



REGIONE SICILIA



PROVINCIA DI TRAPANI



COMUNE DI MAZARA DEL VALLO



COMUNE DI SANTA NINFA



COMUNE DI CASTELVETRANO

Proponente	<b>Solar Tier S.r.l.</b>				
Progettista:	<b>SeaWindPower</b>			Partnered by:	
Progettazione	<b>Ing. Francesco Desiderio Lanzalaco</b> <del>Via A. Ognibene n. 107</del> <b>Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo n. 4488</b> 92013 - Menfi (AG) seawindpower@pec.it		Studio Botanico Faunistico e Agronomico	<b>Dott. For. Giuseppe D'Angelo</b> Corso Umberto I n. 140 90010 - Gratteri (PA) g.dangelo@conafpec.it	
SIA PMA	<b>Ing. Francesco Desiderio Lanzalaco</b> Via A. Ognibene n. 107 92013 - Menfi (AG) seawindpower@pec.it		V.i. ARCh.	<b>Dott. Sebastiano Muratore</b> Via G. P. Giraldi n. 16 90123 - Palermo (PA) mutatore@pec.paropos.com	
Studio Idraulico	<b>Ing. Dario Tricoli</b> Via Carlo Pisacane n. 25/F 88100 - Catanzaro (CZ) ruwa@pec.ruwa.it		Studio Geologico Geofisico ed Idrogeologico	<b>Dott. Leonardo Mauceri</b> Via Olanda n. 15 92010 - Montevago (AG) geologomauceri@epap.sicurezzapostale.it	
Opera	<b>Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltaiico e opere connesse nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato <i>Aurora</i></b>				
Oggetto	Codice elaborato interno - Titolo elaborato: <b>ARRPDOR03-00 – RELAZIONE DI STIMA DELLA PRODUCIBILITA' ELETTRICA</b>				
00	04/05/2022	Emissione per progetto definitivo	Ing. F.D. Lanzalaco	Ing. P. Ferro	Solar Tier S.r.l.
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione

## RELAZIONE DI STIMA DELLA PRODUCIBILITA' ELETTRICA

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltaiico e opere connesse  
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetroano (TP), denominato Aurora

### INDICE

<b>1</b>	<b>Premessa.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Generalità .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Perdite .....</b>	<b>4</b>
3.1	Perdita per scostamento delle condizioni di funzionamento dei moduli .....	4
3.2	Perdite per riflessione .....	4
3.3	Perdite di mismatch.....	4
3.4	Perdite sui circuiti in corrente continua .....	4
3.5	Perdite sul sistema di conversione.....	4
3.6	Perdite per basso soleggiamento e per ombreggiamento reciproco.....	5
3.7	Perdite per polluzione sui moduli.....	5
<b>4</b>	<b>Stime di producibilità annua .....</b>	<b>5</b>
4.1	Sotto-campo fotovoltaico FV01.....	5
4.2	Sotto-campo fotovoltaico FV02.....	8
4.3	Sotto-campo fotovoltaico FV03.....	11
4.4	Sotto-campo fotovoltaico FV04.....	14
<b>5</b>	<b>Stime di producibilità annua .....</b>	<b>17</b>

## 1 Premessa

Il presente documento ha lo scopo di prevedere una stima della producibilità elettrica annua dell'impianto agrovoltaiico della potenza di generazione pari a 57.338,58 kWp. I sotto-campi costituenti il parco agrovoltaiico sono previsti nel Comune di Mazara del Vallo (TP) e avranno le seguenti potenze di picco:

Sotto campo	Potenza di picco [kWp]
FV01	34.056,36
FV02	6.076,20
FV03	4.638,66
FV04	12.567,36
<b>Totale</b>	<b>57.338,58</b>

Essendo la fonte primaria (irraggiamento solare) aleatoria e quindi solo statisticamente prevedibile, si fa riferimento a raccolta dati, pubblicazioni ufficiali di siti, istituzioni scientifiche (Enea, Atlante Solare, piattaforma PV GIS) che raccolgono ed elaborano dati acquisiti, in campagne di raccolta dati su lungo periodo, fornendo così medie statistiche raccolte in tabelle di anni-tipo con rappresentazione di elaborati grafici e report.

## 2 Generalità

Ogni sito di installazione di un impianto fotovoltaico è caratterizzato da un profilo climatico che somma in termini di grandezze ambientali caratteristiche come:

- Temperatura
- Irraggiamento solare
- Velocità del vento

Questi dati ambientali acquisiti ed elaborati formano medie statistiche relative al periodo di osservazione al quale si riferiscono, che vengono tabulate e presentate in forma di grafici o mappe.

Qualora disponibili i dati del profilo climatico, di specifico interesse per un impianto fotovoltaico, sono quelli relativi a:

- Irraggiamento solare

In genere sono disponibili le sole medie mensili giornaliere su base annua della radiazione globale sul piano orizzontale (fonte norma UNI 10349 o Atlante Solare Europeo, piattaforma PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System del JRC di Ispra Commissione Europea).

È a questi dati che si fa riferimento per eseguire una stima di producibilità nel dimensionamento di un impianto fotovoltaico.

