

REGIONE SICILIA

PROVINCIA DI PALERMO

COMUNE DI CASTRONOVO DI SICILIA

LOCALITÀ GROTTICELLI

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA DI PICCO PARI A 15,48 MW_p E POTENZA NOMINALE PARI A 14,42 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

Sezione:

SEZIONE A - RELAZIONI GENERALI

Elaborato:

STIMA DI PRODUCIBILITÀ

Nome file stampa:

FV.CST01.PD.A.12.pdf

Codifica Regionale:

RS12REL0011A0_StimaProducibilità

Scala:

Formato di stampa:

A4

Nome elaborato:

FV.CST01.PD.A.12

Tipologia:

R

Proponente:

E-WAY 5 S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4

00186 ROMA (RM)

P.IVA. 16647371000



E-WAY 5 S.R.L.
P.zza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 - Roma
C.F./P.Iva 16647371000
PEC: e-way5srl@legalmail.it

Progettista:

E-WAY 5 S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4

00186 ROMA (RM)

P.IVA. 16647371000



CODICE	REV. n.	DATA REV.	REDAZIONE	VERIFICA	VALIDAZIONE
FV.CST01.PD.A.12	00	07/2022	S.lerardi	A.Bottone	A.Bottone

E-WAY 5 S.r.l.

Sede legale
Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
PEC: e-way5srl@legalmail.it tel. +39 0694414500



STIMA DI PRODUCIBILITA'

CODICE	FV.CST01.PD.A.12
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2022
PAGINA	2 di 12

INDICE

1	PREMESSA.....	8
2	INTRODUZIONE	9
3	DATI CLIMATICI	10
4	RISULTATI.....	11
5	RICADUTE AMBIENTALI DEL PROGETTO	12
6	ALLEGATI.....	12



STIMA DI PRODUCIBILITA'

CODICE	FV.CST01.PD.A.12
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2022
PAGINA	3 di 12



STIMA DI PRODUCIBILITA'

CODICE	FV.CST01.PD.A.12
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2022
PAGINA	4 di 12

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1. Schema funzionamento Back-Tracking.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2. Meteo per Castronovo di Sicilia - Typical Metereological Year.....</i>	<i>11</i>



STIMA DI PRODUCIBILITA'

CODICE	FV.CST01.PD.A.12
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2022
PAGINA	5 di 12



STIMA DI PRODUCIBILITA'

CODICE	FV.CST01.PD.A.12
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2022
PAGINA	6 di 12

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1. Dati metereologici di irraggiamento per il sito di progetto.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabella 2. Principali caratteristiche di potenza installata ed energia prodotta.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabella 3. Mancate emissioni di inquinanti (riferite alla P50)</i>	<i>12</i>



STIMA DI PRODUCIBILITA'

CODICE	FV.CST01.PD.A.12
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2022
PAGINA	7 di 12

1 PREMESSA

Il presente elaborato è riferito al progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto agro-fotovoltaico di produzione di energia elettrica da fonte solare, sito in agro di Castronovo di Sicilia (PA), località Grotticelli.

In particolare, l'impianto in progetto ha una potenza di picco pari a 15,48 MWp e una potenza nominale di 14,42 MW ed è costituito dalle seguenti sezioni principali:

1. Un campo agro-fotovoltaico suddiviso in 4 sottocampi, costituiti da moduli fotovoltaici bifacciali aventi potenza nominale pari a 550 Wp cadauno ed installati su strutture ad inseguimento solare mono-assiali (tracker);
2. Una stazione di conversione e trasformazione dell'energia elettrica detta "Power Station" per ogni sottocampo dell'impianto;
3. Una Cabina di Raccolta e Misura a 36 kV;
4. Linee elettriche a 36 kV in cavo interrato per l'interconnessione delle Power Station con la Cabina di Raccolta e Misura;
5. Una linea elettrica a 36 kV in cavo interrato per l'interconnessione della Cabina di Raccolta e Misura con la Futura Stazione Elettrica (SE) 380/150/36 kV.

Titolare dell'iniziativa proposta è la società E-Way 5 S.R.L., avente sede legale in Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4 - 00186 Roma (RM), P.IVA 16647371000.

2 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la relazione di stima di producibilità energetica dell'impianto agrofotovoltaico proposto. Tale stima è stata ottenuta caratterizzando l'impianto all'interno del software per sistemi fotovoltaici PVSystem.

