

MAGGIO 2023



**SOLAR INVEST 2 S.r.l.**  
**IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO**  
**COLLEGATO ALLA RTN**

**POTENZA NOMINALE 29,15 MW**

**COMUNE DI TROIA (FG)**

**Montagna**

**PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO**  
**INTEGRATO AGRIVOLTAICO**  
**Calcolo Producibilità**

**Progettisti (o coordinamento)**

Ing. Laura Maria Conti n. ordine Ing. Pavia 1726

**Codice elaborato**

2748\_5287\_TRLAR\_VIA\_R18\_Rev0\_Calcolo *Producibilità*

## Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2748_5287_TRLAR_VIA_R18_Rev0_Calcolo Producibilità	05/2023	Prima emissione	CLa	CP	L.Conti

## Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Maria Conti	Direzione Tecnica	Ordine Ing. Pavia 1726
Daniele Crespi	Project Manager e Coordinamento SIA	
Corrado Pluchino	Project Manager	Ord. Ing. Milano A27174
Riccardo Festante	Progettazione Elettrica, Rumore e Comunicazioni	Tecnico acustico/ambientale n. 71
Giulia Peirano	Architetto	Ordine Arch. Milano n. 20208
Marco Corrà	Architetto	
Fabio Lassini	Ingegnere Idraulico	Ordine Ing. Milano A29719
Mauro Aires	Ingegnere strutturista	Ordine Ing. Torino 9583J
Elena Comi	Biologo	
Sergio Alifano	Architetto	
Paola Scaccabarozzi	Ingegnere Idraulico	
Andrea Delussu	Ingegnere Elettrico	
Corrado Landi	Ingegnere Ambientale	
Luca Morelli	Ingegnere Ambientale	
Matteo Cuda	Naturista	

### Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano  
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

[www.montanambiente.com](http://www.montanambiente.com)





Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Graziella Cusmano	Architetto	
Laura Brioschi	Pianificatore territoriale	Ordine Arch. Bergamo n. 3144
Matthew Piscedda	Perito Elettrotecnico	
Vincenzo Ferrante	Ingegnere strutturista	Ordine Ingegneri Siracusa n.2216
Michele Pecorelli (Studio Geodue)	Geologo - Indagini Geotecniche Geodue	Ordine Geologi Puglia n. 327
Nazzario D'Errico	Agronomo	Ordine Agronomi di Foggia n. 382
Felice Stoico	Archeologo	
Marianna Denora	Architetto - Acustica	Ordine Architetti Bari, Sez. A n. 2521

**Montana S.p.A.**

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano  
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

[www.montanambiente.com](http://www.montanambiente.com)





**INDICE**

1. PREMESSA .....	5
2. DATI GENERALI DI PROGETTO .....	6
3. DATI CLIMATICI.....	7
4. RISULTATI .....	8

**ALLEGATO**

ALLEGATO 01 Calcolo Producibilità\_PVSYST\_Report



## **1. PREMESSA**

Il progetto in questione prevede la realizzazione, attraverso la società di scopo Solar Invest 2 S.r.l., di un impianto solare fotovoltaico in alcuni terreni a Sud-Ovest del territorio comunale di Foggia e nel territorio comunale di Troia di potenza pari a 29,15 MW su un'area catastale di circa 60 ettari complessivi di cui circa 32,87 ettari recintati.

Solar Invest 2 S.r.l., è una società italiana con sede legale in Italia nella città di Torremaggiore (FG). Le attività principali del gruppo sono lo sviluppo, la progettazione e la realizzazione di impianti di medie e grandi dimensioni per la produzione di energia da fonti rinnovabili.

Il progetto in esame è in linea con quanto previsto dal: "Pacchetto per l'energia pulita (Clean Energy Package)" presentato dalla Commissione europea nel novembre 2016 contenente gli obiettivi al 2030 in materia di emissioni di gas serra, fonti rinnovabili ed efficienza energetica e da quanto previsto dal Decreto 10 novembre 2017 di approvazione della Strategia energetica nazionale emanato dal Ministro dello sviluppo economico, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare.

L'opera ha dei contenuti economico-sociali importanti e tutti i potenziali impatti sono stati mitigati. Il progetto sarà eseguito in regime "agrivoltaico" che produce energia elettrica "zero emission" da fonti rinnovabili attraverso un sistema integrato con l'attività agricola, garantendo un modello eco-sostenibile che fornisca energia pulita e prodotti sani da agricoltura biologica.