### 3 Perdite

Come l'ambiente di installazione ha influenza sulla producibilità del campo fotovoltaico così hanno influenza i parametri esclusivamente tecnici legati all'architettura del sistema ed al tipo di servizio che l'impianto è chiamato a svolgere.

Si valutano le seguenti perdite:

#### 3.1 Perdita per scostamento delle condizioni di funzionamento dei moduli

Essa rappresenta la perdita per scostamento delle condizioni di funzionamento del modulo FV rispetto a quelle di targa dovute alle reali condizioni di funzionamento una volta installato che risultano essere diverse rispetto a quelle di prova eseguite alle condizioni STC (Standard Test Condition: 25°C, 1000 W/m<sup>2</sup>).

Le perdite "per temperatura" nel corso dell'anno possono essere valutate per siti nel meridione d'Italia in una percentuale variabile tra il 5 e l'8%.

#### 3.2 Perdite per riflessione

Le perdite per riflessione sono intrinseche nella realizzazione di un impianto fotovoltaico. Per siti di installazione senza particolari condizioni favorevoli possono essere valutate in circa il 3%.

#### 3.3 Perdite di mismatch

Le perdite di mismatch rappresentano le perdite per un non ottimale accoppiamento tra le stringhe dovute alla non uniformità di prestazioni elettriche fornite dai vari moduli che compongono ogni stringa fotovoltaica e conseguentemente alla non uniformità di una stringa con l'altra con il risultato che non si riesce a sfruttare completamente la potenza di targa del modulo. Le perdite di mismatch in termini energetici sono valutate con un valore indicativo minimo dell'1% per piccole potenze (Wp), del 3÷4% per medie potenze (kWp), del 5÷6% per grandi potenze (MWp).

#### 3.4 Perdite sui circuiti in corrente continua

La resistenza dei cavi elettrici, la resistenza di contatto sugli interruttori e le perdite per c.d.t. sui diodi di blocco, di protezione delle stringhe, sono alcune delle micro perdite che compongono la voce. È una perdita intrinseca che si riesce a ridurre con l'utilizzo di componenti appropriati o valutazioni tecnico-economiche sulle sezioni di cavo da utilizzare. In genere possono essere ridotte a circa 1÷2% in relazione alla potenza installata.

#### 3.5 Perdite sul sistema di conversione

Sono dovute alla curva di efficienza dei convertitori in funzione della potenza in uscita e quindi, in prima analisi, dal progetto della macchina in funzione delle condizioni di soleggiamento del sito e di quelle del carico.

La stima dipende dal tipo di convertitore utilizzato e risulta ben diversa a seconda del servizio che la macchina si trova a svolgere (alimentazione di utenze isolate piuttosto che iniezione di energia in rete).

Dati indicativi in termini di perdita sull'energia teorica producibile, possono essere valutate in:

- Impianti collegati in rete dal 4 al 10%;
- Impianti in isola 8÷15%

### 3.6 Perdite per basso soleggiamento e per ombreggiamento reciproco

Le perdite per basso soleggiamento si hanno solo in impianti collegati alla rete quando il sistema di conversione ha un autoconsumo superiore all'energia che si potrebbe produrre (tipicamente all'alba e al tramonto), in questi casi il sistema fotovoltaico viene scollegato dalla rete riducendo la producibilità teorica. Le perdite per ombreggiamento reciproco sono funzione della geometria di disposizione del campo fotovoltaico sul terreno e degli ostacoli all'orizzonte che possono ridurre anche sensibilmente le ore di sole nell'arco delle giornate soprattutto invernali.

Gli indici di perdita per basso soleggiamento e per ombreggiamento reciproco sono variabili tra il 2 ed il 5%.

### 3.7 Perdite per polluzione sui moduli

Le perdite sono strettamente legate al sito di installazione ed alle condizioni metereologiche; per siti a bassa piovosità si hanno perdite maggiori stimabili in circa l'1%.

## 4 Stime di producibilità annua

Come per qualsiasi impianto ad energia rinnovabile, la fonte primaria risulta essere aleatoria e quindi solo statisticamente prevedibile. Per avere riferimenti oggettivi sui calcoli di prestazione dei sistemi, si fa riferimento a pubblicazioni ufficiali che raccolgono le elaborazioni di dati acquisiti sul lungo periodo, fornendo così medie statistiche raccolte in tabelle di anni-tipo.

Le stime di producibilità dell'impianto sono state calcolate utilizzando il programma PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) del JRC di Ispra (Commissione Europea) per ogni singolo sotto campo agrovoltaiico.

Di seguito si riportano le tabelle relative alle producibilità calcolate per ogni singolo sotto campo.

