



REGIONE PUGLIA  
 PROVINCIA DI FOGGIA  
 COMUNI DI FOGGIA E MANFREDONIA



PROGETTO IMPIANTO SOLARE AGRI-VOLTAICO DA  
 REALIZZARE NEL COMUNE DI FOGGIA (FG) C.DA TITOLO, E  
 RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI  
 MANFREDONIA, DI POTENZA PARI A **62.452,04 kWp**,  
 DENOMINATO "**FOGGIA - MANFREDONIA**"

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE PRODUCIBILITA' IMPIANTO



livello prog.	Codice Pratica STMG	N. ELABORATO	DATA	SCALA
PD	201901116	VF6FYQ3_A22	15.09.2021	

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

RICHIEDENTE E PRODUTTORE

HF Solar 3 S.r.l.



ENTE

PROGETTAZIONE



Arch. A. Calandrino  
 Arch. M. Gullo  
 Arch. S. Martorana  
 Arch. F. G. Mazzola  
 Arch. G. Vella  
 Arch. Y. Kokalah

Ing. D. Siracusa  
 Ing. A. Costantino  
 Ing. C. Chiaruzzi  
 Ing. G. Schillaci  
 Ing. G. Buffa



Il Progettista

Il Progettista

**Impianto di produzione di energia elettrica da fonte  
solare fotovoltaica denominato  
“Foggia Manfredonia”**

**Codice Pratica STMG 201901116**

**Relazione di producibilità dell’impianto fotovoltaico**

## Scopo del documento

Nel presente elaborato, vengono riportati i risultati dell'analisi di producibilità media annua dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte energetica rinnovabile attraverso tecnologia fotovoltaica, che la Società **HF Solar 3 S.r.l.** intende realizzare nel Territorio Comunale di Foggia in località c.da Titolo.

L'impianto, denominato “**Foggia - Manfredonia**”, ha una potenza di picco di **62.452,04 kWp** e verrà realizzato nel territorio comunale di Foggia (FG), in contrada Titolo, su lotti di terreno distinti al N.T.C. Foglio 163, p.lle 38, 43, 62, 75, 131, 215 – 25, 105, 210, 219, 214, 208, 207, 206, 222, 218, 277, 229, 209, 39, 44, 28, 211 – 32, 226, 228, 212, 90, 61, 93 – 24, 34, 72, 74, 89, 205, 227 – 4, 81, 82, 92, 176 - 31 e annesse opere di connessione nel territorio comunale di Manfredonia. su lotti di terreno distinti al N.C.T. Foglio 129 p.la 486.

Per il calcolo della producibilità media annua ci si è avvalsi del software PVSyst, simulando un impianto di produzione di energia elettrica avente le stesse caratteristiche di quello in progetto.

Il software possiede un database interno con i dati Meteo di irraggiamento, mediante il quale è possibile calcolare la producibilità dell'intero impianto in funzione dei moduli scelti, degli inverter e della loro disposizione.

Definito il sito di installazione ed il corrispondente layout di impianto, è stata valutata la producibilità dell'intero impianto da **62452,04 kWp**, ottenendo i risultati di seguito riportati:

- producibilità specifica risultante della simulazione dell'impianto pari a 1.885 kWh/kWp annui;
- producibilità stimata media annua pari a circa 117.716 MWh/anno.

Dai dati ottenuti, è stata stimata l'emissione di CO<sub>2</sub> evitata moltiplicando l'emissione evitata annua per la durata di vita dell'impianto stimata in 30 anni:

$$\text{CO}_2 \text{ evitata} = \mathbf{51.795} \text{ tonnellate}$$

e le corrispondenti TEP risparmiate, applicando il fattore di conversione TEP/kWh e kg CO<sub>2</sub>/kWh definiti dalla **Delibera EEN 3/08** “*Aggiornamento del fattore di conversione dei kWh in tonnellate equivalenti di petrolio connesso al meccanismo dei titoli di efficienza energetica*” pubblicata sul sito [www.autorita.energia.it](http://www.autorita.energia.it) in data 01 aprile 2008, GU n. 100 DEL 29.4.08 -SO n.107:

$$\text{TEP risparmiate} = \mathbf{22.012,9}$$

Nel presente elaborato, dopo una breve descrizione del parco di generazione, verrà riportato il report della simulazione di producibilità dell'impianto valutata a mezzo del software sopra citato.

