



# MINISTERO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA

Direzione Generale per la Crescita Sostenibile e la qualità dello Sviluppo  
Divisione V - Sistemi di Valutazione Ambientale



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di  
FOGGIA

**SAN SEVERO "Capobianco"**  
**54232 kWp**



Progettazione e coordinamento	dott. arch. Roberto CARLUCCIO via Nino Bixio 60/b 72023 Mesagne (BR) - Italy	 via Napoli n° 363/0771 70132 Bari - Italy	Prog. impianto fotovoltaico
Studio Geologico	dott. geol. Luisiana SERRAVALLE via Puglie n° 1 72027 S. Pietro Vernotico (BR) - Italy	 3E Ingegneria srl via G. Volpe n° 92 56121 Pisa - Italy	Prog. Cavidotto e sottostazione
Studio Agronomico	dott. Alessandro COLUCCI via Monte Sarago n° 3 72017 Ostuni (BR) - Italy	RUWA srl acqua territorio energia via C. Pisacane n° 25F 88100 Catanzaro - Italy	Studio idraulico

Opera	<b>Progetto di un impianto fotovoltaico di 54232 kWp nel comune di San Severo</b>			
Oggetto	Folder	A		
	Nome elaborato	Capobianco_DOC_A03		
Revisione	Descrizione elaborato	Stima della producibilità	Scala	
	11/07/2022	Oggetto revisione Emissione	Elaborazione	Verifica
	00/00/2022	Oggetto revisione		
	00/00/2022	Oggetto revisione		
Codice Pratica <b>San Severo "CAPOBIANCO"</b>				

## 1. PREMESSA

In base ai dati storici riportati dal software PVGIS, l'irraggiamento globale incidente sul piano dei collettori è quella riportata nella seguente tabella.

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
75.1	94.3	156.6	194.7	250.8	258.9	273.4	237.6	177.2	135.6	77.9	62.8

**Tabella 1:** Dati di radiazione per la città di San Severo su superficie inclinata (elaborazione su PVGIS) - Radiazione globale annua sulla superficie inclinata: 1995.0 kWh/m<sup>2</sup>

Per determinare la producibilità del sistema fotovoltaico sul lato BT è indispensabile stimare le perdite del sistema in punti percentuali<sup>1</sup> fino al quadro generale BT di bassa tensione:

- perdite per scostamento delle condizioni di funzionamento dei moduli rispetto a quelle di targa: 8%;
- perdite per riflessione: 3%;
- perdite per mismatch tra le stringhe: 5%;
- perdite sui circuiti in corrente continua: 1%;
- perdite per inquinazione sui moduli: 1%;
- perdite sul sistema di conversione: 8%;

Un'ulteriore stima della producibilità è stata realizzata con un secondo metodo, ossia attraverso il software PVSyst, implementato dall'Università di Ginevra.

Quale risultato il software ha generato una previsione di producibilità specifica pari a circa **1471 ore equivalenti annue (kWh/kWp/anno)**. In coda alla presente relazione è allegato il report di output del programma.

L'impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica per il quale è stato redatto il report di producibilità avrà le seguenti caratteristiche:

- potenza installata lato DC: circa 54,224 MWp;
- potenza dei singoli moduli: 665 Wp;
- numero dei moduli: 81.540;
- potenza dell'inverter: n. 10 inverter da 3190 kVA, e n. 6 inverter da 2125 kVA in c.a.;
- lunghezza del cavidotto MT di collegamento tra la cabina di smistamento e la sottostazione elettrica MT/AT: meno di 1 Km;
- energia prodotta attesa all'anno 0: **79.751 MWh/anno**.