### 4.1 Sotto-campo fotovoltaico FV01

#### a) Dati climatici e producibilità:

Dati calcolati utilizzando il software PVGIS stime di generazione elettricità da impianto solare fotovoltaico installato nel sito dalle seguenti coordinate geografiche:

- ✓ Luogo: latitudine 37°42'42.67" Nord; longitudine 12°42'20,86" Est
- ✓ Altitudine (m): 115 s.l.m.
- ✓ Potenza nominale del sistema FV: 34.056,36 kWp (silicio cristallino)
- ✓ Opzioni di inseguimento: pannelli con inseguitore mono assiale con angolo di rotazione nord-sud
- ✓ Stima perdite di sistema (invecchiamento moduli FV, cavi, inverter, etc.): 14 %

Si ricavano dalla stima secondo PVGIS:

- ✓ la variazione di produzione a causa di:
  1. Temperatura e irradianza bassa [%]: -7,42
  2. Effetti spettrali [%]: 0,72
  3. Angolo di incidenza: - 1,46per un totale delle perdite di sistema [%] pari a: - 20,98
  
- ✓ Irraggiamento annuale nel piano [kWh/m<sup>2</sup>]: 2.665,49
- ✓ Variabilità da un anno all'altro [kWh]: 2.244.545,70

## RELAZIONE DI STIMA DELLA PRODUCIBILITA' ELETTRICA

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltaiico e opere connesse  
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

### b) Produzione di energia elettrica annua attesa

Dai dati rilevati, elaborati e da calcoli inerenti alla stima dell'irraggiamento nel piano fotovoltaico si ricava la seguente tabella relativa alla produzione di energia elettrica stimata attesa, i grafici della produzione di energia e irraggiamento medio mensile:

Mese	Sistema a TRACKER Azimut 0°	
	Produzione media giornaliera [kWh]	Produzione mensile [kWh]
Gennaio	125.780,56	3.899.197,40
Febbraio	150.690,85	4.219.343,79
Marzo	183.629,95	5.692.528,34
Aprile	221.140,67	6.634.220,03
Maggio	243.316,85	7.542.822,28
Giugno	258.863,45	7.765.903,60
Luglio	273.427,60	8.476.255,73
Agosto	256.246,57	7.943.643,78
Settembre	206.799,92	6.203.997,73
Ottobre	171.998,32	5.331.947,77
Novembre	142.298,84	4.268.965,32
Dicembre	121.013,54	3.751.419,66
Media Annuale	196.267,26	
<b>Totale per anno [kWh]</b>		<b>71.730.245,42</b>
<b>Produzione elettrica media [kWh/kWp]</b>		<b>2.106,22</b>

### Monthly energy output from tracking PV system

(C) PVGIS, 2022

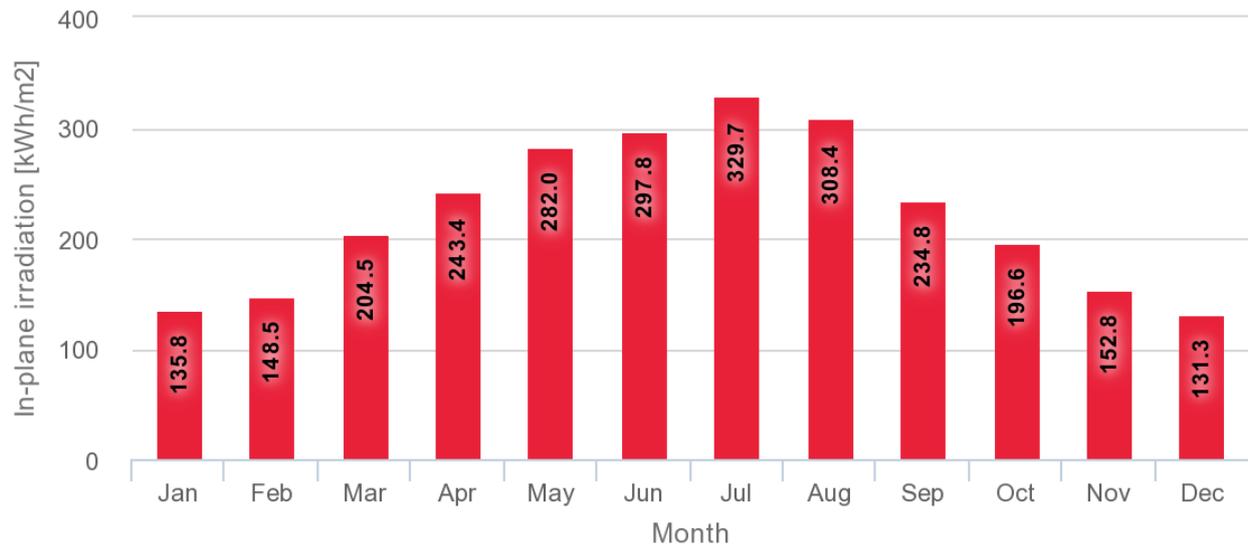


Tracking mounting options  
(Click on series to hide)