## **Descrizione generale dell'impianto fotovoltaico**

L'impianto di produzione di energia elettrica oggetto dell'iniziativa intrapresa dalla Società **HF Solar 3 S.r.l.**, ha una potenza di picco, intesa come somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici scelti in fase di progettazione definitiva, pari a **62452,04 kWp** e, conformemente a quanto prescritto dal Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale, verrà collegato in antenna a 150 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione 380/150 kV della RTN di Manfredonia.

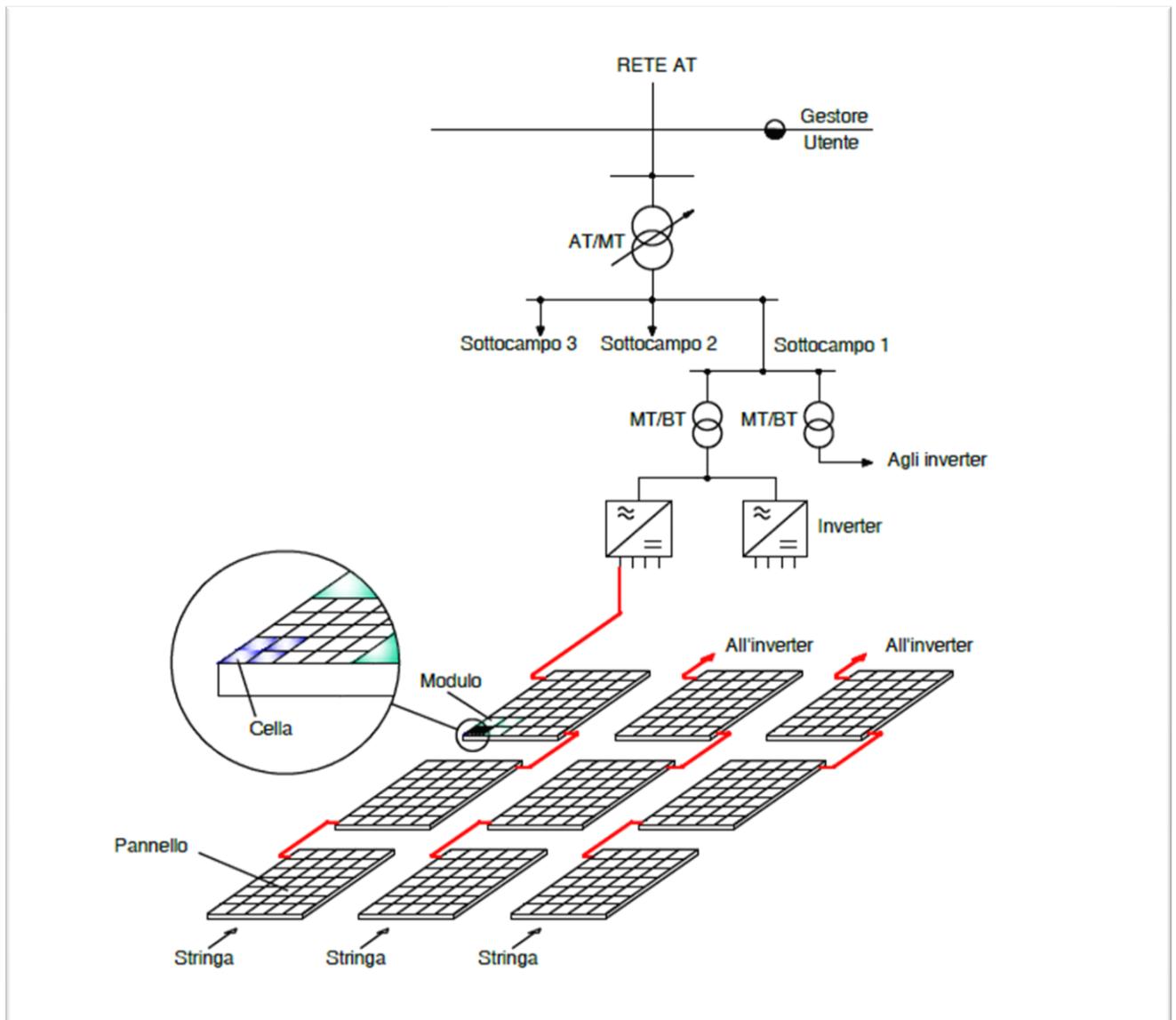
Fermo restando le caratteristiche delle Opere di Utenza per la Connessione (elettrodotti MT di collegamento con la Sottostazione Elettrica di Utenza MT/AT, Sottostazione Elettrica di Utenza MT/AT e linea elettrica in cavo interrato a 150 kV di collegamento con la SE Terna) e delle Opere di Rete necessarie per la connessione, descritte nel progetto sottoposto al Gestore ai fini del rilascio del parere di rispondenza ai requisiti tecnici indicati nel Codice di Rete (e a cui si rimanda per maggiori dettagli), in questo paragrafo verranno descritte brevemente le caratteristiche del parco di generazione.