---

<sup>1</sup> Impianti solari fotovoltaici a norme CEI III ed. – Groppi, Zuccaro – Editoriale Delfino

## Sistema connesso in rete: Parametri di simulazione

**Progetto :** **Impianto METKA-San Severo Capobianco**

<b>Luogo geografico</b>	<b>San Severo</b>	<b>Paese</b>	<b>Italia</b>	
<b>Ubicazione</b>	Latitudine	41.62° N	Longitudine	15.40° E
Tempo definito come	Ora legale	Fuso orario TU+1	Altitudine	63 m
	Albedo	0.20		
<b>Dati meteo:</b>	<b>San Severo</b>	Meteonorm 7.2 (1986-2005), Sat=48% - Sintetico		

**Variante di simulazione :** **Nuova variante di simulazione**

Data di simulazione 16/06/21 16h34

<b>Parametri di simulazione</b>	Tipo di sistema	<b>Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)</b>		
<b>Piano a inseguimento, asse inclinato</b>	Inclinazione asse	0°	Asse dell'azimut	0°
Limitazioni di rotazione	Phi minimo	-60°	Phi massimo	60°
	Algoritmo dell'inseguimento	Calcolo astronomico		
<b>Strategia Backtracking</b>	N. di eliostati	1359	Campo (array) identico	
	Distanza eliostati	10.00 m	Larghezza collettori	4.80 m
Angolo limite indetreggiamento	Limiti phi	+/- 61.3°		Fattore occupazione (GCR) 48.0%
<b>Modelli utilizzati</b>	Trasposizione	Perez	Diffuso	Perez, Meteonorm
			Circumsolare	separare
<b>Orizzonte</b>	Orizzonte libero			
<b>Ombre vicine</b>	Ombre lineari			
<b>Bisogni dell'utente :</b>	Carico illimitato (rete)			

### Caratteristiche campi FV (2 tipi di campi definiti)

<b>Modulo FV</b>	Si-mono	Modello	<b>CS7N-665MS</b>	
definizione customizzata dei parametri		Costruttore	Canadian Solar Inc.	

#### Sottocampo

##### #1 - Sottocampo #1

Numero di moduli FV	In serie	30 moduli	In parallelo	1946 stringhe
Numero totale di moduli FV	n. di moduli	58380	Potenza nom. unit.	665 Wp
Potenza globale campo	Nominale (STC)	<b>38823 kWc</b>	In cond. di funz.	35533 kWc (50°C)
Caratt. di funzionamento campo FV (50°C)	U mpp	1049 V	I mpp	33859 A

##### #2 - Sottocampo #2

Numero di moduli FV	In serie	30 moduli	In parallelo	772 stringhe
Numero totale di moduli FV	n. di moduli	23160	Potenza nom. unit.	665 Wp
Potenza globale campo	Nominale (STC)	<b>15401 kWc</b>	In cond. di funz.	14096 kWc (50°C)
Caratt. di funzionamento campo FV (50°C)	U mpp	1049 V	I mpp	13432 A

<b>Totale</b> Potenza globale campi	Nominale (STC)	<b>54224 kWp</b>	Totale	81540 moduli
	Superficie modulo	<b>253292 m<sup>2</sup></b>		

#### Sottocampo - Inverter

##### #1 - Sottocampo #1

definizione customizzata dei parametri	Modello	<b>FreeSun FS3190K</b>		
	Costruttore	Power Electronics		
Caratteristiche	Potenza nom. unit.	<b>3190 kWac</b>	Tensione funz.	849-1310 V
	Potenza max. (=>40°C)	3300 kWac		
Gruppo di inverter	Potenza totale	<b>31900 kWac</b>	Rapporto Pnom	1.22
	N. di inverter	10 unità		

## Sistema connesso in rete: Parametri di simulazione

### #2 - Sottocampo #2

definizione customizzata dei parametri	Modello	<b>FreeSun FS2125K</b>		
Caratteristiche	Costruttore	Power Electronics	Tensione funz.	849-1310 V
	Potenza nom. unit.	<b>2125 kWac</b>		
	Potenza max. (=>40°C)	2200 kWac		
Gruppo di inverter	Potenza totale	<b>12750 kWac</b>	Rapporto Pnom	1.21
	N. di inverter	6 unità		