La tecnologia impiantistica prevede l'installazione di moduli fotovoltaici bifacciali che saranno installati su strutture mobili (tracker) di tipo monoassiale mediante palo infisso nel terreno.

Le strutture saranno posizionate in maniera da consentire lo sfruttamento agricolo ottimale del terreno. I pali di sostegno sono distanti tra loro 9,00 metri per consentire la coltivazione e garantire la giusta illuminazione al terreno, mentre i pannelli sono distribuiti in maniera da limitare al massimo l'ombreggiamento. Saranno utilizzate due tipologie di strutture, una da 28 moduli (Tipo 1) e l'altra da 14 moduli (Tipo 2).

I terreni non occupati dalle strutture dell'impianto continueranno ad essere adibiti ad uso agricolo ed è prevista una piantumazione e coltivazione di ulivi.

Il progetto rispetta i requisiti riportati all'interno delle "Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici" in quanto la superficie minima per l'attività agricola è pari al 70,33% mentre la LAOR (percentuale di superficie ricoperta dai moduli) è pari al 37,64%.

Infine, l'impianto fotovoltaico sarà collegato in antenna a 36 kV su una futura Stazione Elettrica (SE) della RTN da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Deliceto - Foggia".



## 2. DATI GENERALI DI PROGETTO

Nella tabella seguente sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell'impianto di progetto.

*Tabella 2.1: Dati di progetto*

ITEM	DESCRIZIONE	
Richiedente	SOLAR INVEST 2 S.R.L.	
Luogo di installazione:	TROIA (FG)	
Denominazione impianto:	La Rotonda	
Potenza di picco (MW <sub>p</sub> ):	29,15 MWp	
Informazioni generali del sito:	Sito ben raggiungibile, caratterizzato da strade esistenti, idonee alle esigenze legate alla realizzazione dell'impianto e di facile accesso. La morfologia è piuttosto regolare.	
Connessione:	Interfacciamento alla rete mediante soggetto privato nel rispetto delle norme CEI	
Tipo strutture di sostegno:	Strutture metalliche in acciaio zincato tipo Tracker fissate a terra su pali	
Inclinazione piano dei moduli:	+55° - 55°	
Azimut di installazione:	0°	
Power Station:	n. 9 cabine distribuite in campo	
Cabine di Smistamento:	n. 2 cabine interne ai campi FV	
Rete di collegamento:	36 kV	
Coordinate (impianto):	<b>C2</b>	<b>C5</b>
	Latitudine 41.379301°N; longitudine 15.438184°E	Latitudine 41.395698°N; longitudine 15.454742°E



### 3. DATI CLIMATICI

Il database internazionale PVGIS Api TMY rende disponibili i dati meteorologici e l'attendibilità dei dati contenuti nel database è internazionalmente riconosciuta, possono quindi essere usati per l'elaborazione statistica per la stima di radiazione solare per il sito di progetto.

È stata fatta un'unica simulazione considerando tutte le sezioni di impianto; in tutte le sezioni è presente un'unica tipologia di struttura ovvero mobile di tipo tracker.

Di seguito si riportano i bilanci e i risultati principali:

	<b>GlobHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>DiffHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>T_Amb</b> °C	<b>GlobInc</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>GlobEff</b> kWh/m <sup>2</sup>
<b>Gennaio</b>	53.1	23.78	4.35	66.2	63.7
<b>Febbraio</b>	59.5	31.41	3.02	70.6	68.3
<b>Marzo</b>	111.1	51.27	8.64	136.8	132.7
<b>Aprile</b>	161.4	67.35	15.01	194.2	188.8
<b>Maggio</b>	199.2	72.79	17.35	246.9	240.4
<b>Giugno</b>	200.9	74.21	23.22	245.5	239.0
<b>Luglio</b>	228.3	63.33	25.84	286.5	279.2
<b>Agosto</b>	195.9	61.30	25.77	245.9	239.6
<b>Settembre</b>	148.1	51.63	20.67	185.9	180.8
<b>Ottobre</b>	106.1	40.94	17.48	132.6	128.7
<b>Novembre</b>	64.5	29.88	8.64	79.3	76.5
<b>Dicembre</b>	44.2	24.17	5.70	52.9	50.9
<b>Anno</b>	1572.2	592.06	14.71	1943.3	1888.6

Figura 3.1 - Dati Climatici con Irraggiamento per impianto con strutture mobili



## 4. RISULTATI

Di seguito si riportano i risultati relativi alla produzione dell'impianto:

L'energia prodotta dall'area di progetto con strutture tracker risulta essere di circa **50.600 MWh/anno** e la produzione specifica è pari a **1.736 kWh/kWc/anno**. In base ai parametri impostati per le relative perdite d'impianto, i componenti scelti (moduli e inverter) e alle condizioni meteorologiche del sito in esame risulta un indice di rendimento (performance ratio PR) del **89,31%**.