Il generatore fotovoltaico, ovvero la parte di impianto che converte la radiazione solare in energia elettrica direttamente sfruttando l'effetto fotovoltaico, è stato dimensionato applicando il criterio della superficie utile disponibile, tenendo dei distanziamenti da mantenere tra i filari di tracker per evitare fenomeni di auto-ombreggiamento e degli spazi necessari per l'installazione delle stazioni di conversione e trasformazione dell'energia elettrica.

Per la realizzazione del campo di generazione, in questa fase della progettazione, si è scelto di utilizzare moduli fotovoltaici ***Vertex Bifacial Dual Glass in silicio monocristallino, costituiti da 132 celle.***

Al fine di massimizzare la producibilità annua dell'impianto, si è scelto di utilizzare **strutture tracker monoassiali del tipo 1-V** da 56 ed 84 moduli, con pitch pari 5,2 m.

L'impianto sarà suddiviso in **14 sottocampi fotovoltaici**, intendendo per sottocampo le parti del campo di generazione che si connettono in maniera distinta alla sezione di media tensione attraverso linee di sotto-campo:



*Figura 1: composizione tipica di una centrale fotovoltaica*

In fase di progettazione definitiva, per ciascun sottocampo si è scelto di utilizzare un gruppo di conversione e trasformazione dell'energia elettrica prodotta di tipo centralizzato, denominato Power Station. Per la determinazione del numero di moduli della stringa e del numero di stringhe da collegare al singolo gruppo di conversione, sono state applicate le seguenti condizioni di verifica:

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

Tenendo conto delle caratteristiche degli inverter in essi installati e dei moduli fotovoltaici scelti, come riscontrabile dal layout di impianto, a cui si rimanda per maggiori dettagli, sono state disposte complessivamente 3329 stringhe elettriche da 28 moduli, per una potenza complessiva di **62452,04 kWp**.



Versione 7.2.4

# PVsyst - Rapporto di simulazione

Sistema connesso in rete

Progetto: Foggia-Manfredonia

Variante: Nuova variante di simulazione

Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)

Potenza di sistema: 62.45 MWc

Tamaricciola - Italy

**Autore**

Horizonfirm Srl (Italy)



**PVsyst V7.2.4**  
VC0, Simulato su  
19/07/21 10:13  
con v7.2.4

**Progetto: Foggia-Manfredonia**  
Variante: Nuova variante di simulazione

Horizonfirm Srl (Italy)

**Sommario del progetto**

<b>Luogo geografico</b> Tamaricciola Italia	<b>Ubicazione</b> Latitudine 41.38 °N Longitudine 15.74 °E Altitudine 37 m Fuso orario UTC+1	<b>Parametri progetto</b> Albedo 0.20
<b>Dati meteo</b> Tamaricciola PVGIS api TMY		

**Sommario del sistema**

<b>Sistema connesso in rete</b> <b>Orientamento campo FV</b> Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S Asse dell'azimut 0 °	<b>Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)</b> <b>Ombre vicine</b> Secondo le stringhe Effetto elettrico 100 %	<b>Bisogni dell'utente</b> Carico illimitato (rete)
<b>Informazione sistema</b> <b>Campo FV</b> Numero di moduli 93212 unità Pnom totale 62.45 MWc	<b>Inverter</b> Numero di unità 28 unità Pnom totale 70.00 MWac Rapporto Pnom 0.892	

**Sommario dei risultati**

Energia prodotta 117716 MWh/anno	Prod. Specif. 1885 kWh/kWc/anno	Indice rendimento PR 90.94 %
----------------------------------	---------------------------------	------------------------------

**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 speciali	8



**PVsyst V7.2.4**  
VC0, Simulato su  
19/07/21 10:13  
con v7.2.4

**Progetto: Foggia-Manfredonia**  
Variante: Nuova variante di simulazione

Horizonfirm Srl (Italy)