Il progetto prevede l'installazione di 28'140 moduli fotovoltaici di potenza pari a 550 Wp. I moduli sono installati su strutture atte a garantire la massima captazione di irraggiamento seguendo il percorso solare e consentendo, di conseguenza, ai moduli di essere sempre nella posizione ottimale di lavoro. Tali strutture sono dette "tracker" o "inseguitori solari", proprio per questa loro caratteristica funzionale. I moduli vengono alloggiati in numero di 28 per ogni tracker in modo tale da far coincidere la singola struttura con la stringa elettrica, l'unità minima elettrica di impianto. I tracker/stringhe vengono quindi a loro volta raccolti in quadri di stringhe o "combiner box", i quali semplificano il collegamento con le Power Station, sede dei principali componenti elettrici quali inverter, trasformatore, quadri di misura e controllo, protezioni principali.

Si vuole evidenziare il ricorso ad un ulteriore sistema di efficientamento produttivo del campo fotovoltaico: il sistema di Back Tracking, il quale consente di ridurre le perdite per auto-ombreggiamento, cioè le perdite da ombreggiamento indotto dai tracker stessi alle file retrostanti. Ciò avviene per mezzo di un sistema logico-adattivo che gestisce contemporaneamente piccoli gruppi di tracker, al fine di ottimizzare dunque le prestazioni del campo FV.

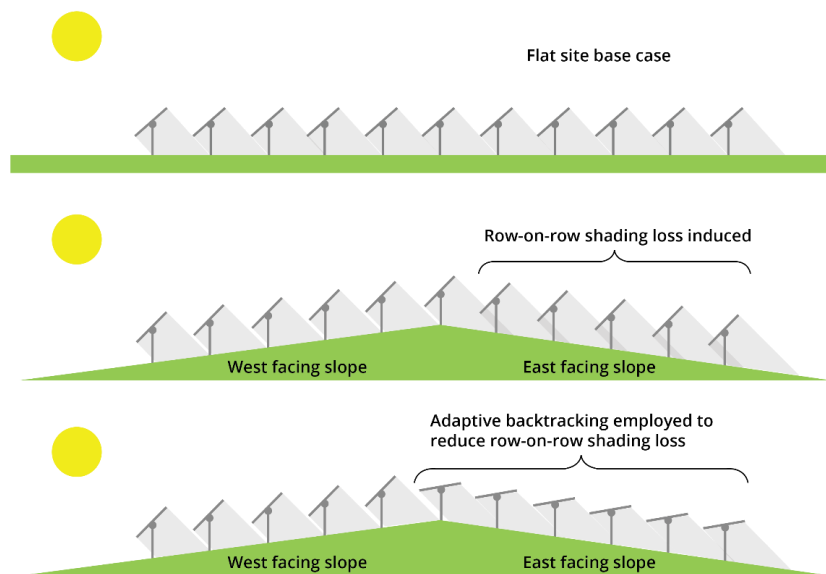


Figura 1. Schema funzionamento Back-Tracking

3 DATI CLIMATICI

Il PVGIS – PhotoVoltaic Geographical Information System è un sistema sviluppato dal JRC (Joint Research Centre) della Commissione Europea a partire dal 2001. Gli obiettivi principali del progetto sono:

- La ricerca scientifica ai fini della valutazione della risorsa energetica solare
- Effettuare studi sui miglioramenti di performance dei sistemi fotovoltaici
- La diffusione di conoscenze e dati riguardanti l'irraggiamento solare e le performance fotovoltaiche ad esso collegate.

Ad oggi la copertura territoriale dei database PVGIS riguarda la totalità dell'Europa e dell'Africa e gran parte dell'Asia e dell'America. Il PVGIS consente un accesso libero e gratuito ad una grande serie di dati:

- Potenziale fotovoltaico per diverse tecnologie e configurazioni di impianto, sia questo un impianto stand-alone che connesso alla rete.
- Dati di temperatura e radiazione solare, sia in forma di medie mensili che di profili giornalieri
- Serie storiche dei valori orari di radiazione solare e performance FV
- Dati TMY – Typical Meteorological Year per 9 differenti parametri climatici
- Mappe stampabili dell'irraggiamento solare e della potenzialità fotovoltaica

L'attendibilità dei dati PVGIS è internazionalmente riconosciuta, questi possono essere dunque utilizzati per l'elaborazione statistica della stima di radiazione solare del sito in progetto. Si riportano di seguito i dati meteorologici assunti:

Tabella 1. Dati meteorologici di irraggiamento per il sito di progetto

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²
January	77.9	31.07	8.50	98.3	91.1
February	81.7	36.89	8.27	100.7	94.8
March	135.3	62.01	8.94	166.0	157.6
April	163.9	70.09	12.25	200.6	191.2
May	192.6	75.47	16.05	239.3	229.1
June	223.4	72.53	20.52	280.2	268.8
July	239.0	65.23	25.10	307.3	294.8
August	197.7	64.64	24.17	252.6	241.0
September	162.5	58.35	20.99	205.2	194.9
October	103.9	48.84	15.73	127.3	120.0
November	77.5	31.17	12.89	97.3	90.6
December	67.5	33.28	8.92	82.1	75.9
Year	1722.7	649.57	15.23	2156.9	2049.9

