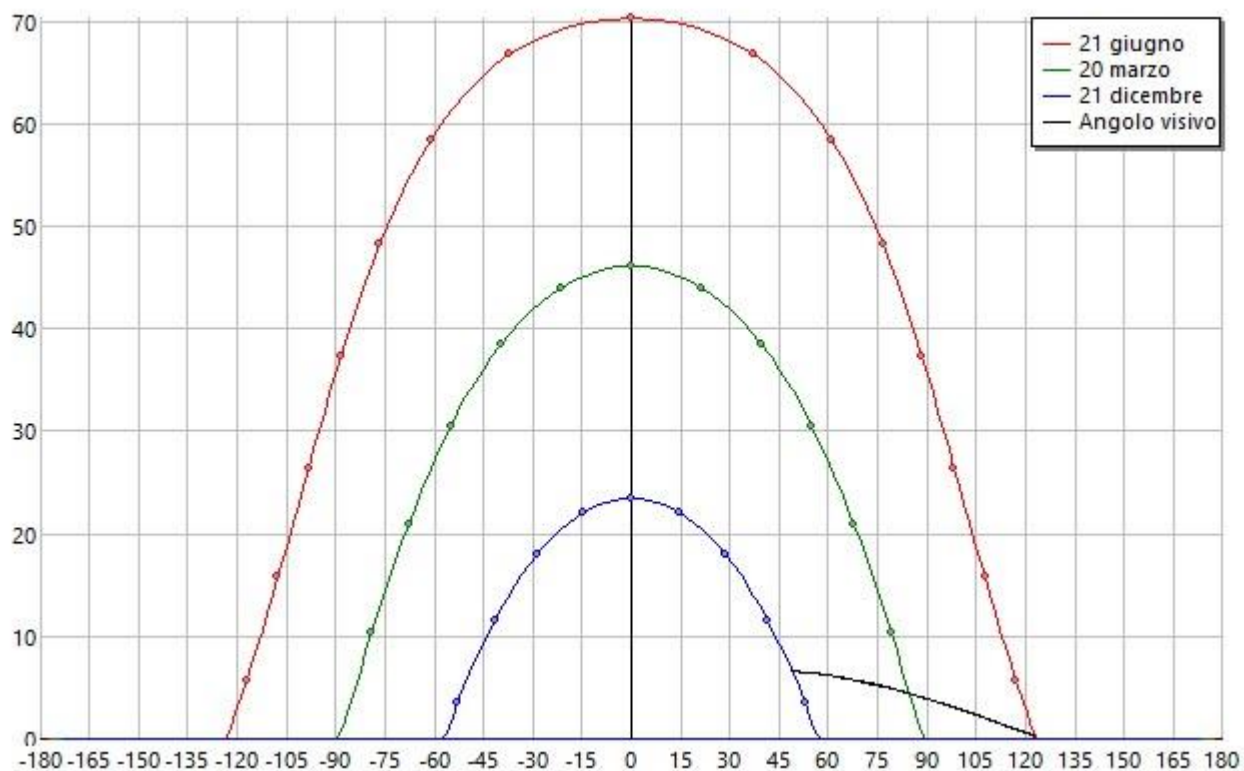
I moduli verranno montati su dei supporti in acciaio zincato con inclinazione di 7°, avranno tutti la medesima esposizione. Gli ancoraggi della struttura dovranno resistere a raffiche di vento fino alla velocità di 120 km/h.