● Inclined axis

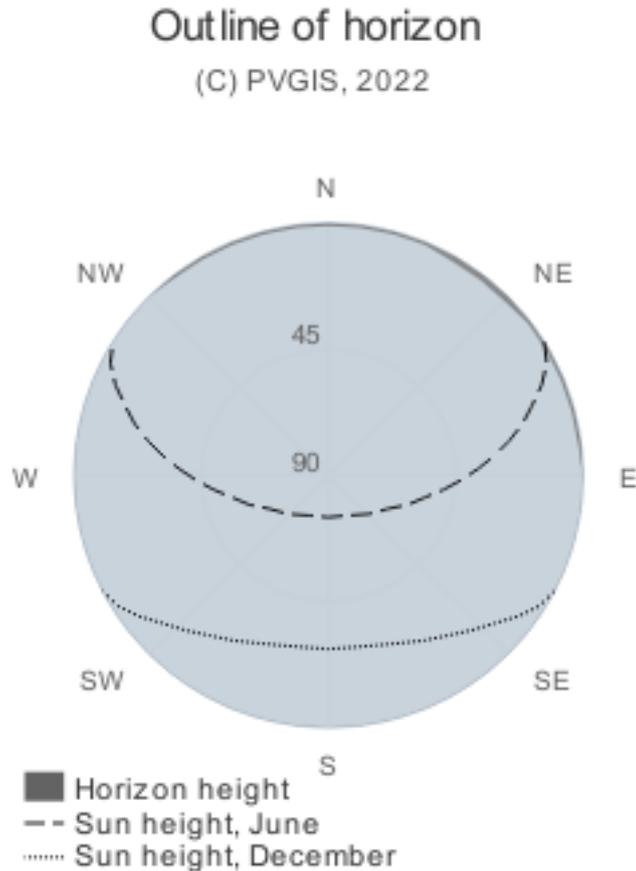
### Monthly in-plane irradiation for tracking PV system

(C) PVGIS, 2022



Tracking mounting options  
(Click on series to hide)

● Inclined axis



## 4.2 Sotto-campo fotovoltaico FV02

### a) Dati climatici e producibilità:

Dati calcolati utilizzando il software PVGIS stime di generazione elettricità da impianto solare fotovoltaico installato nel sito dalle seguenti coordinate geografiche:

- ✓ Luogo: latitudine 37°41'17.93" Nord; longitudine 12°42'38.13" Est
- ✓ Altitudine (m): 35 s.l.m.
- ✓ Potenza nominale del sistema FV: 6.076,20 kWp (silicio cristallino)
- ✓ Opzioni di inseguimento: pannelli con inseguitore mono assiale con angolo di rotazione nord-sud
- ✓ Stima perdite di sistema (invecchiamento moduli FV, cavi, inverter, etc.): 14 %

Si ricavano dalla stima secondo PVGIS:

- ✓ la variazione di produzione a causa di:
  - 1) Temperatura e irradianza bassa [%]: -2.74
  - 2) Effetti spettrali [%]: 0.71
  - 3) Angolo di incidenza [%]: -1.44per un totale delle perdite di sistema [%] pari a: -16.97
  
- ✓ Irraggiamento annuale nel piano [kWh/m<sup>2</sup>]: 2.698,5
- ✓ Variabilità da un anno all'altro [kWh]: 417.307.0

## RELAZIONE DI STIMA DELLA PRODUCIBILITA' ELETTRICA

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltico e opere connesse  
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

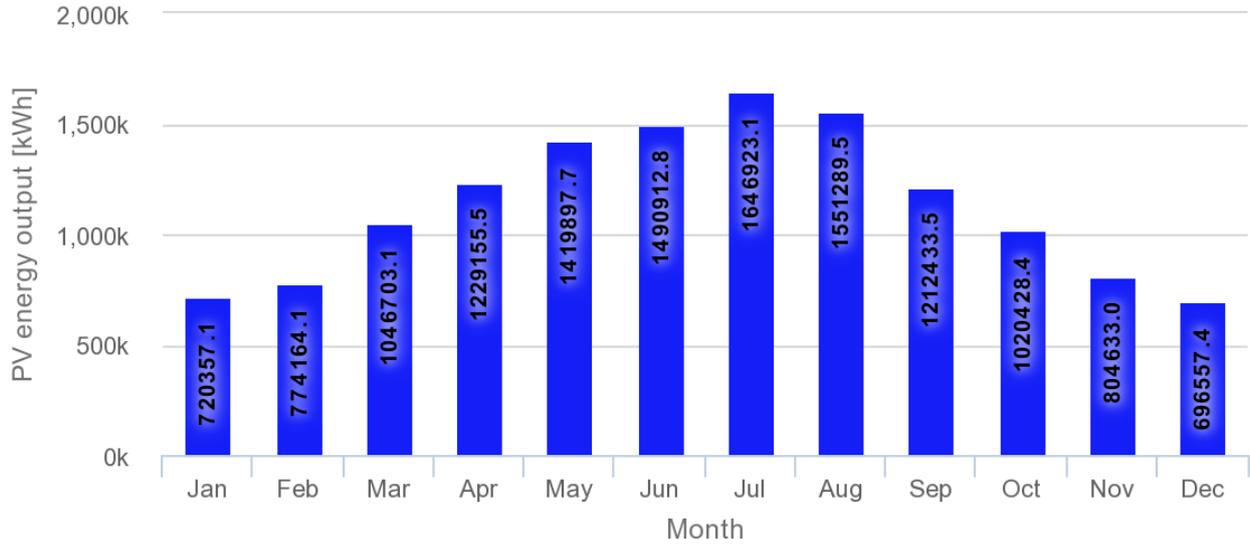
### b) Produzione di energia elettrica annua attesa