**Parametri principali**

<b>Sistema connesso in rete</b>		<b>Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)</b>	
<b>Orientamento campo FV</b>		<b>Strategia Backtracking</b>	
<b>Orientamento</b>		N. di eliostati	3329 unità
Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S		<b>Dimensioni</b>	
Asse dell'azimut	0 °	Distanza eliostati	5.20 m
		Larghezza collettori	2.38 m
		Fattore occupazione (GCR)	45.8 %
		Phi min / max	-/+ 55.0 °
		<b>Angolo limite indetreggiamento</b>	
		Limiti phi	+/- 62.6 °
<b>Orizzonte</b>		<b>Ombre vicine</b>	
Orizzonte libero		Secondo le stringhe	
		Effetto elettrico	100 %
		<b>Bisogni dell'utente</b>	
		Carico illimitato (rete)	
<b>Sistema a moduli bifacciali</b>		<b>Definizioni per il modello bifacciale</b>	
Modello	Calcolo 2D eliostati illimitati	Albedo dal suolo	0.30
<b>Geometria del modello bifacciale</b>		Fattore di Bifaccialità	70 %
Distanza eliostati	5.20 m	Ombreg. posteriore	5.0 %
ampiezza eliostati	2.38 m	Perd. Mismatch post.	10.0 %
GCR	45.8 %	Trasparenza del modul FV	0.0 %
Altezza dell'asse dal suolo	2.10 m		

**Caratteristiche campo FV**

<b>Modulo FV</b>		<b>Inverter</b>	
Costruttore	Trina Solar	Costruttore	SMA
Modello	TSM-670DEG21C.20	Modello	Sunny Central 2500-EV
(definizione customizzata dei parametri)		(PVsyst database originale)	
Potenza nom. unit.	670 Wp	Potenza nom. unit.	2500 kWac
Numero di moduli FV	93212 unità	Numero di inverter	28 unità
Nominale (STC)	62.45 MWc	Potenza totale	70000 kWac
Moduli	3329 Stringhe x 28 In serie	Voltaggio di funzionamento	850-1425 V
<b>In cond. di funz. (25°C)</b>		Rapporto Pnom (DC:AC)	0.89
Pmpp	62.65 MWc		
U mpp	1062 V	<b>Potenza totale inverter</b>	
I mpp	58967 A	Potenza totale	70000 kWac
		N. di inverter	28 unità
<b>Potenza PV totale</b>		Rapporto Pnom	0.89
Nominale (STC)	62452 kWp		
Totale	93212 moduli		
Superficie modulo	289549 m <sup>2</sup>		
Superficie cella	271303 m <sup>2</sup>		



**PVsyst V7.2.4**  
VC0, Simulato su  
19/07/21 10:13  
con v7.2.4

**Progetto: Foggia-Manfredonia**  
Variante: Nuova variante di simulazione

Horizonfirm Srl (Italy)

**Perdite campo**

**Fatt. di perdita termica**

Temperatura modulo secondo irraggiamento  
Uc (cost) 20.0 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 0.27 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 0.1 %