## NORD EST-Pretrattamento

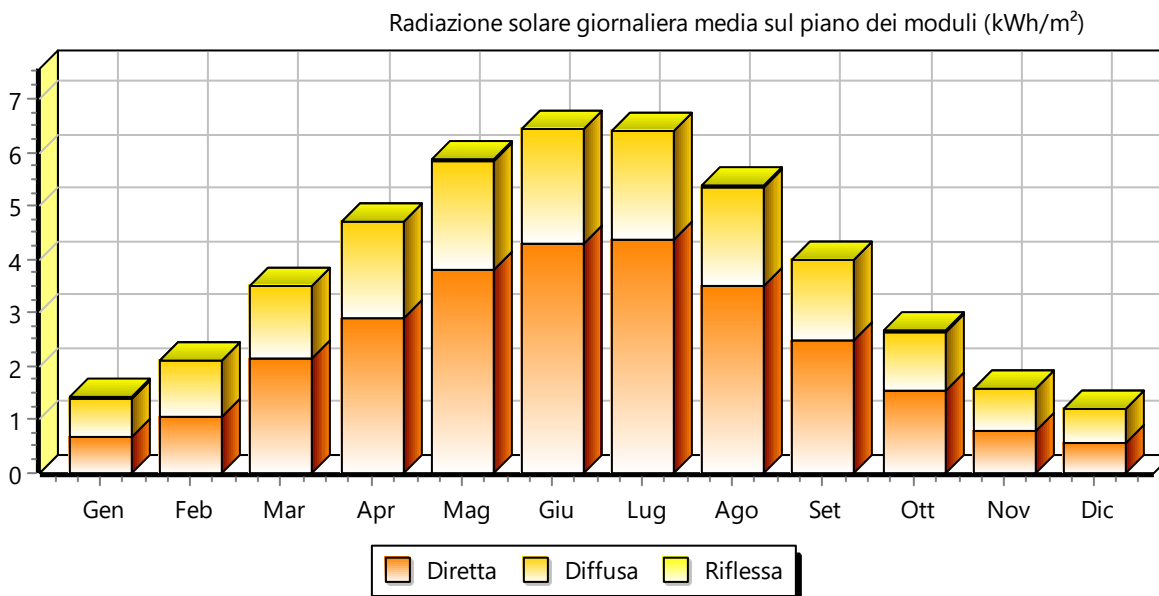
NORD EST-Pretrattamento sarà esposta con un orientamento di  $-145,00^\circ$  (azimut) rispetto al sud ed avrà un'inclinazione rispetto all'orizzontale di  $6,80^\circ$  (tilt).

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

### DIAGRAMMA DI OMBREGGIAMENTO



## DIAGRAMMA RADIAZIONE SOLARE



## 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	0,685	0,727	0,002	1,413	43,795
Febbraio	1,069	1,025	0,002	2,096	58,694
Marzo	2,134	1,376	0,004	3,514	108,923
Aprile	2,906	1,792	0,005	4,703	141,082
Maggio	3,795	2,054	0,006	5,855	181,499
Giugno	4,299	2,143	0,006	6,449	193,468
Luglio	4,371	2,035	0,006	6,412	198,781
Agosto	3,512	1,848	0,005	5,365	166,314
Settembre	2,489	1,513	0,004	4,005	120,16
Ottobre	1,533	1,119	0,003	2,655	82,297
Novembre	0,8	0,796	0,002	1,597	47,903
Dicembre	0,559	0,646	0,001	1,207	37,41

## STRUTTURE DI SOSTEGNO

I moduli verranno montati su dei supporti in acciaio zincato con inclinazione di 7°, avranno tutti la medesima esposizione. Gli ancoraggi della struttura dovranno resistere a raffiche di vento fino alla velocità di 120 km/h.

## ATTIVAZIONE A SEZIONI

L'attivazione dell'impianto fotovoltaico avviene tramite suddivisione in 2 sezioni:

### Sezioni:

Indice	Sezione	Data attivazione	Potenza nominale [kW]	Potenza di picco [kWp]	Energia annua [kWh]
1	Depurazione	01/01/2026	160	169,2	204.502,9
2	Pretrattamento	01/01/2026	116,92	128,78	156.347

### Generatori:

Indice	Generatore	Sezione	Potenza nominale [kW]	Potenza di picco [kWp]	Energia annua [kWh]
1	FV Depurazione (Falda SUD)	Depurazione	80	84,6	107.821,3
2	FV Depurazione (Falda NORD)	Depurazione	80	84,6	96.681,6
3	FV Pretrattamento (Falda SUD-EST)	Pretrattamento	60	70,5	89.014,7
4	FV Pretrattamento (Falda NORD-EST)	Pretrattamento	56,92	58,28	67.332,3



## FV Depurazione (Falda SUD)

---

Il generatore è composto da n° 180 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	
Numero di moduli:	180
Numero inverter:	4
Potenza nominale:	80 kW
Potenza di picco:	84,6 kWp
Performance ratio:	83,8 %

DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	JINKO SOLAR
Serie / Sigla:	Tiger Neo JKM470N-60HL4
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	470 Wp
Rendimento:	21,8 %
Tensione nominale:	35,1 V
Tensione a vuoto:	42,4 V
Corrente nominale:	13,4 A
Corrente di corto circuito:	14,2 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1134 mm x 1903 mm
Peso:	24,2 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 0-21 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ❑ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ❑ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: 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 0-21 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:	SMA TECHNOLOGIE
Serie / Sigla:	Sunny TriPower STP 20000TL-30
Inseguitori:	2
Ingressi per inseguitore:	3
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale:	20 kW
Potenza massima:	20,4 kW
Potenza massima per inseguitore:	10,2 kW
Tensione nominale:	600 V
Tensione massima:	1000 V
Tensione minima per inseguitore:	320 V
Tensione massima per inseguitore:	800 V
Tensione nominale di uscita:	400 Vac
Corrente nominale:	66 A
Corrente massima:	66 A
Corrente massima per inseguitore:	33 A
Rendimento:	0,98

Inverter 1	MPPT 1	MPPT 2
Moduli in serie:	12	12

Stringhe in parallelo:	2	2
Esposizioni:	SUD-Depurazione	SUD-Depurazione
Tensione di MPP (STC):	420,6 V	420,6 V
Numero di moduli:	24	24

<b>Inverter 2</b>	<b>MPPT 1</b>	<b>MPPT 2</b>
Moduli in serie:	11	11
Stringhe in parallelo:	2	2
Esposizioni:	SUD-Depurazione	SUD-Depurazione
Tensione di MPP (STC):	385,5 V	385,5 V
Numero di moduli:	22	22

<b>Inverter 3</b>	<b>MPPT 1</b>	<b>MPPT 2</b>
Moduli in serie:	11	11
Stringhe in parallelo:	2	2
Esposizioni:	SUD-Depurazione	SUD-Depurazione
Tensione di MPP (STC):	385,5 V	385,5 V
Numero di moduli:	22	22

<b>Inverter 4</b>	<b>MPPT 1</b>	<b>MPPT 2</b>
Moduli in serie:	11	11
Stringhe in parallelo:	2	2
Esposizioni:	SUD-Depurazione	SUD-Depurazione
Tensione di MPP (STC):	385,5 V	385,5 V
Numero di moduli:	22	22

## DIMENSIONAMENTO

La potenza di picco del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 470 \text{ Wp} * 180 = 84,6 \text{ kWp}$$

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]
SUD-Depurazione	180	1.520,42	128.627,9

$$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 107821,3 \text{ kWh}$$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento:	0,0 %
Perdite per aumento di temperatura:	3,8 %
Perdite di mismatching:	5,0 %
Perdite in corrente continua:	1,5 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...):	5,0 %
Perdite per conversione:	2,0 %
<b>Perdite totali:</b>	<b>16,2 %</b>

### TABELLA PERDITE PER OMBREGGIAMENTO

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	4154,2	4154,2	0,0 %
Febbraio	5088,5	5088,5	0,0 %
Marzo	8909,0	8909,0	0,0 %
Aprile	10785,8	10785,8	0,0 %
Maggio	13308,5	13308,5	0,0 %
Giugno	13920,5	13920,5	0,0 %
Luglio	14430,9	14430,9	0,0 %
Agosto	12506,7	12506,7	0,0 %
Settembre	9560,7	9560,7	0,0 %
Ottobre	7071,8	7071,8	0,0 %
Novembre	4442,4	4442,4	0,0 %
Dicembre	3642,4	3642,4	0,0 %
Anno	107821,3	107821,3	0,0 %



## 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**

I cavi in uscita dai convertitori statici verranno convogliati verso il "Q.FV\_DEP" posto nelle immediate vicinanze degli stessi. Il quadro di parallelo si collegherà in bassa tensione al "PC-BT\_C2" per l'immissione in rete dell'energia elettrica prodotta. All'interno del quadro saranno presenti gli interruttori a protezione degli inverter, il contatore di misura di energia prodotta ed il dispositivo di interfaccia (DDI) il quale verrà comandato dalla protezione di interfaccia (PI) installato all'interno del PC-BT\_C2 e alimentato tramite linea UPS.

## SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua se la potenza complessiva di produzione non supera i 20 kW.

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 FV Depurazione (Falda SUD) soddisfa le seguenti condizioni:

### **Limiti in tensione**

Tensione minima  $V_n$  a 70,00 °C (333,5 V) maggiore di  $V_{mpp}$  min. (320,0 V)

Tensione massima  $V_n$  a -10,00 °C (464,8 V) inferiore a  $V_{mpp}$  max. (800,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (552,7 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1000,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (552,7 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1000,0 V)

### **Limiti in corrente**

Corrente massima di ingresso riferita a  $I_{sc}$  (28,3 A) inferiore alla corrente massima inverter (43,0 A)

### **Limiti in potenza**

Dimensionamento in potenza (110,4%) compreso tra 80,0% e il 120,0% [INV. 1/MPPT 1]

## FV Depurazione (Falda NORD)

---

Il generatore è composto da n° 180 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	
Numero di moduli:	180
Numero inverter:	4
Potenza nominale:	80 kW
Potenza di picco:	84,6 kWp
Performance ratio:	83,8 %

DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	JINKO SOLAR
Serie / Sigla:	Tiger Neo JKM470N-60HL4
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	470 Wp
Rendimento:	21,8 %
Tensione nominale:	35,1 V
Tensione a vuoto:	42,4 V
Corrente nominale:	13,4 A
Corrente di corto circuito:	14,2 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1134 mm x 1903 mm
Peso:	24,2 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 0-21 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ❑ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ❑ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: 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 0-21 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:	SMA TECHNOLOGIE
Serie / Sigla:	Sunny TriPower STP 20000TL-30
Inseguitori:	2
Ingressi per inseguitore:	3
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale:	20 kW
Potenza massima:	20,4 kW
Potenza massima per inseguitore:	10,2 kW
Tensione nominale:	600 V
Tensione massima:	1000 V
Tensione minima per inseguitore:	320 V
Tensione massima per inseguitore:	800 V
Tensione nominale di uscita:	400 Vac
Corrente nominale:	66 A
Corrente massima:	66 A
Corrente massima per inseguitore:	33 A
Rendimento:	0,98

Inverter 1	MPPT 1	MPPT 2
Moduli in serie:	12	12

Stringhe in parallelo:	2	2
Esposizioni:	NORD-Depurazione	NORD-Depurazione
Tensione di MPP (STC):	420,6 V	420,6 V
Numero di moduli:	24	24

<b>Inverter 2</b>	<b>MPPT 1</b>	<b>MPPT 2</b>
Moduli in serie:	11	11
Stringhe in parallelo:	2	2
Esposizioni:	NORD-Depurazione	NORD-Depurazione
Tensione di MPP (STC):	385,5 V	385,5 V
Numero di moduli:	22	22

<b>Inverter 3</b>	<b>MPPT 1</b>	<b>MPPT 2</b>
Moduli in serie:	11	11
Stringhe in parallelo:	2	2
Esposizioni:	NORD-Depurazione	NORD-Depurazione
Tensione di MPP (STC):	385,5 V	385,5 V
Numero di moduli:	22	22

<b>Inverter 4</b>	<b>MPPT 1</b>	<b>MPPT 2</b>
Moduli in serie:	11	11
Stringhe in parallelo:	2	2
Esposizioni:	NORD-Depurazione	NORD-Depurazione
Tensione di MPP (STC):	385,5 V	385,5 V
Numero di moduli:	22	22

## DIMENSIONAMENTO

La potenza di picco del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 470 \text{ Wp} * 180 = 84,6 \text{ kWp}$$

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]
NORD-Depurazione	180	1.365,62	115.531,12

$$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 96681,6 \text{ kWh}$$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento:	0,0 %
Perdite per aumento di temperatura:	3,9 %
Perdite di mismatching:	5,0 %
Perdite in corrente continua:	1,5 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...):	5,0 %
Perdite per conversione:	2,0 %
<b>Perdite totali:</b>	<b>16,3 %</b>