Dai dati rilevati, elaborati e da calcoli inerenti alla stima dell'irraggiamento nel piano fotovoltaico si ricava la seguente tabella relativa alla produzione di energia elettrica stimata attesa, i grafici della produzione di energia e irraggiamento medio mensile:

Mese	Sistema a TRACKER Azimut 0°	
	Produzione media giornaliera [kWh]	Produzione mensile [kWh]
Gennaio	23.237,33	720.357,08
Febbraio	27.648,72	774.164,14
Marzo	33.764,62	1.046.703,11
Aprile	40.971,85	1.229.155,54
Maggio	45.803,15	1.419.897,66
Giugno	49.697,09	1.490.912,81
Luglio	53.126,55	1.646.923,10
Agosto	50.041,60	1.551.289,53
Settembre	40.414,45	1.212.433,48
Ottobre	32.917,05	1.020.428,44
Novembre	26.821,10	804.633,00
Dicembre	22.469,59	696.557,40
Media annuale	37.242,76	
<b>Totale per anno [kWh]</b>		<b>13.613.455,30</b>
<b>Produzione elettrica media [kWh/kWp]</b>		<b>2.240,45</b>

### Monthly energy output from tracking PV system

(C) PVGIS, 2022



Tracking mounting options  
(Click on series to hide)

● Inclined axis

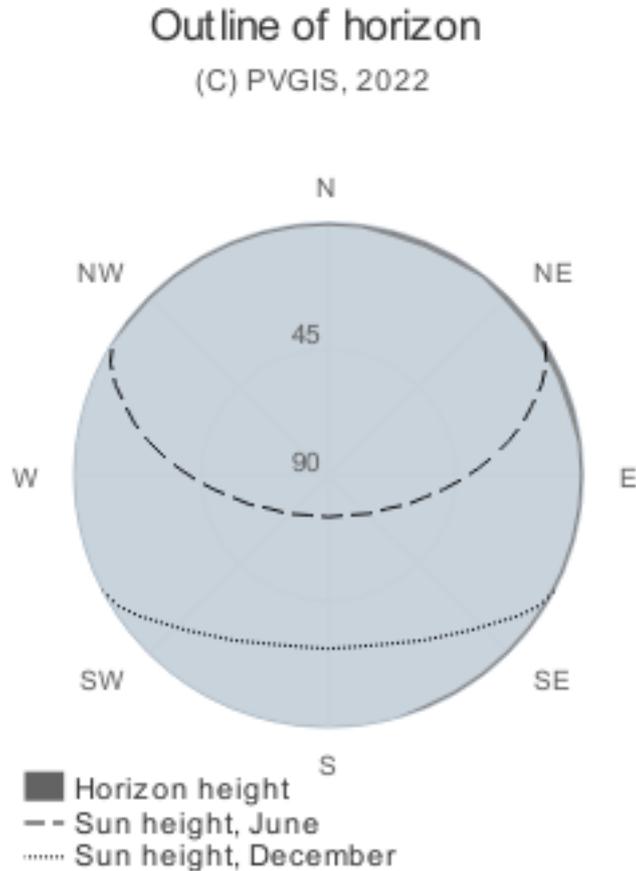
### Monthly in-plane irradiation for tracking PV system

(C) PVGIS, 2022



Tracking mounting options  
(Click on series to hide)

● Inclined axis



#### 4.3 Sotto-campo fotovoltaico FV03

a) Dati climatici e producibilità:

Dati calcolati utilizzando il software PVGIS stime di generazione elettricità da impianto solare fotovoltaico installato nel sito dalle seguenti coordinate geografiche:

- ✓ Luogo: latitudine 37°42'18.88" Nord; longitudine 12°43'25.19" Est
- ✓ Altitudine (m): 102
- ✓ Potenza nominale del sistema FV: 4.638,66 kWp (silicio cristallino)
- ✓ Opzioni di inseguimento: pannelli con inseguitore mono assiale con angolo di rotazione nord-sud
- ✓ Stima perdite di sistema (invecchiamento moduli FV, cavi, inverter, etc.): 14 %

Si ricavano dalla stima secondo PVGIS:

- ✓ La variazione di produzione a causa di:
  1. Temperatura e irradianza bassa [%]: -7.41
  2. Effetti spettrali [%]: 0.72
  3. Angolo di incidenza [%]: -1.46per un totale delle perdite di sistema [%] pari a: -20.97

## RELAZIONE DI STIMA DELLA PRODUCIBILITA' ELETTRICA

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltaiico e opere connesse  
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