### Produzione sistema

Energia prodotta 50600.06 MWh/anno

Prod. Specif.

1736 kWh/kWc/anno

Indice rendimento PR

89.31 %

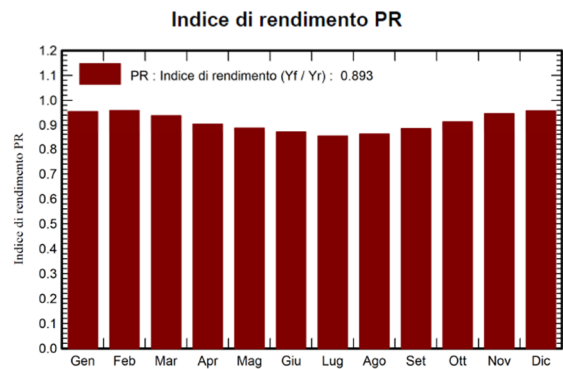
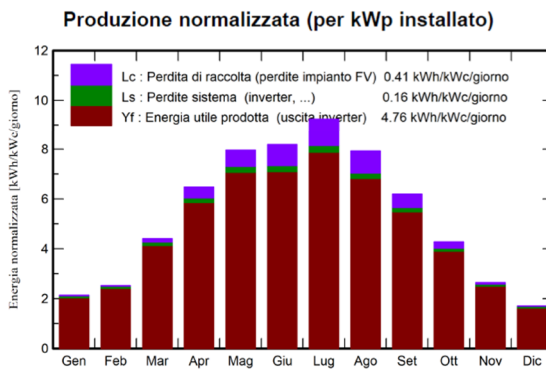


Figura 4.1 - Sintesi dei risultati ottenuti dalla simulazione con PVSYS



# PVsyst - Rapporto di simulazione

## Sistema connesso in rete

---

Progetto: 2748\_La Rotonda

Variante: Layou\_30.05.2023

Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)

Potenza di sistema: 29.15 MWc

La Rotonda - Italia

**Autore**

Montana S.p.a. (Italy)

**PVsyst V7.3.4**VCO, Simulato su  
30/05/23 16:16  
con v7.3.4

Montana S.p.a. (Italy)

**Sommario del progetto**

<b>Luogo geografico</b> <b>La Rotonda</b> Italia	<b>Ubicazione</b> Latitudine 41.38 °N Longitudine 15.44 °E Altitudine 186 m Fuso orario UTC+1	<b>Parametri progetto</b> Albedo 0.20
<b>Dati meteo</b> La Rotonda PVGIS api TMY		

**Sommario del sistema**

<b>Sistema connesso in rete</b> <b>Orientamento campo FV</b> <b>Orientamento</b> Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S Asse dell'azimut 0 °	<b>Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)</b> <b>Algoritmo dell'inseguimento</b> Calcolo astronomico Backtracking attivato	<b>Ombre vicine</b> Ombre lineari Ombreggiamento diffuso automatico
<b>Informazione sistema</b> <b>Campo FV</b> Nr. di moduli 43512 unità Pnom totale 29.15 MWc	<b>Inverter</b> Numero di unità 8 unità Pnom totale 26.40 MWac Rapporto Pnom 1.104	
<b>Bisogni dell'utente</b> Carico illimitato (rete)		

**Sommario dei risultati**

Energia prodotta 50600.06 MWh/anno	Prod. Specif. 1736 kWh/kWc/anno	Indice rendimento PR 89.31 %
------------------------------------	---------------------------------	------------------------------

**Indice dei contenuti**

Sommario del progetto e dei risultati	2
Parametri principali, Caratteristiche campo FV, Perdite sistema	3
Definizione ombre vicine - Diagramma iso-ombre	5
Risultati principali	6
Diagramma perdite	7
Grafici predefiniti	8



## PVsyst V7.3.4

VCO, Simulato su  
30/05/23 16:16  
con v7.3.4

Montana S.p.a. (Italy)

## Parametri principali

## Sistema connesso in rete

## Orientamento campo FV

## Orientamento

Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S  
Asse dell'azimut 0 °

## Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)