### TABELLA PERDITE PER OMBREGGIAMENTO

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	2989,1	2989,1	0,0 %
Febbraio	4056,7	4056,7	0,0 %
Marzo	7585,5	7585,5	0,0 %
Aprile	9907,8	9907,8	0,0 %
Maggio	12806,4	12806,4	0,0 %
Giugno	13678,4	13678,4	0,0 %
Luglio	14040,8	14040,8	0,0 %
Agosto	11702,4	11702,4	0,0 %
Settembre	8397,0	8397,0	0,0 %
Ottobre	5693,6	5693,6	0,0 %
Novembre	3279,9	3279,9	0,0 %
Dicembre	2543,9	2543,9	0,0 %
Anno	96681,6	96681,6	0,0 %



## 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**

I cavi in uscita dai convertitori statici verranno convogliati verso il "Q.FV\_DEP" posto nelle immediate vicinanze degli stessi. Il quadro di parallelo si collegherà in bassa tensione al "PC-BT\_C2" per l'immissione in rete dell'energia elettrica prodotta. All'interno del quadro saranno presenti gli interruttori a protezione degli inverter, il contatore di misura di energia prodotta ed il dispositivo di interfaccia (DDI) il quale verrà comandato dalla protezione di interfaccia (PI) installato all'interno del PC-BT\_C2 e alimentato tramite linea UPS.

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

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua se la potenza complessiva di produzione non supera i 20 kW.

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 FV Depurazione (Falda NORD) soddisfa le seguenti condizioni:

### **Limiti in tensione**

Tensione minima  $V_n$  a 70,00 °C (333,5 V) maggiore di  $V_{mpp}$  min. (320,0 V)

Tensione massima  $V_n$  a -10,00 °C (464,8 V) inferiore a  $V_{mpp}$  max. (800,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (552,7 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1000,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (552,7 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1000,0 V)

### **Limiti in corrente**

Corrente massima di ingresso riferita a  $I_{sc}$  (28,3 A) inferiore alla corrente massima inverter (43,0 A)

### **Limiti in potenza**

Dimensionamento in potenza (110,4%) compreso tra 80,0% e il 120,0% [INV. 1/MPPT 1]

## FV Pretrattamento (Falda SUD-EST)

---

Il generatore è composto da n° 150 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	
Numero di moduli:	150
Numero inverter:	3
Potenza nominale:	60 kW
Potenza di picco:	70,5 kWp
Performance ratio:	83,8 %

DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	JINKO SOLAR
Serie / Sigla:	Tiger Neo JKM470N-60HL4
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	470 Wp
Rendimento:	21,8 %
Tensione nominale:	35,1 V
Tensione a vuoto:	42,4 V
Corrente nominale:	13,4 A
Corrente di corto circuito:	14,2 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1134 mm x 1903 mm
Peso:	24,2 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 0-21 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ❑ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ❑ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: 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 0-21 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 3 inverter.

Dati costruttivi degli inverter	
Costruttore:	SMA TECHNOLOGIE
Serie / Sigla:	Sunny TriPower STP 20000TL-30
Inseguitori:	2
Ingressi per inseguitore:	3
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale:	20 kW
Potenza massima:	20,4 kW
Potenza massima per inseguitore:	10,2 kW
Tensione nominale:	600 V
Tensione massima:	1000 V
Tensione minima per inseguitore:	320 V
Tensione massima per inseguitore:	800 V
Tensione nominale di uscita:	400 Vac
Corrente nominale:	66 A
Corrente massima:	66 A
Corrente massima per inseguitore:	33 A
Rendimento:	0,98

Inverter 1	MPPT 1	MPPT 2
Moduli in serie:	13	13



Stringhe in parallelo:	2	2
Esposizioni:	SUD OVEST-Pretrattamento	SUD OVEST-Pretrattamento
Tensione di MPP (STC):	455,7 V	455,7 V
Numero di moduli:	26	26

<b>Inverter 2</b>	<b>MPPT 1</b>	<b>MPPT 2</b>
Moduli in serie:	13	13
Stringhe in parallelo:	2	2
Esposizioni:	SUD OVEST-Pretrattamento	SUD OVEST-Pretrattamento
Tensione di MPP (STC):	455,7 V	455,7 V
Numero di moduli:	26	26