**Fattore di perdita IAM**

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

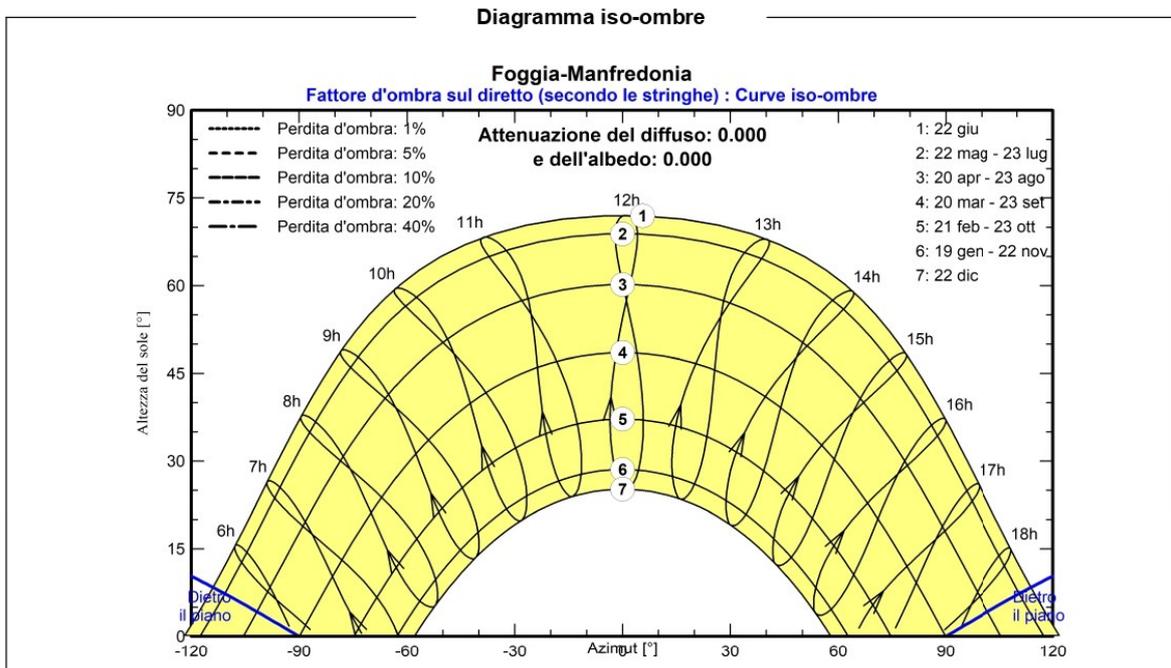
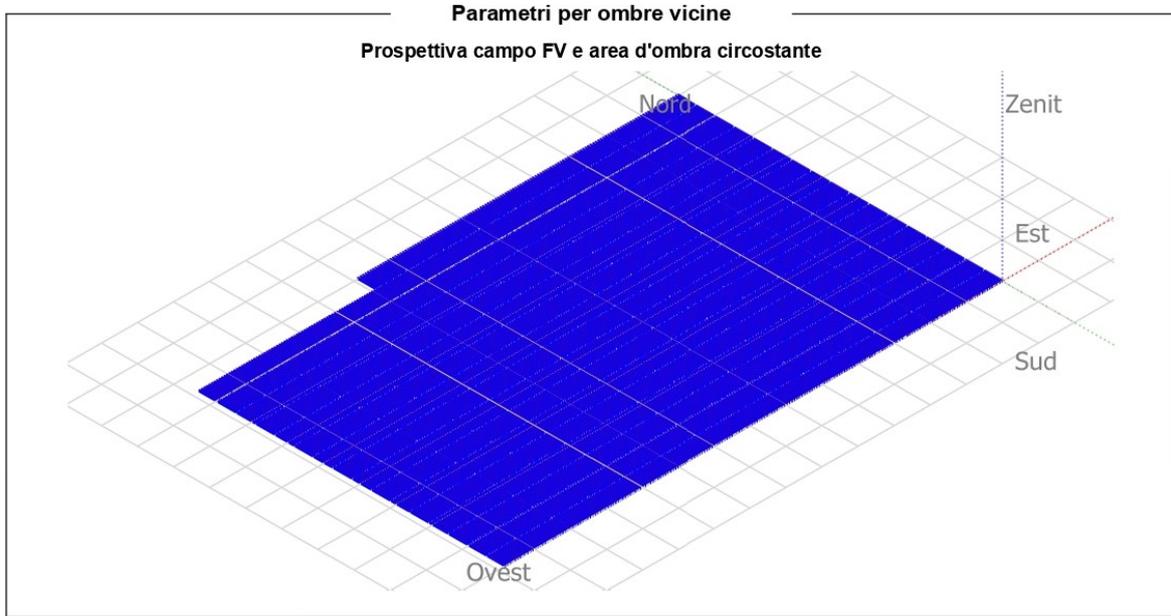
0°	40°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	0.998	0.992	0.983	0.961	0.933	0.853	0.000



**PVsyst V7.2.4**  
VC0, Simulato su  
19/07/21 10:13  
con v7.2.4

**Progetto: Foggia-Manfredonia**  
Variante: Nuova variante di simulazione

Horizonfirm Srl (Italy)