## Algoritmo dell'inseguimento

Calcolo astronomico  
Backtracking attivato

## Campo con backtracking

N. di eliostati 1587 unità

## Dimensioni

Distanza eliostati 9.00 m

Larghezza collettori 5.17 m

Fattore occupazione (GCR) 57.4 %

Phi min / max -/+ 55.0 °

## Strategia Backtracking

Phi limits for BT -/+ 54.8 °

Distanza tavole backtracking 9.00 m

Larghezza backtracking 5.17 m

## Modelli utilizzati

Trasposizione Perez  
Diffuso Importato  
Circumsolare separare

## Orizzonte

Orizzonte libero

## Ombre vicine

Ombre lineari  
Ombreggiamento diffuso automatico

## Bisogni dell'utente

Carico illimitato (rete)

## Sistema bifacciale

Modello Calcolo 2D  
eliostati illimitati

## Geometria del modello bifacciale

Distanza eliostati 9.00 m  
ampiezza eliostati 5.17 m  
GCR 57.4 %  
Altezza dell'asse dal suolo 2.10 m

## Definizioni per il modello bifacciale

Albedo dal suolo 0.20  
Fattore di Bifaccialità 70 %  
Ombreg. posteriore 5.0 %  
Perd. Mismatch post. 10.0 %  
Frazione trasparente della tettoia 0.0 %

## Caratteristiche campo FV

## Modulo FV

Costruttore Trina Solar  
Modello TSM-670DEG21C.20  
(Definizione customizzata dei parametri)Potenza nom. unit. 670 Wp  
Numero di moduli FV 43512 unità  
Nominale (STC) 29.15 MWc  
Moduli 1554 Stringhe x 28 In serie  
**In cond. di funz. (50°C)**  
Pmpp 26.66 MWc  
U mpp 972 V  
I mpp 27439 A

## Potenza PV totale

Nominale (STC) 29153 kWp  
Totale 43512 moduli  
Superficie modulo 135164 m<sup>2</sup>  
Superficie cella 126646 m<sup>2</sup>

## Inverter

Costruttore Sungrow  
Modello SG3300UD  
(Definizione customizzata dei parametri)Potenza nom. unit. 3300 kWac  
Numero di inverter 8 unità  
Potenza totale 26400 kWac  
Voltaggio di funzionamento 895-1500 V  
Potenza max. (=>22°C) 3795 kWac  
Rapporto Pnom (DC:AC) 1.10  
Power sharing within this inverter

## Potenza totale inverter

Potenza totale 26400 kWac  
Potenza max. 30360 kWac  
Numero di inverter 8 unità  
Rapporto Pnom 1.10

**PVsyst V7.3.4**VCO, Simulato su  
30/05/23 16:16  
con v7.3.4**Perdite campo****Perdite per sporco campo**

Fraz. perdite 2.0 %

**Fatt. di perdita termica**Temperatura modulo secondo irraggiamento  
Uc (cost) 29.0 W/m<sup>2</sup>K  
Uv (vento) 0.0 W/m<sup>2</sup>K/m/s**Perdite DC nel cablaggio**Res. globale campo 0.58 mΩ  
Fraz. perdite 1.5 % a STC**Perdita di qualità moduli**

Fraz. perdite -0.8 %

**Perdite per mismatch del modulo**

Fraz. perdite 2.0 % a MPP

**Perdita disadattamento Stringhe**

Fraz. perdite 0.2 %

**Fattore di perdita IAM**

Effetto d'incidenza, profilo definito utente (IAM): Profilo definito utente

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	0.999	0.994	0.969	0.929	0.830	0.589	0.000

**Perdite cablaggio AC****Linea uscita inv. sino al trasformatore MT**Tensione inverter 630 Vac tri  
Fraz. perdite 0.95 % a STC**Inverter: SG3300UD**Sezione cavi (8 Inv.) All 8 x 3 x 3000 mm<sup>2</sup>  
Lunghezza media dei cavi 100 m**Linea MV fino alla iniezione**Voltaggio MV 36 kV  
Media ciascun inverter  
Conduttori All 3 x 50 mm<sup>2</sup>  
Lunghezza 500 m  
Fraz. perdite 0.09 % a STC**Perdite AC nei trasformatori****Trafo MV**