<b>Inverter 3</b>	<b>MPPT 1</b>	<b>MPPT 2</b>
Moduli in serie:	12	11
Stringhe in parallelo:	2	2
Esposizioni:	SUD OVEST-Pretrattamento	SUD OVEST-Pretrattamento
Tensione di MPP (STC):	420,6 V	385,5 V
Numero di moduli:	24	22

## DIMENSIONAMENTO

La potenza di picco del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 470 \text{ Wp} * 150 = 70,5 \text{ kWp}$$

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]
SUD OVEST-Pretrattamento	150	1.506,5	106.208,02

$$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 89014,7 \text{ kWh}$$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento:	0,0 %
Perdite per aumento di temperatura:	3,8 %
Perdite di mismatching:	5,0 %
Perdite in corrente continua:	1,5 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...):	5,0 %
Perdite per conversione:	2,0 %
<b>Perdite totali:</b>	<b>16,2 %</b>

### TABELLA PERDITE PER OMBREGGIAMENTO

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	3368,5	3368,5	0,0 %
Febbraio	4158,7	4158,7	0,0 %
Marzo	7322,7	7322,7	0,0 %
Aprile	8925,0	8925,0	0,0 %
Maggio	11058,6	11058,6	0,0 %
Giugno	11588,8	11588,8	0,0 %
Luglio	12003,7	12003,7	0,0 %
Agosto	10366,5	10366,5	0,0 %
Settembre	7880,5	7880,5	0,0 %
Ottobre	5785,4	5785,4	0,0 %
Novembre	3609,2	3609,2	0,0 %
Dicembre	2947,1	2947,1	0,0 %
Anno	89014,7	89014,7	0,0 %



## 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 I cavi in uscita dai convertitori statici verranno convogliati verso il "Q.FV\_PRE" posto nelle immediate vicinanze degli stessi. Il quadro di parallelo si collegherà in bassa tensione al "PC-BT\_C1bis" per l'immissione in rete dell'energia elettrica prodotta. All'interno del quadro saranno presenti gli interruttori a protezione degli inverter, il contatore di misura di energia prodotta ed il dispositivo di interfaccia (DDI) il quale verrà comandato dalla protezione di interfaccia (PI) installato all'interno del PC-BT\_C1bis e alimentato tramite linea UPS.

## SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua se la potenza complessiva di produzione non supera i 20 kW.

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 FV Pretrattamento (Falda SUD-EST) soddisfa le seguenti condizioni:

### **Limiti in tensione**

Tensione minima  $V_n$  a 70,00 °C (333,5 V) maggiore di  $V_{mpp}$  min. (320,0 V)

Tensione massima  $V_n$  a -10,00 °C (503,5 V) inferiore a  $V_{mpp}$  max. (800,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (598,8 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1000,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (598,8 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1000,0 V)

### **Limiti in corrente**

Corrente massima di ingresso riferita a  $I_{sc}$  (28,3 A) inferiore alla corrente massima inverter (43,0 A)

### **Limiti in potenza**

Dimensionamento in potenza (119,6%) compreso tra 80,0% e il 120,0% [INV. 1/MPPT 1]

## FV Pretrattamento (Falda NORD-EST)

---

Il generatore è composto da n° 124 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	
Numero di moduli:	124
Numero inverter:	3
Potenza nominale:	56,92 kW
Potenza di picco:	58,28 kWp
Performance ratio:	83,8 %

DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	JINKO SOLAR
Serie / Sigla:	Tiger Neo JKM470N-60HL4
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	470 Wp
Rendimento:	21,8 %
Tensione nominale:	35,1 V
Tensione a vuoto:	42,4 V
Corrente nominale:	13,4 A
Corrente di corto circuito:	14,2 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1134 mm x 1903 mm
Peso:	24,2 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 0-21 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ❑ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ❑ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: 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 0-21 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 3 inverter.