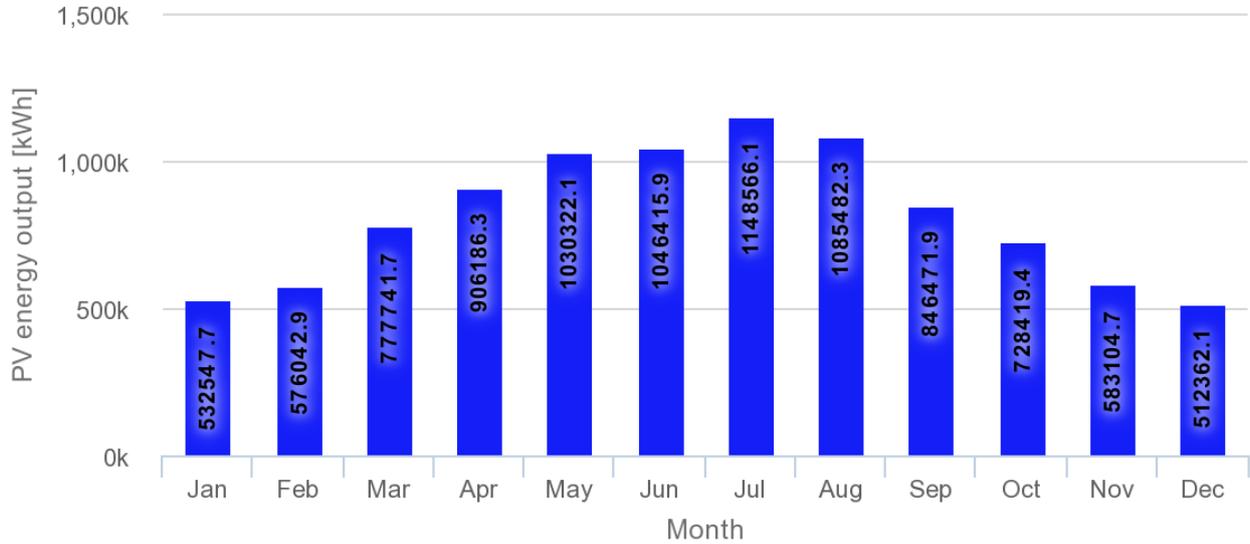
- ✓ Irraggiamento annuale nel piano [kWh/m<sup>2</sup>]: 2.657,59
- ✓ Variabilità da un anno all'altro [kWh]: 307.046,40
  - b) Produzione di energia elettrica annua attesa

Dai dati rilevati, elaborati e da calcoli inerenti alla stima dell'irraggiamento nel piano fotovoltaico si ricava la seguente tabella relativa alla produzione di energia elettrica stimata attesa, i grafici della produzione di energia e irraggiamento medio mensile:

Mese	Sistema a TRACKER Azimut 0°	
	Produzione media giornaliera [kWh]	Produzione mensile [kWh]
Gennaio	17.178,96	532.547,71
Febbraio	20.572,96	576.042,88
Marzo	25.088,44	777.741,71
Aprile	30.206,21	906.186,31
Maggio	33.236,20	1.030.322,06
Giugno	34.880,53	1.046.415,94
Luglio	37.050,52	1.148.566,10
Agosto	35.015,56	1.085.482,34
Settembre	28.215,73	846.471,86
Ottobre	23.497,40	728.419,42
Novembre	19.436,82	583.104,72
Dicembre	16.527,81	512.362,05
Media annuale	26.742,26	
<b>Totale per anno [kWh]</b>		<b>9.773.663,11</b>
<b>Produzione elettrica media [kWh/kWp]</b>		<b>2.100,29</b>

### Monthly energy output from tracking PV system

(C) PVGIS, 2022



Tracking mounting options  
 (Click on series to hide)

● Inclined axis

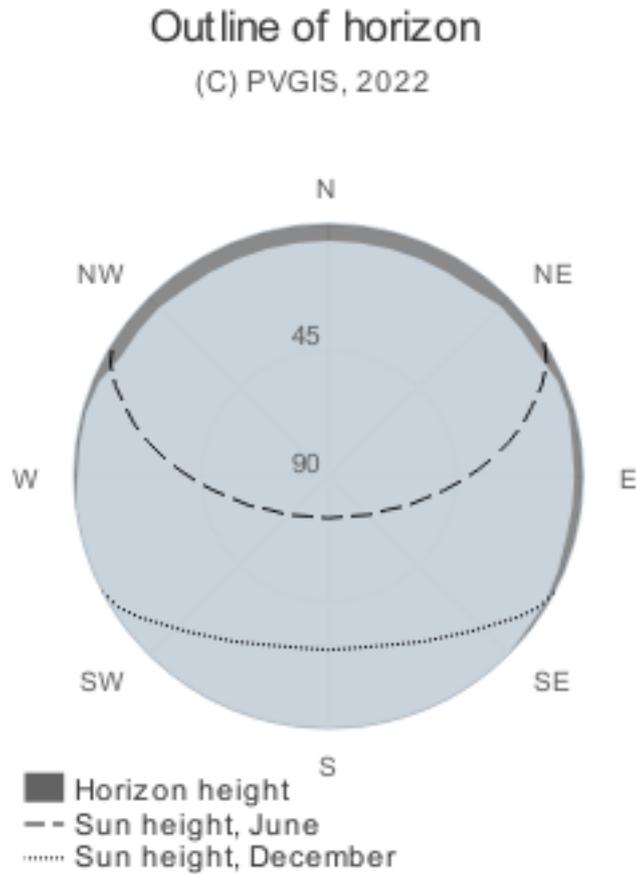
### Monthly in-plane irradiation for tracking PV system