Media tensione 36 kV

**One transfo parameters**Potenza nominale a STC 3.58 MVA  
Iron Loss ( Connessione 24/24) 3.59 kVA  
Frazione di perdite a vuoto 0.10 % a STC  
Perdite a carico 35.67 kVA  
Frazione di perdite a carico 1.00 % a STC  
Resistenza equivalente induttori 3 x 1.10 mΩ**Perdite di operazione in STC (sistema intero)**Nb. identical MV transfos 8  
Potenza nominale a STC 28.64 MVA  
Perdite a vuoto (Connessione 24/24) 28.74 kVA  
Perdite a carico 285.38 kVA



Parametri per ombre vicine

Prospettiva campo FV e area d'ombra circostante

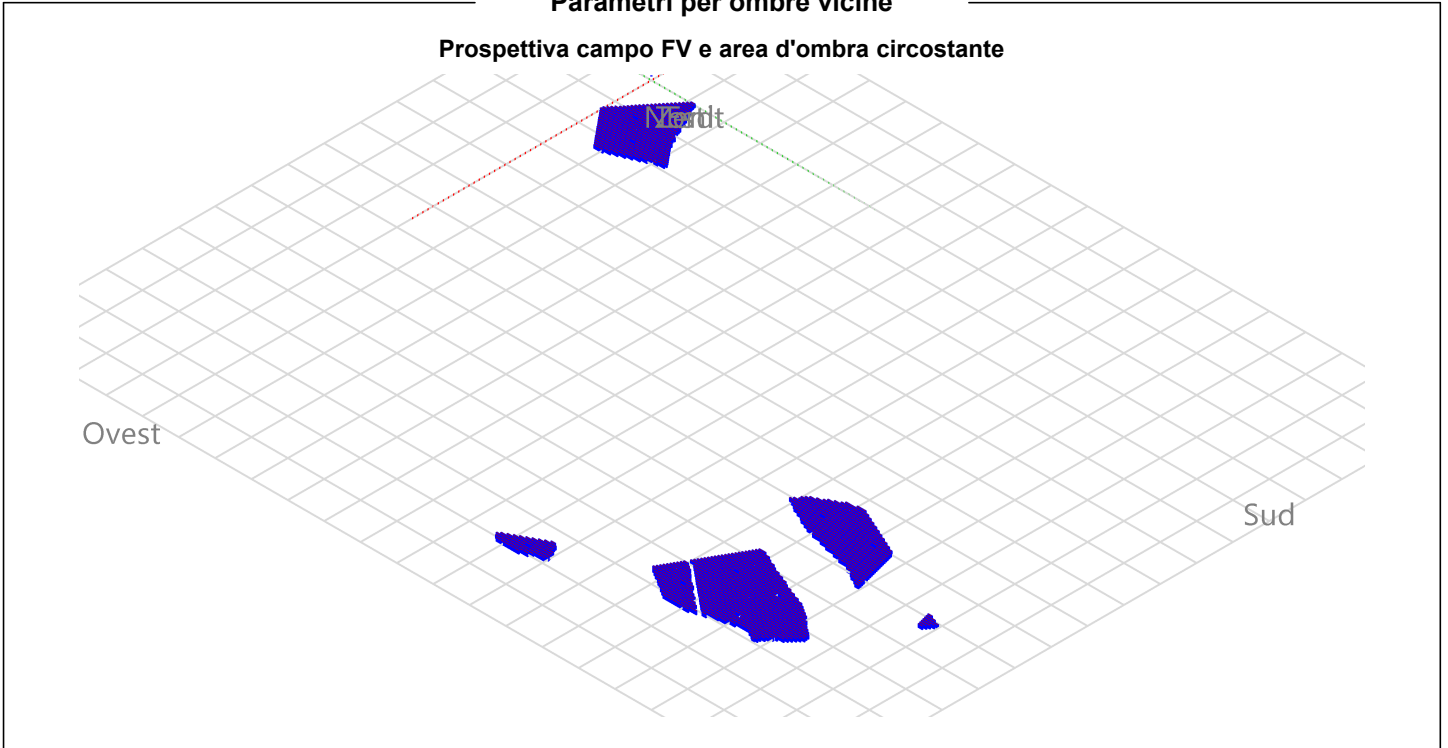
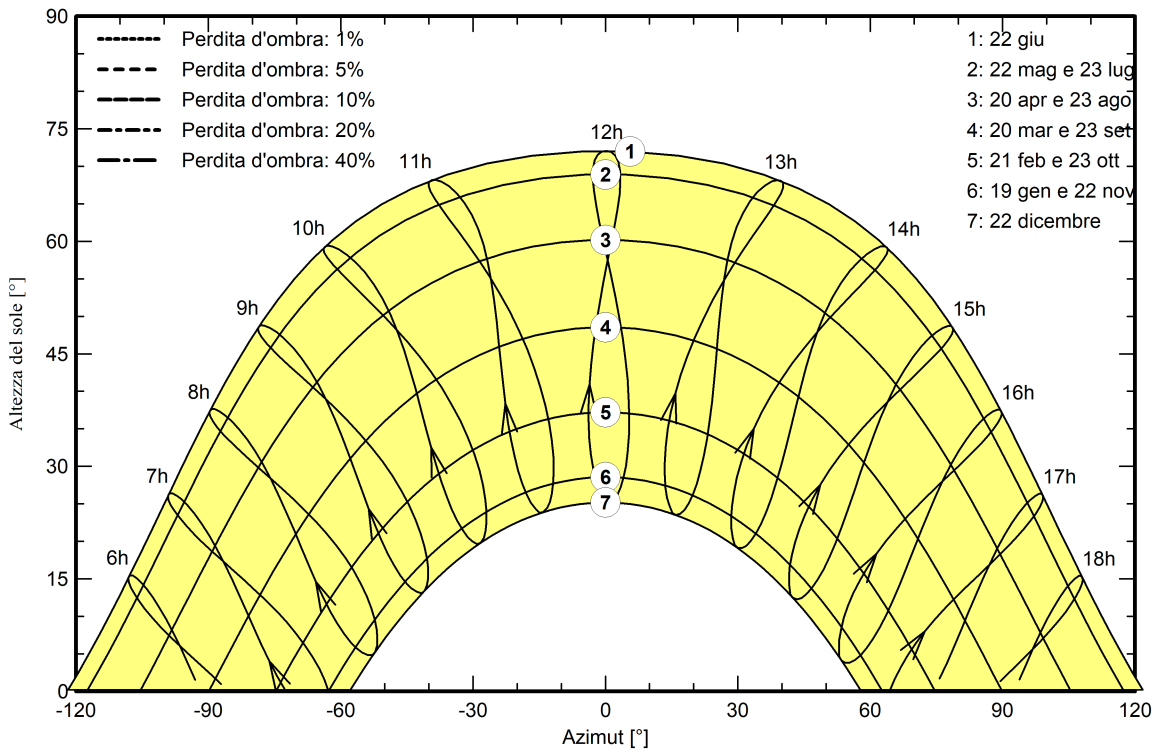