### Fattori di perdita campo FV

Perdite per sporco campo		Fraz. perdite	3.0 %
Fatt. di perdita termica	Uc (cost) 20.0 W/m²K	Uv (vento)	0.0 W/m²K / m/s
Perdita ohmica di cablaggio	Campo #1 0.51 m• •	Fraz. perdite	1.5 % a STC
	Campo #2 1.3 m• •	Fraz. perdite	1.5 % a STC
	Globale	Fraz. perdite	1.5 % a STC
LID - Light Induced Degradation		Fraz. perdite	2.0 %
Perdita di qualità moduli		Fraz. perdite	-0.4 %
Perdite per mismatch del modulo		Fraz. perdite	2.0 % a MPP
Perdita disadattamento Stringhe		Fraz. perdite	0.10 %

### #1 - Sottocampo #1

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

10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
1.000	1.000	1.000	0.990	0.990	0.970	0.920	0.760	0.000

### #2 - Sottocampo #2

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

10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
1.000	1.000	1.000	0.990	0.990	0.970	0.920	0.760	0.000

### Fattori di perdita sistema

Perdite AC dall'inverter all'iniezione	Tensione inverter	600 Vac tri		
Sistema completo	Conduttori: 3 x 50000 mm²	1000 m	Fraz. perdite	5.5 % a STC
indisponibilità del sistema	7.3 giorni, 3 periodi		frazione di tempo	2.0 %

## Sistema connesso in rete: Definizione ombre vicine

**Progetto :** Impianto METKA-San Severo Capobianco

**Variante di simulazione :** Nuova variante di simulazione

Parametri principali del sistema	Tipo di sistema	Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)		
<b>Ombre vicine</b>	Ombre lineari			
Orientamento: <b>inseguitore</b> , asse inclinato, inclinazione asse	0°	Asse dell'azimut	0°	
Moduli FV	Modello CS7N-665MS	Pnom	665 Wc	
Campo FV	Numero di moduli 81540	Pnom totale	<b>54224 kWc</b>	
Inverter	Modello FreeSun FS3190K	Pnom	3190 kW ac	
Inverter	Modello FreeSun FS2125K	Pnom	2125 kW ac	
Gruppo di inverter	Numero di unità 16.0	Pnom totale	<b>44650 kW ac</b>	
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)			