(C) PVGIS, 2022



Tracking mounting options  
 (Click on series to hide)

● Inclined axis



#### 4.4 Sotto-campo fotovoltaico FV04

##### a) Dati climatici e producibilità:

Dati calcolati utilizzando il software PVGIS stime di generazione elettricità da impianto solare fotovoltaico installato nel sito dalle seguenti coordinate geografiche:

- ✓ Luogo: latitudine 37°42'44.64" Nord; longitudine 12°43'45.17" Est
- ✓ Altitudine (m): 140
- ✓ Potenza nominale del sistema FV: 12.567,36kWp (silicio cristallino)
- ✓ Opzioni di inseguimento: pannelli con inseguitore mono assiale con angolo di rotazione nord-sud
- ✓ Stima perdite di sistema (invecchiamento moduli FV, cavi, inverter, etc.): 14 %

Si ricavano dalla stima secondo PVGIS:

- ✓ la variazione di produzione a causa di:
  - 1) Temperatura e irradianza bassa [%]: -7.42
  - 2) Effetti spettrali [%]: 0.72
  - 3) Angolo di incidenza [%]: -1.46per un totale delle perdite di sistema [%] pari a: -20.98
  
- ✓ Irraggiamento annuale nel piano [kWh/m<sup>2</sup>]: 2.665,55

## RELAZIONE DI STIMA DELLA PRODUCIBILITA' ELETTRICA

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltico e opere connesse  
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

✓ Variabilità da un anno all'altro [kWh]: 828.185,8

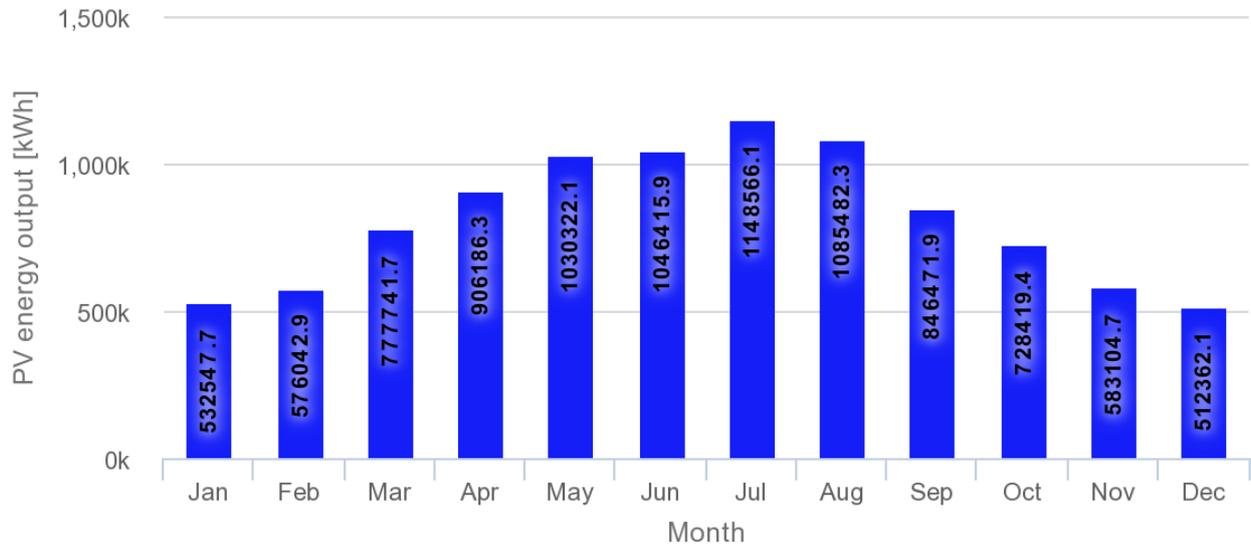
### b) Produzione di energia elettrica annua attesa

Dai dati rilevati, elaborati e da calcoli inerenti alla stima dell'irraggiamento nel piano fotovoltaico si ricava la seguente tabella relativa alla produzione di energia elettrica stimata attesa, i grafici della produzione di energia e irraggiamento medio mensile:

Mese	Sistema a TRACKER Azimut 0°	
	Produzione media giornaliera [kWh]	Produzione mensile [kWh]
Gennaio	46.412,52	1.438.788,19
Febbraio	55.609,88	1.557.076,52
Marzo	67.762,46	2.100.636,36
Aprile	81.608,02	2.448.240,59
Maggio	89.792,50	2.783.567,54
Giugno	95.527,68	2.865.830,27
Luglio	100.904,54	3.128.040,83
Agosto	94.561,37	2.931.402,62
Settembre	76.313,48	2.289.404,45
Ottobre	63.471,53	1.967.617,39
Novembre	52.511,39	1.575.341,63
Dicembre	44.656,93	1.384.364,73
Media annuale	72.427,69	
<b>Totale per anno [kWh]</b>		<b>26.470.311,12</b>
<b>Produzione elettrica media [kWh/kWp]</b>		<b>2.106,27</b>