Dati costruttivi degli inverter	
Costruttore:	SMA TECHNOLOGIE
Serie / Sigla:	Sunny TriPower STP 20000TL-30
Inseguitori:	2
Ingressi per inseguitore:	3
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale:	20 kW
Potenza massima:	20,4 kW
Potenza massima per inseguitore:	10,2 kW
Tensione nominale:	600 V
Tensione massima:	1000 V
Tensione minima per inseguitore:	320 V
Tensione massima per inseguitore:	800 V
Tensione nominale di uscita:	400 Vac
Corrente nominale:	66 A
Corrente massima:	66 A
Corrente massima per inseguitore:	33 A
Rendimento:	0,98

Inverter 1	MPPT 1	MPPT 2
Moduli in serie:	11	11

Stringhe in parallelo:	2	2
Esposizioni:	NORD EST-Pretrattamento	NORD EST-Pretrattamento
Tensione di MPP (STC):	385,5 V	385,5 V
Numero di moduli:	22	22

<b>Inverter 2</b>	<b>MPPT 1</b>	<b>MPPT 2</b>
Moduli in serie:	11	11
Stringhe in parallelo:	2	2
Esposizioni:	NORD EST-Pretrattamento	NORD EST-Pretrattamento
Tensione di MPP (STC):	385,5 V	385,5 V
Numero di moduli:	22	22

<b>Inverter 3</b>	<b>MPPT 1</b>	<b>MPPT 2</b>
Moduli in serie:	12	12
Stringhe in parallelo:	2	1
Esposizioni:	NORD EST-Pretrattamento	NORD EST-Pretrattamento
Tensione di MPP (STC):	420,6 V	420,6 V
Numero di moduli:	24	12



## DIMENSIONAMENTO

La potenza di picco del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 470 \text{ Wp} * 124 = 58,28 \text{ kWp}$$

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]
NORD EST-Pretrattamento	124	1.380,33	80.445,35

$$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 67332,3 \text{ kWh}$$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento:	0,0 %
Perdite per aumento di temperatura:	3,9 %
Perdite di mismatching:	5,0 %
Perdite in corrente continua:	1,5 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...):	5,0 %
Perdite per conversione:	2,0 %
<b>Perdite totali:</b>	<b>16,3 %</b>

### TABELLA PERDITE PER OMBREGGIAMENTO

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	2136,3	2136,3	0,0 %
Febbraio	2863,1	2863,1	0,0 %
Marzo	5313,3	5313,3	0,0 %
Aprile	6882,0	6882,0	0,0 %
Maggio	8853,5	8853,5	0,0 %
Giugno	9437,4	9437,4	0,0 %
Luglio	9696,5	9696,5	0,0 %
Agosto	8112,8	8112,8	0,0 %
Settembre	5861,4	5861,4	0,0 %
Ottobre	4014,4	4014,4	0,0 %
Novembre	2336,7	2336,7	0,0 %
Dicembre	1824,9	1824,9	0,0 %
Anno	67332,3	67332,3	0,0 %

## 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 I cavi in uscita dai convertitori statici verranno convogliati verso il "Q.FV\_PRE" posto nelle immediate vicinanze degli stessi. Il quadro di parallelo si collegherà in bassa tensione al "PC-BT\_C1bis" per l'immissione in rete dell'energia elettrica prodotta. All'interno del quadro saranno presenti gli interruttori a protezione degli inverter, il contatore di misura di energia prodotta ed il dispositivo di interfaccia (DDI) il quale verrà comandato dalla protezione di interfaccia (PI) installato all'interno del PC-BT\_C1bis e alimentato tramite linea UPS.

## SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua se la potenza complessiva di produzione non supera i 20 kW.

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 FV Pretrattamento (Falda NORD-EST) soddisfa le seguenti condizioni:

### **Limiti in tensione**

Tensione minima  $V_n$  a 70,00 °C (333,5 V) maggiore di  $V_{mpp}$  min. (320,0 V)

Tensione massima  $V_n$  a -10,00 °C (464,8 V) inferiore a  $V_{mpp}$  max. (800,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (552,7 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1000,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (552,7 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1000,0 V)

### **Limiti in corrente**

Corrente massima di ingresso riferita a  $I_{sc}$  (28,3 A) inferiore alla corrente massima inverter (43,0 A)

### **Limiti in potenza**

Dimensionamento in potenza (82,8%) compreso tra 80,0% e il 120,0% [INV. 3]

## 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 10349-1:2016: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;
- 

### 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;
- ❑ 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.