Prospettiva campo FV e area d'ombra circostante

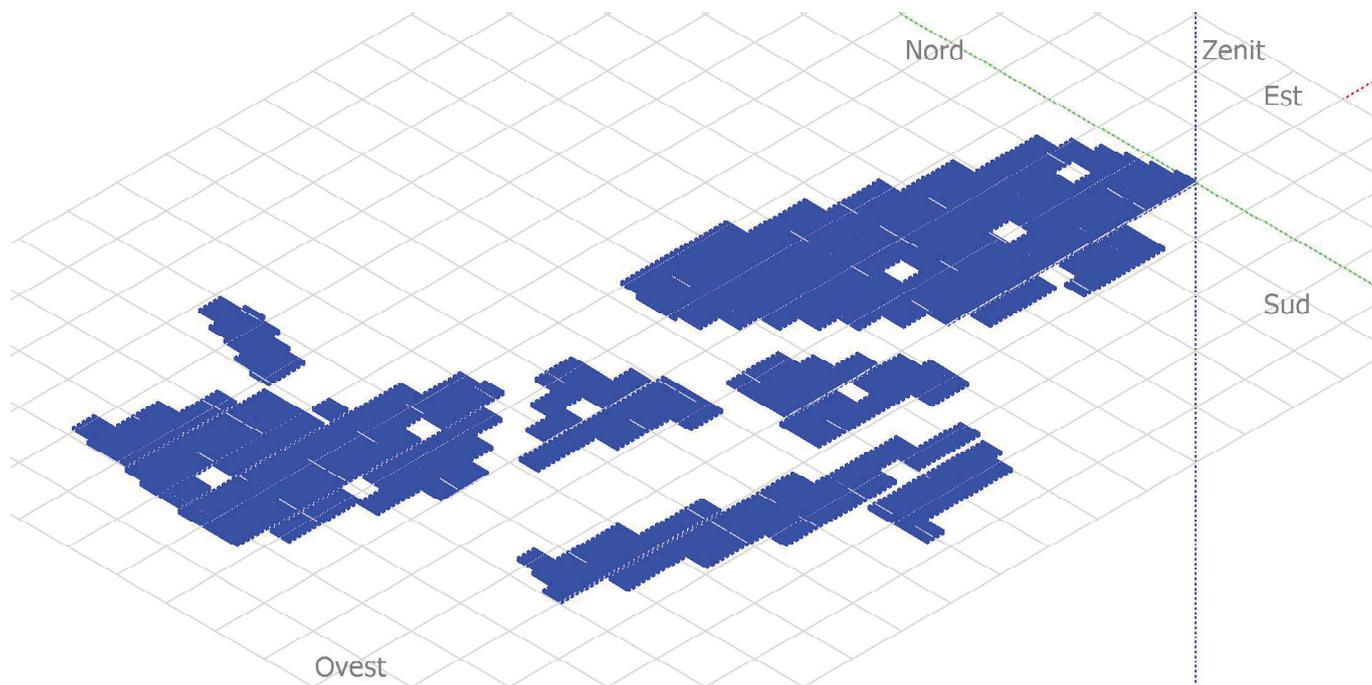
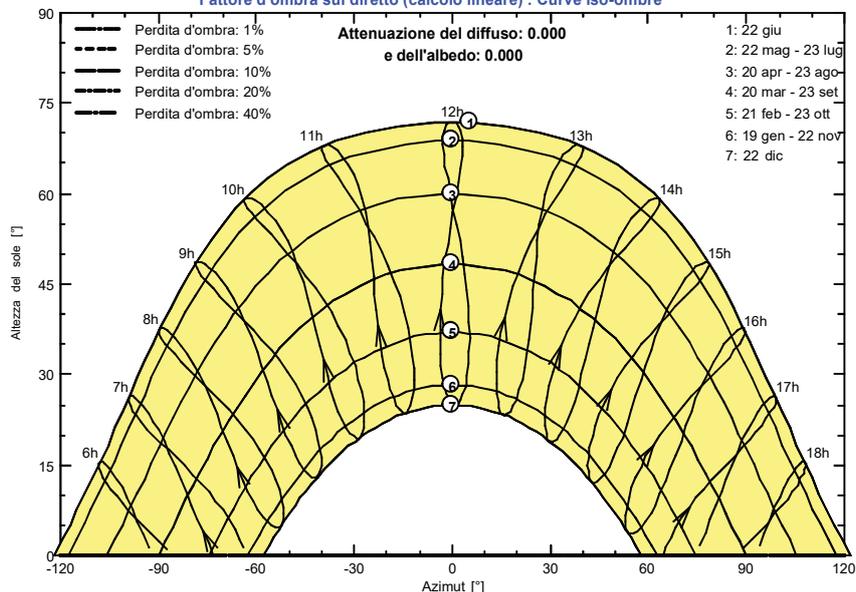