### Monthly energy output from tracking PV system

(C) PVGIS, 2022

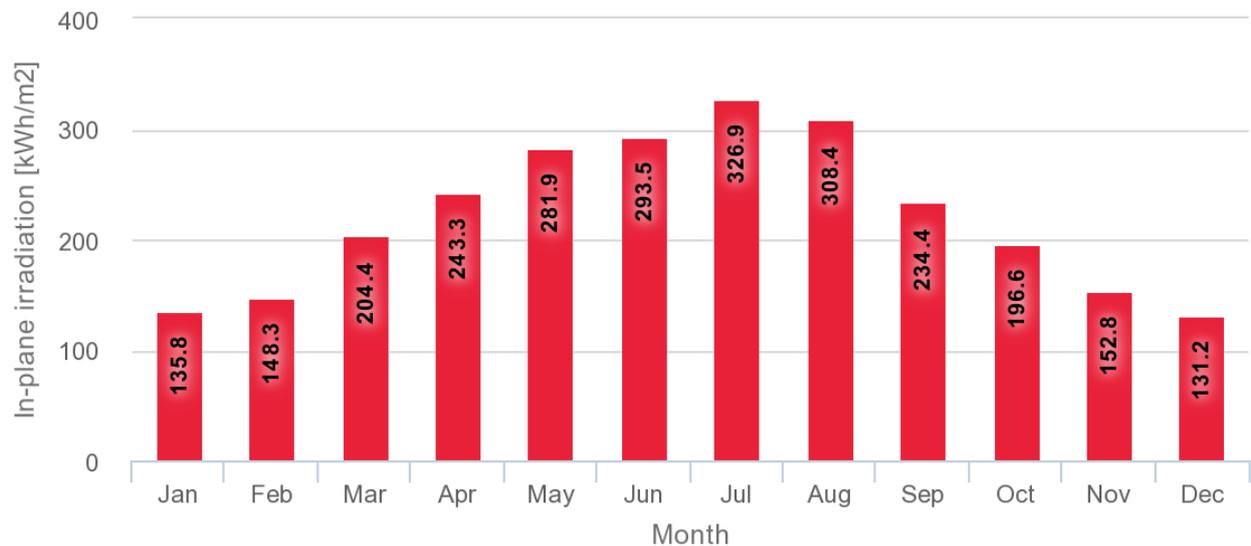


Tracking mounting options  
(Click on series to hide)

● Inclined axis

### Monthly in-plane irradiation for tracking PV system

(C) PVGIS, 2022

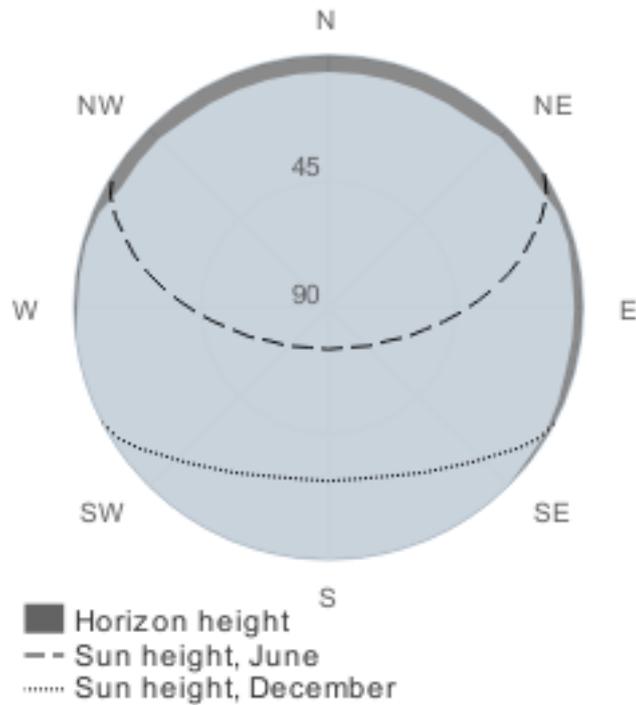


Tracking mounting options  
(Click on series to hide)

● Inclined axis

## Outline of horizon

(C) PVGIS, 2022



## 5 Stime di producibilità annua

Dai calcoli effettuati si stima una producibilità elettrica annua del generatore fotovoltaico, avente potenza di picco pari a 57.338,58 kWp, di 121.587.674,95 kWh come da tabella:

Sotto campo	Potenza di picco [kWp]	Producibilità EE annua [kWh]	Producibilità media [kWh/kWp]
FV01	34.056,36	71.730.245,42	2.106,22
FV02	6.076,20	13.613.455,30	2.240,45
FV03	4.638,66	9.773.663,11	2.100,29
FV04	12.567,36	26.470.311,12	2.106,27
<b>Totale</b>	<b>57.338,58</b>	<b>121.587.674,95</b>	<b>2.120,52</b>