Diagramma iso-ombre

Orientamento #1





**Risultati principali**

**Produzione sistema**

Energia prodotta 50600.06 MWh/anno

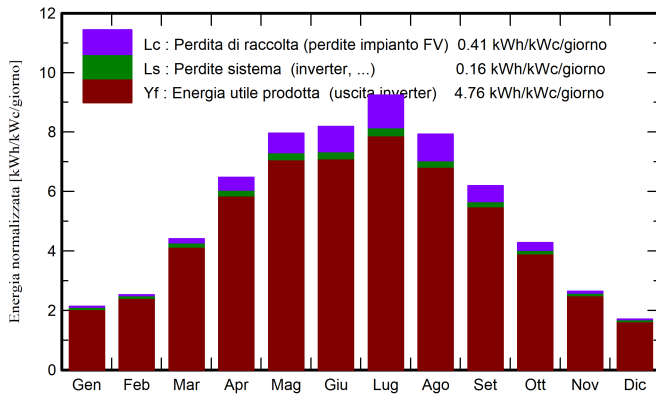
Prod. Specif.

1736 kWh/kWc/anno

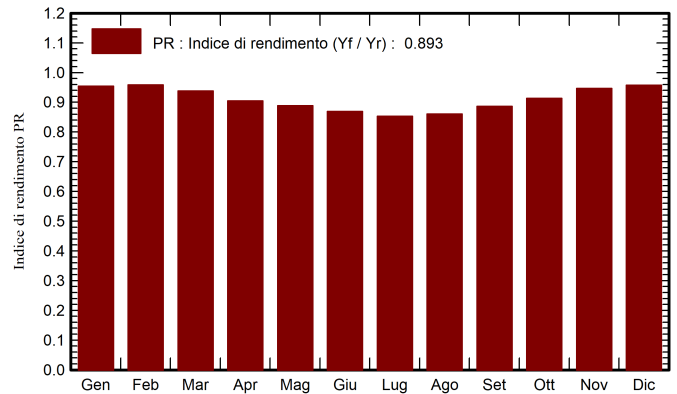
Indice rendimento PR

89.31 %

**Produzione normalizzata (per kWp installato)**



**Indice di rendimento PR**



**Bilanci e risultati principali**

	<b>GlobHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>DiffHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>T_Amb</b> °C	<b>GlobInc</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>GlobEff</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>EArray</b> MWh	<b>E_Grid</b> MWh	<b>PR</b> ratio
<b>Gennaio</b>	53.1	23.78	4.35	66.2	63.7	1909	1843	0.955
<b>Febbraio</b>	59.5	31.41	3.02	70.6	68.3	2044	1974	0.959
<b>Marzo</b>	111.1	51.27	8.64	136.8	132.7	3864	3741	0.938
<b>Aprile</b>	161.4	67.35	15.01	194.2	188.8	5292	5123	0.905
<b>Maggio</b>	199.2	72.79	17.35	246.9	240.4	6610	6396	0.888
<b>Giugno</b>	200.9	74.21	23.22	245.5	239.0	6426	6221	0.869
<b>Luglio</b>	228.3	63.33	25.84	286.5	279.2	7367	7129	0.854
<b>Agosto</b>	195.9	61.30	25.77	245.9	239.6	6371	6171	0.861
<b>Settembre</b>	148.1	51.63	20.67	185.9	180.8	4960	4806	0.887
<b>Ottobre</b>	106.1	40.94	17.48	132.6	128.7	3641	3532	0.913
<b>Novembre</b>	64.5	29.88	8.64	79.3	76.5	2261	2188	0.947
<b>Dicembre</b>	44.2	24.17	5.70	52.9	50.9	1534	1477	0.957
<b>Anno</b>	1572.2	592.06	14.71	1943.3	1888.6	52280	50600	0.893

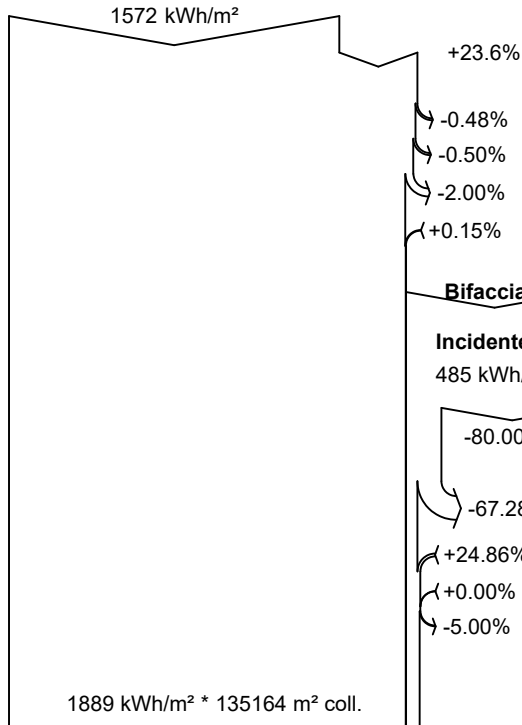
**Legenda**

GlobHor Irraggiamento orizzontale globale  
 DiffHor Irraggiamento diffuso orizz.  
 T\_Amb Temperatura ambiente  
 GlobInc Globale incidente piano coll.  
 GlobEff Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre

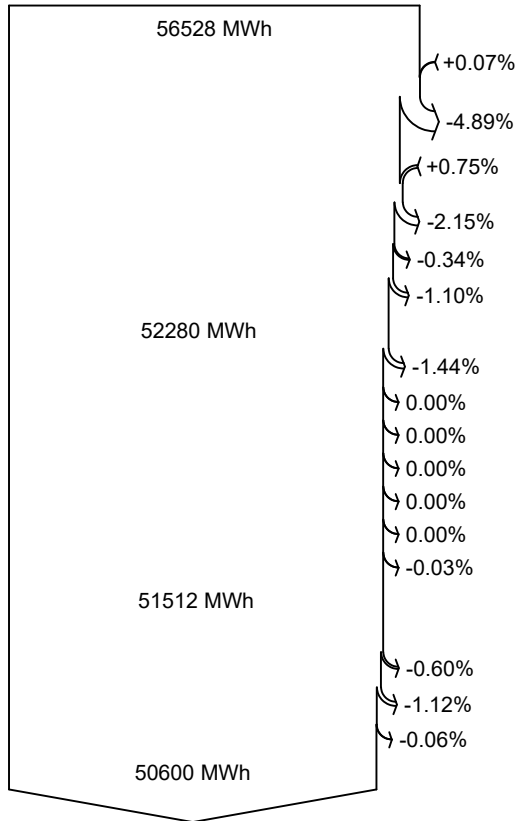
EArray Energia effettiva in uscita campo  
 E\_Grid Energia immessa in rete  
 PR Indice di rendimento