Diagramma iso-ombre

Impianto METKA-San Severo Capobianco

Fattore d'ombra sul diretto (calcolo lineare) : Curve iso-ombre



## Sistema connesso in rete: Risultati principali

**Progetto :** Impianto METKA-San Severo Capobianco

**Variante di simulazione :** Nuova variante di simulazione

**Parametri principali del sistema** Tipo di sistema **Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)**

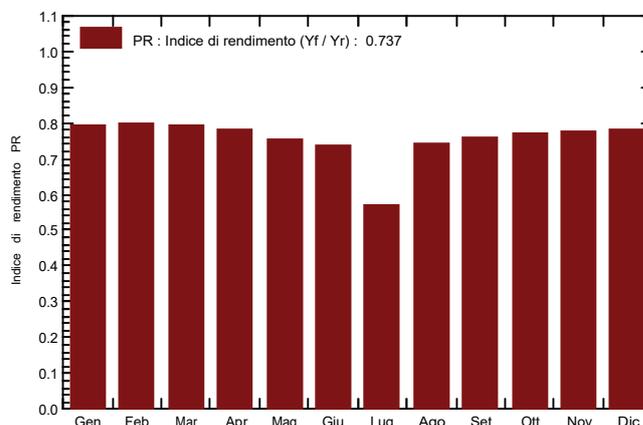
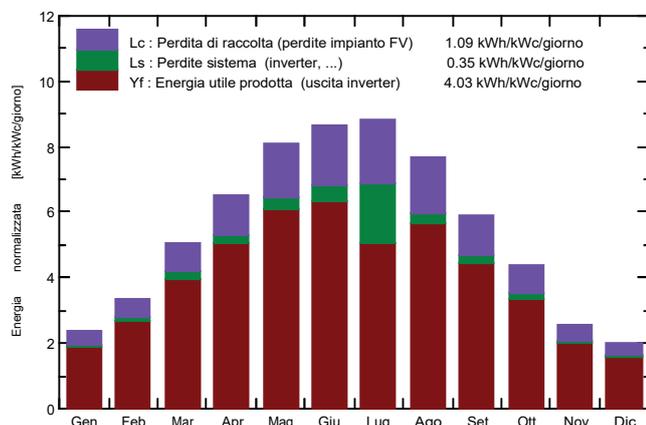
<b>Ombre vicine</b>	Ombre lineari		
Orientamento <b>inseguitore</b> , asse inclinato, inclinazione asse	0°	Asse dell'azimut	0°
Moduli FV	Modello CS7N-665MS	Pnom	665 Wc
Campo FV	Numero di moduli 81540	Pnom totale	<b>54224 kWc</b>
Inverter	Modello FreeSun FS3190K	Pnom	3190 kW ac
Inverter	Modello FreeSun FS2125K	Pnom	2125 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità 16.0	Pnom totale	<b>44650 kW ac</b>
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)		

### Risultati principali di simulazione

Produzione sistema **Energia prodotta 79751 MWh/anno** Prod. spec. 1471 kWh/kWc/anno  
 Indice di rendimento PR **73.72 %**

Produzione normalizzata (per kWp installato): Potenza nominale 54224 kWc

Indice di rendimento PR



### Nuova variante di simulazione 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
<b>Gennaio</b>	58.1	28.23	7.47	75.1	69.1	3356	3220	0.791
<b>Febbraio</b>	72.6	31.31	7.82	94.3	87.8	4269	4081	0.798
<b>Marzo</b>	121.1	49.76	11.12	156.6	146.9	7050	6702	0.789
<b>Aprile</b>	155.3	73.18	13.97	194.7	183.3	8672	8227	0.779
<b>Maggio</b>	197.2	74.50	19.92	250.8	237.0	10864	10263	0.755
<b>Giugno</b>	206.2	78.18	23.91	258.9	244.8	11051	10343	0.737
<b>Luglio</b>	214.3	84.28	27.09	273.4	258.5	11537	8478	0.572
<b>Agosto</b>	186.7	73.23	26.58	237.6	224.8	10071	9547	0.741
<b>Settembre</b>	137.8	61.47	21.05	177.2	166.3	7649	7286	0.758
<b>Ottobre</b>	104.1	44.28	17.72	135.6	126.7	5922	5664	0.770
<b>Novembre</b>	60.9	28.99	12.38	77.9	72.0	3424	3278	0.776
<b>Dicembre</b>	48.5	23.51	8.89	62.8	57.6	2777	2659	0.781
<b>Anno</b>	1562.9	650.90	16.55	1995.0	1874.7	86642	79751	0.737

Legenda: GlobHor Irraggiamento orizzontale globale  
 DiffHor Irraggiamento diffuso orizz.  
 T\_Amb T amb.  
 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