Progetto: Foggia-Manfredonia  
 Variante: Nuova variante di simulazione

PVsyst V7.2.4  
 VCO, Simulato su  
 19/07/21 10:13  
 con v7.2.4

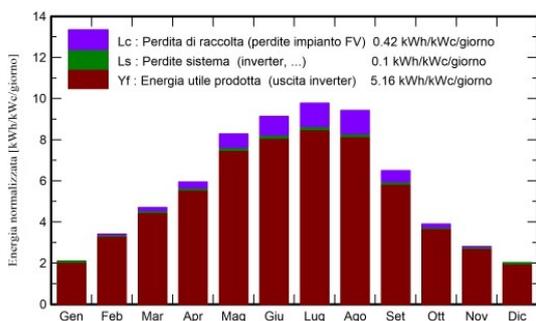
Horizonfirm Srl (Italy)

Risultati principali

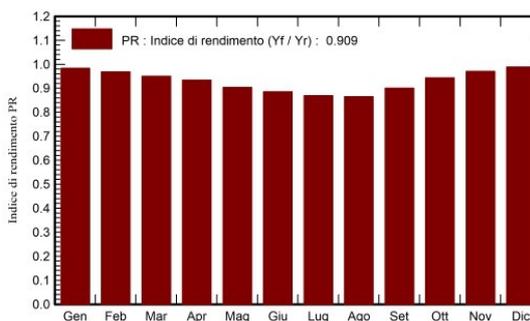
Produzione sistema

Energia prodotta 117716 MWh/anno Prod. Specif. 1885 kWh/kWc/anno  
 Indice di rendimento PR 90.94 %

Produzione normalizzata (per kWp installato)



Indice di rendimento PR



Bilanci e risultati principali

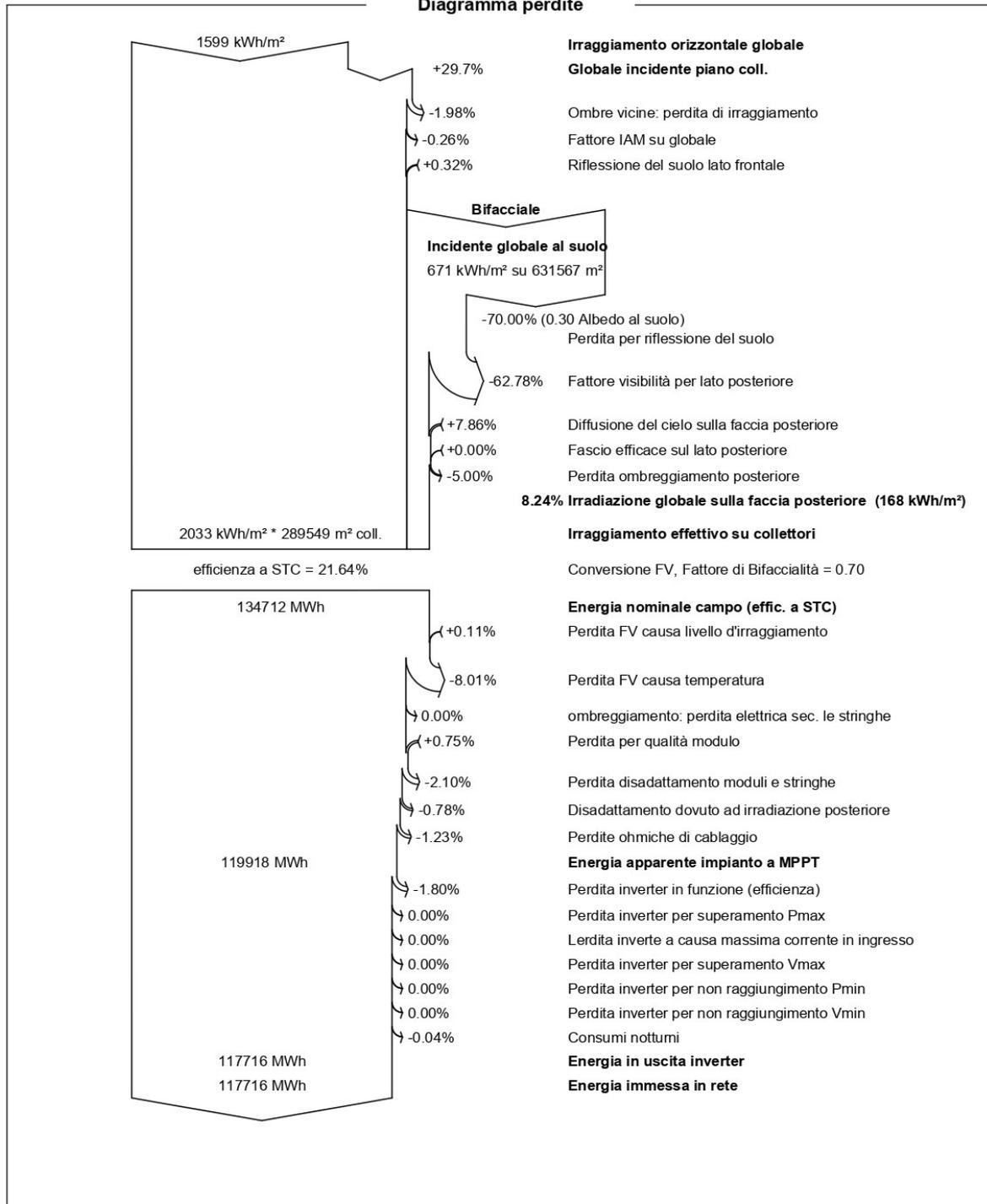
	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
Gennaio	51.3	27.98	9.90	64.8	62.8	4072	3983	0.984
Febbraio	73.7	31.68	9.87	95.6	93.2	5892	5778	0.968
Marzo	115.0	50.87	10.29	145.6	142.4	8813	8645	0.950
Aprile	141.2	63.95	13.57	178.6	174.7	10609	10412	0.934
Maggio	200.1	75.65	18.20	256.8	252.2	14764	14497	0.904
Giugno	212.8	73.92	22.23	274.1	269.5	15423	15149	0.885
Luglio	232.9	65.76	26.37	303.0	298.5	16733	16441	0.869
Agosto	220.2	54.86	26.93	292.2	288.0	16067	15790	0.865
Settembre	146.7	47.50	21.59	194.9	191.5	11158	10958	0.900
Ottobre	92.9	42.48	16.77	121.0	118.2	7267	7131	0.944
Novembre	63.8	29.06	9.85	84.1	81.8	5204	5101	0.971
Dicembre	47.9	24.31	6.85	62.0	60.1	3917	3832	0.989
Anno	1598.5	588.03	16.08	2072.7	2032.9	119918	117716	0.909