**Diagramma perdite**



efficienza a STC = 21.62%



**Irraggiamento orizzontale globale**

**Globale incidente piano coll.**

- Ombre vicine: perdita di irraggiamento
- Fattore IAM su globale
- Perdite per sporco campo
- Riflessione del suolo lato frontale

**3.47% Irradiazione globale sulla faccia posteriore (66 kWh/m<sup>2</sup>)**

**Irraggiamento effettivo su collettori**

Conversione FV, Fattore di Bifaccialità = 0.70

**Energia nominale campo (effic. a STC)**

Perdita FV causa livello d'irraggiamento

Perdita FV causa temperatura

Perdita per qualità modulo

Perdita disadattamento moduli e stringhe

Disadattamento dovuto ad irradiazione posteriore

Perdite ohmiche di cablaggio

**Energia apparente impianto a MPPT**

Perdita inverter in funzione (efficienza)

Perdita inverter per superamento Pmax

Perdita inverte a causa massima corrente in ingresso

Perdita inverter per superamento Vmax

Perdita inverter per non raggiungimento Pmin

Perdita inverter per non raggiungimento Vmin

Consumi notturni

**Energia in uscita inverter**

Perdite ohmiche AC

Perdita del trasfo Medio Voltaggio

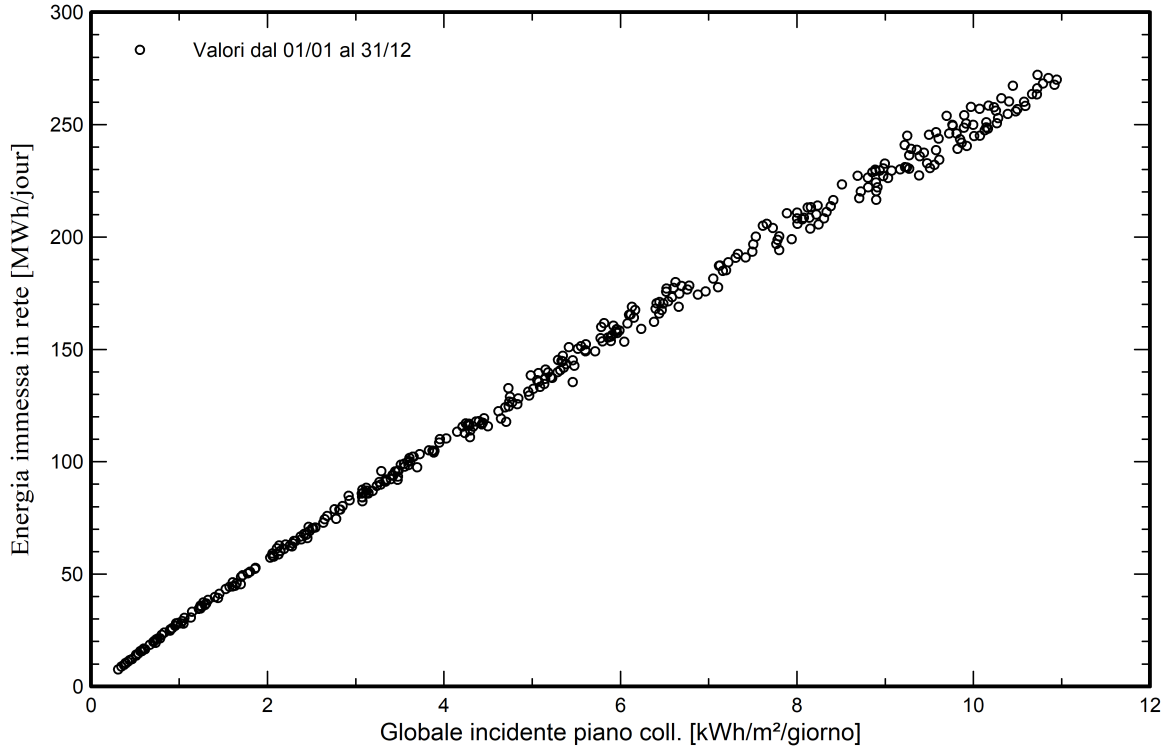
Perdita ohmmica sulla linea MV

**Energia immessa in rete**



Grafici predefiniti

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema