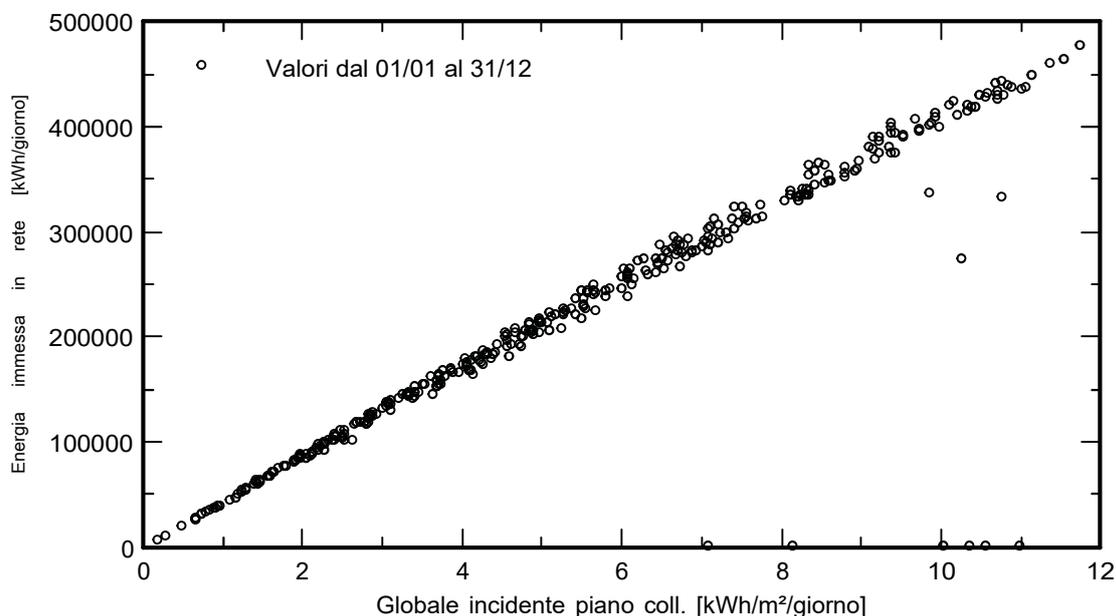
## Sistema connesso in rete: Grafici speciali

**Progetto :** Impianto METKA-San Severo Capobianco

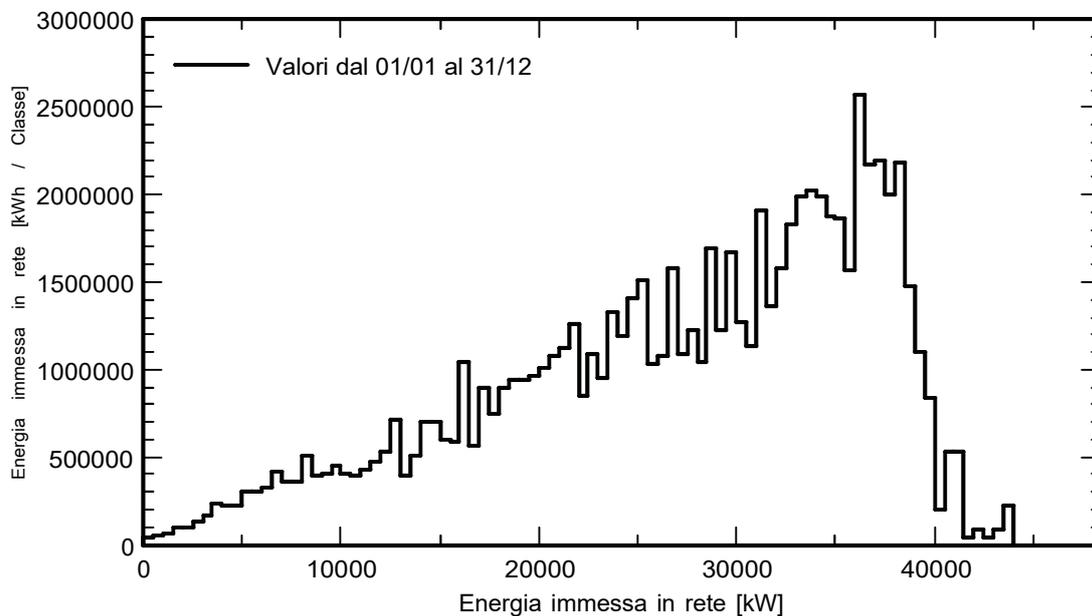
**Variante di simulazione :** Nuova variante di simulazione