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





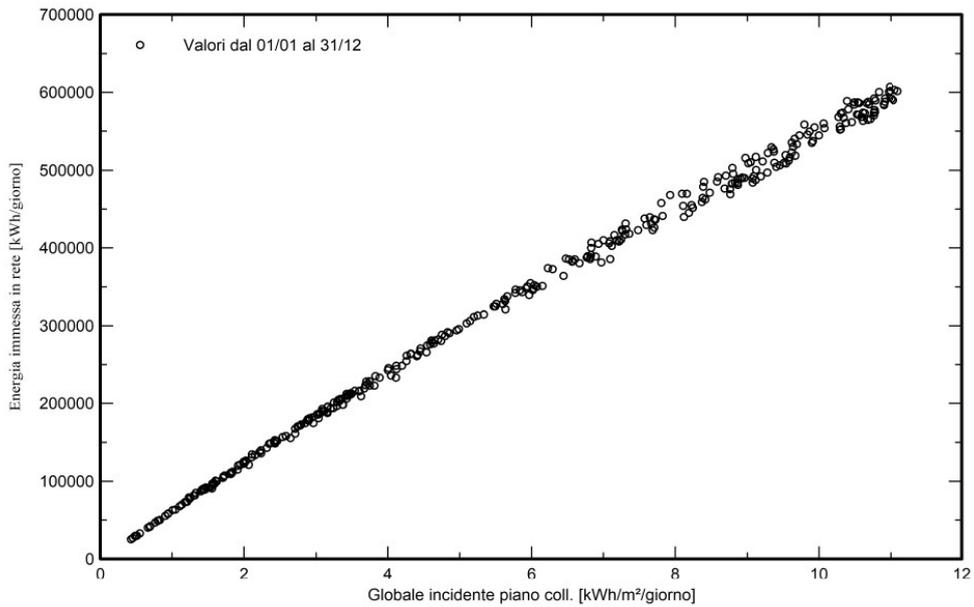
**PVsyst V7.2.4**  
VC0, Simulato su  
19/07/21 10:13  
con v7.2.4

**Progetto: Foggia-Manfredonia**  
Variante: Nuova variante di simulazione

Horizonfirm Srl (Italy)

**Grafici speciali**

**Diagramma giornaliero entrata/uscita**



**Distribuzione potenza in uscita sistema**