<b>Parametri principali del sistema</b>	Tipo di sistema	<b>Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)</b>		
<b>Ombre vicine</b>	Ombre lineari			
Orientamento in seguito a FV, asse inclinato, inclinazione asse	0°	Asse dell'azimut	0°	
Moduli FV	Modello	CS7N-665MS	Pnom	665 Wc
Campo FV	Numero di moduli	81540	Pnom totale	<b>54224 kWc</b>
Inverter	Modello	FreeSun FS3190K	Pnom	3190 kW ac
Inverter	Modello	FreeSun FS2125K	Pnom	2125 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità	16.0	Pnom totale	<b>44650 kW ac</b>
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)			

**Diagramma giornaliero entrata/uscita**



**Distribuzione potenza in uscita sistema**



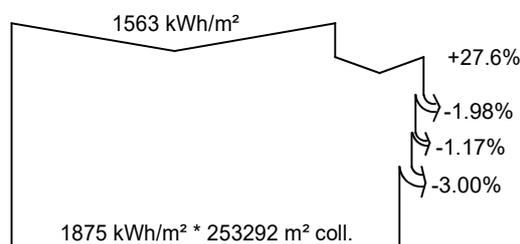
## Sistema connesso in rete: Diagramma perdite

**Progetto :** Impianto METKA-San Severo Capobianco

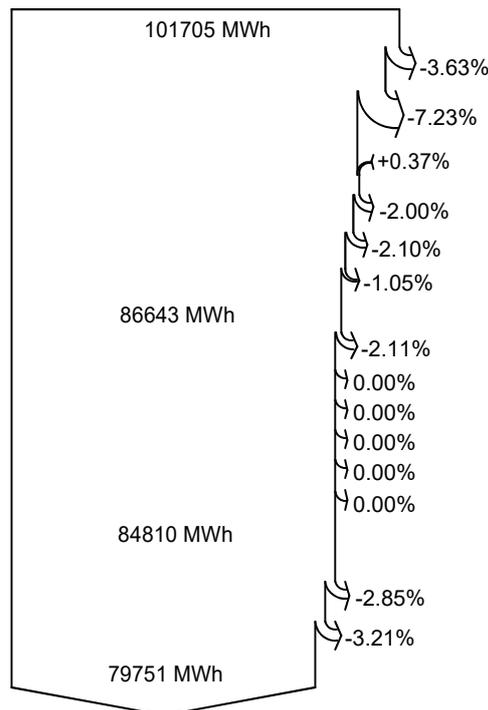
**Variante di simulazione :** Nuova variante di simulazione

Parametri principali del sistema	Tipo di sistema	Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)		
<b>Ombre vicine</b>	Ombre lineari			
Orientamento in seguito a ombre vicine, asse inclinato, inclinazione asse	0°	Asse dell'azimut	0°	
Moduli FV	Modello	CS7N-665MS	Pnom	665 Wc
Campo FV	Numero di moduli	81540	Pnom totale	<b>54224 kWc</b>
Inverter	Modello	FreeSun FS3190K	Pnom	3190 kW ac
Inverter	Modello	FreeSun FS2125K	Pnom	2125 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità	16.0	Pnom totale	<b>44650 kW ac</b>
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)			

### Diagramma perdite sull'anno intero



efficienza a STC = 21.42%



#### Irraggiamento orizzontale globale Globale incidente piano coll.

Ombre vicine: perdita di irraggiamento  
Fattore IAM su globale  
Perdite per sporco campo

#### Irraggiamento effettivo su collettori

Conversione FV

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

Perdita FV causa livello d'irraggiamento

Perdita FV causa temperatura

Perdita per qualità modulo

LID - "Light induced degradation"

Perdita disadattamento moduli e stringhe

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

#### Energia in uscita inverter

Perdite ohmiche AC

indisponibilità del sistema

#### Energia immessa in rete