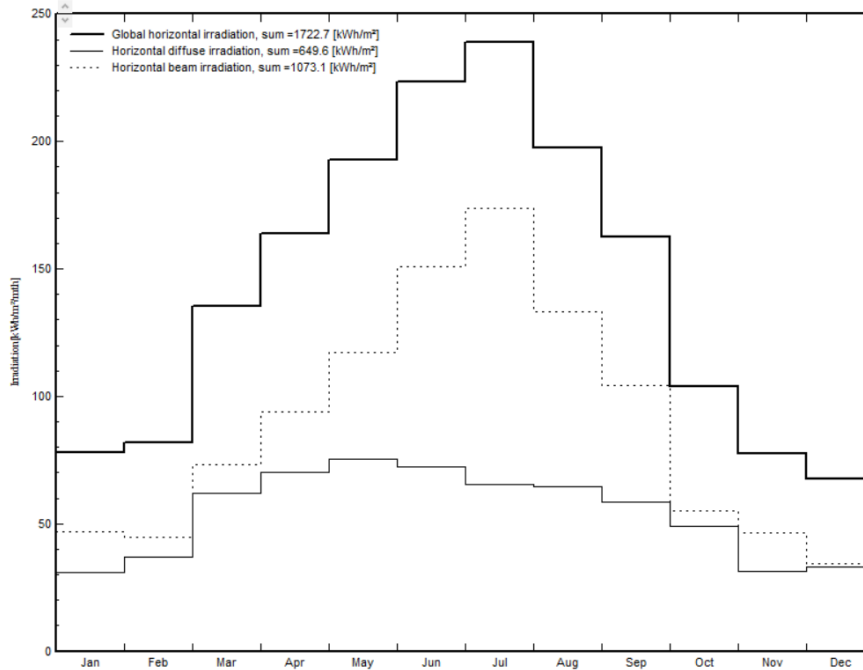


Figura 2. Meteo per Castronovo di Sicilia - Typical Metereological Year

4 RISULTATI

I risultati completi delle analisi di producibilità svolte sono mostrati nei report allegati alla presente relazione. Si riportano qui, brevemente, i risultati complessivi di produzione dell'impianto:

Tabella 2. Principali caratteristiche di potenza installata ed energia prodotta

POTENZA DI PICCO (MW _p)	15,48
POTENZA AC (MW _{AC})	14,42
ENERGIA PRODOTTA P50 (MWh/anno)	27'580
PRODUZIONE SPECIFICA P50 (kWh/kW _p /anno)	1782
ENERGIA PRODOTTA P90 (MWh/anno)	26'950
PRODUZIONE SPECIFICA P90 (kWh/kW _p /anno)	1741

In base ai parametri impostati per le relative perdite di impianto, i componenti scelti e alle condizioni meteorologiche del sito in esame, l'impianto agro-fotovoltaico proposto presenta un indice di rendimento (PR – Performance Ratio) pari a **82,63 %**.

5 RICADUTE AMBIENTALI DEL PROGETTO

Un utile indicatore per definire il risparmio di combustibile derivante dall'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili è il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh]. Questo coefficiente individua le T.E.P. (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) necessarie per la realizzazione di 1 MWh di energia, ovvero le TEP risparmiate con l'adozione di tecnologie fotovoltaiche per la produzione di energia elettrica.

Le ulteriori ricadute ambientali del progetto possono essere analizzate in termini in inquinamento atmosferico mancato per la produzione di energia elettrica da fonti fossili, nello specifico si può far riferimento alle mancate emissioni¹ di CO₂, NO_x e SO_x, stimate secondo i parametri mostrati in Tabella 3.

Tabella 3. Mancate emissioni di inquinanti (riferite alla P50)

Inquinante	Fattore di emissione specifico	Mancate Emissioni
CO ₂ (Anidride Carbonica)	266,33 t _{eq} /GWh	7'345,380 t _{eq} /anno
NO _x (Ossidi di Azoto)	0,2107 t/GWh	5,81 t/anno
SO _x (Ossidi di Zolfo)	0,0481 t/GWh	1,32 t/anno
Combustibile ²	0,000187 TEP/kWh	5'147,46 TEP/anno

6 ALLEGATI

¹ <https://www.isprambiente.gov.it/files2021/pubblicazioni/rapporti/r343-2021.pdf>

² Delibera EEN 3/2008 - ARERA

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: Castronovo di Sicilia

Variant: 04_CastronovoDiSicilia_SUR_TR_2P14_AFV_BT_STR

Tracking system with backtracking

System power: 15.48 MWp

San Biagio - Italy

Author

E-Way Finance S.p.A. (Italy)



PVsyst V7.2.16

VC6, Simulation date:
24/05/22 17:12
with v7.2.14

E-Way Finance S.p.A. (Italy)

Project summary

Geographical Site		Situation		Project settings	
San Biagio		Latitude	37.72 °N	Albedo	0.20
Italy		Longitude	13.66 °E		
		Altitude	507 m		
		Time zone	UTC+1		
Meteo data					
San Biagio					
PVGIS api TMY					

System summary

Grid-Connected System		Tracking system with backtracking			
PV Field Orientation		Tracking algorithm		Near Shadings	
Orientation		Irradiance optimization		According to strings	
Tracking plane, tilted axis		Backtracking activated		Electrical effect	
Avg axis tilt	-1.7 °			80 %	
Avg axis azim.	0.0 °				
System information					
PV Array					
Nb. of modules	28140 units	Inverters		Nb. of units	
Pnom total	15.48 MWp			10 units	
				Pnom total	
				14.42 MWac	
				Pnom ratio	
				1.073	
User's needs					
Unlimited load (grid)					

Results summary

Produced Energy	27583 MWh/year	Specific production	1782 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	82.63 %
-----------------	----------------	---------------------	-------------------	----------------	---------

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Near shading definition - Iso-shadings diagram	7
Main results	8
Loss diagram	9
Special graphs	10
P50 - P90 evaluation	11

**PVsyst V7.2.16**

VC6, Simulation date:
24/05/22 17:12
with v7.2.14

E-Way Finance S.p.A. (Italy)

General parameters**Grid-Connected System****PV Field Orientation****Orientation**

Tracking plane, tilted axis
Avg axis tilt -1.7 °
Avg axis azim. 0.0 °

Models used

Transposition Perez
Diffuse Imported
Circumsolar separate

Horizon

Free Horizon

Bifacial system

Model 2D Calculation
unlimited trackers

Bifacial model geometry

Tracker Spacing 9.80 m
Tracker width 4.91 m
GCR 50.1 %
Axis height above ground 2.40 m

Tracking system with backtracking**Tracking algorithm**

Irradiance optimization
Backtracking activated

Near Shadings

According to strings
Electrical effect 80 %

Backtracking array

Nb. of trackers 1005 units

Sizes

Tracker Spacing 9.80 m
Collector width 4.91 m
Ground Cov. Ratio (GCR) 50.1 %
Phi min / max. +/- 55.0 °

Backtracking strategy

Phi limits +/- 79.9 °
Backtracking pitch 9.80 m
Backtracking width 4.91 m

User's needs

Unlimited load (grid)

Bifacial model definitions

Ground albedo 0.25
Bifaciality factor 70 %
Rear shading factor 5.0 %
Rear mismatch loss 10.0 %
Shed transparent fraction 0.0 %

PV Array Characteristics**Array #1 - Sottocampo A****PV module**

Manufacturer Longi Solar
Model LR5-72HBD-550M V02
(Custom parameters definition)

Unit Nom. Power 550 Wp
Number of PV modules 3696 units
Nominal (STC) 2033 kWp
Modules 132 Strings x 28 In series

At operating cond. (50°C)

Pmpp 1863 kWp
U mpp 1061 V
I mpp 1755 A

PV module

Manufacturer Longi Solar
Model LR5-72HBD-550M V02
(Custom parameters definition)

Unit Nom. Power 550 Wp
Number of PV modules 24444 units
Nominal (STC) 13.44 MWp

Inverter

Manufacturer Ingeteam
Model IS_1800TL_B690_IP54 [2020-05-27_up to 50°C]
(Custom parameters definition)

Unit Nom. Power 1793 kWac
Number of inverters 1 unit
Total power 1793 kWac
Operating voltage 977-1300 V
Pnom ratio (DC:AC) 1.13

Inverter

Manufacturer Ingeteam
Model IS_1400TL_B540_IP54 [2020-05-27_up to 50°C]
(Custom parameters definition)

Unit Nom. Power 1403 kWac
Number of inverters 9 units
Total power 12627 kWac



PVsyst V7.2.16

VC6, Simulation date:
24/05/22 17:12
with v7.2.14

E-Way Finance S.p.A. (Italy)

PV Array Characteristics

Array #2 - Sottocampo B			
Number of PV modules	8596 units	Number of inverters	3 units
Nominal (STC)	4728 kWp	Total power	4209 kWac
Modules	307 Strings x 28 In series		
At operating cond. (50°C)			
Pmpp	4332 kWp	Operating voltage	768-1300 V
U mpp	1061 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.12
I mpp	4082 A		
Array #3 - Sottocampo C			
Number of PV modules	7812 units	Number of inverters	3 units
Nominal (STC)	4297 kWp	Total power	4209 kWac
Modules	279 Strings x 28 In series		
At operating cond. (50°C)			
Pmpp	3937 kWp	Operating voltage	768-1300 V
U mpp	1061 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.02
I mpp	3710 A		
Array #4 - Sottocampo D			
Number of PV modules	8036 units	Number of inverters	3 units
Nominal (STC)	4420 kWp	Total power	4209 kWac
Modules	287 Strings x 28 In series		
At operating cond. (50°C)			
Pmpp	4050 kWp	Operating voltage	768-1300 V
U mpp	1061 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.05
I mpp	3816 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	15477 kWp	Total power	14420 kWac
Total	28140 modules	Number of inverters	10 units
Module area	72693 m ²	Pnom ratio	1.07
Cell area	66891 m ²		

Array losses

Array Soiling Losses		Thermal Loss factor		Serie Diode Loss				
Loss Fraction	1.0 %	Module temperature according to irradiance		Voltage drop	0.7 V			
		Uc (const)	29.0 W/m ² K	Loss Fraction	0.1 % at STC			
		Uv (wind)	0.0 W/m ² K/m/s					
LID - Light Induced Degradation		Module Quality Loss		Module mismatch losses				
Loss Fraction	1.5 %	Loss Fraction	-0.8 %	Loss Fraction	1.0 % at MPP			
Strings Mismatch loss								
Loss Fraction	0.1 %							
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): User defined profile								
0°	30°	50°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	1.000	0.961	0.926	0.848	0.713	0.453	0.000



PVsyst V7.2.16

VC6, Simulation date:
24/05/22 17:12
with v7.2.14

E-Way Finance S.p.A. (Italy)

Array losses

Spectral correction

FirstSolar model

Precipitable water estimated from relative humidity

Coefficient Set	C0	C1	C2	C3	C4	C5
Monocrystalline Si	0,85914	-0,02088	-0,0058853	0,12029	0,026814	-0,001781

DC wiring losses

Global wiring resistance 0.64 mΩ
Loss Fraction 0.7 % at STC

Array #1 - Sottocampo A

Global array res. 5.1 mΩ
Loss Fraction 0.8 % at STC

Array #2 - Sottocampo B

Global array res. 2.1 mΩ
Loss Fraction 0.7 % at STC

Array #3 - Sottocampo C

Global array res. 2.3 mΩ
Loss Fraction 0.7 % at STC

Array #4 - Sottocampo D

Global array res. 2.2 mΩ
Loss Fraction 0.7 % at STC

System losses

Unavailability of the system

Time fraction 1.5 %
5.5 days,
3 periods

Auxiliaries loss

constant (fans) 20.0 kW
781.7 kW from Power thresh.

AC wiring losses

Inv. output line up to MV transfo

Inverter voltage 690 Vac tri
Loss Fraction 0.04 % at STC

Inverters: IS_1800TL_B690_IP54 [2020-05-27_up to 50°C], IS_1400TL_B540_IP54 [2020-05-27_up to 50°C]

Wire section (4 Inv.) Copper 4 x 3 x 1200 mm²
Average wires length 5 m

Inverter: IS_1400TL_B540_IP54 [2020-05-27_up to 50°C]

Wire section (6 Inv.) Copper 6 x 3 x 1000 mm²
Average wires length 5 m

MV line up to Injection

MV Voltage 36 kV
Average loss Fraction 0.04 % at STC

Array #1 - Sottocampo A

Wires Alu 3 x 185 mm²
Length 1100 m

Array #2 - Sottocampo B

Wires Alu 3 x 185 mm²
Length 1100 m

Array #3 - Sottocampo C

Wires Alu 3 x 185 mm²
Length 400 m

Array #4 - Sottocampo D

Wires Alu 3 x 185 mm²
Length 400 m



PVsyst V7.2.16

VC6, Simulation date:
24/05/22 17:12
with v7.2.14

E-Way Finance S.p.A. (Italy)

AC losses in transformers

MV transfo

Grid voltage 36 kV

Operating losses at STC

Nominal power at STC 2009 kVA

Iron loss (24/24 Connexion) 2.01 kW

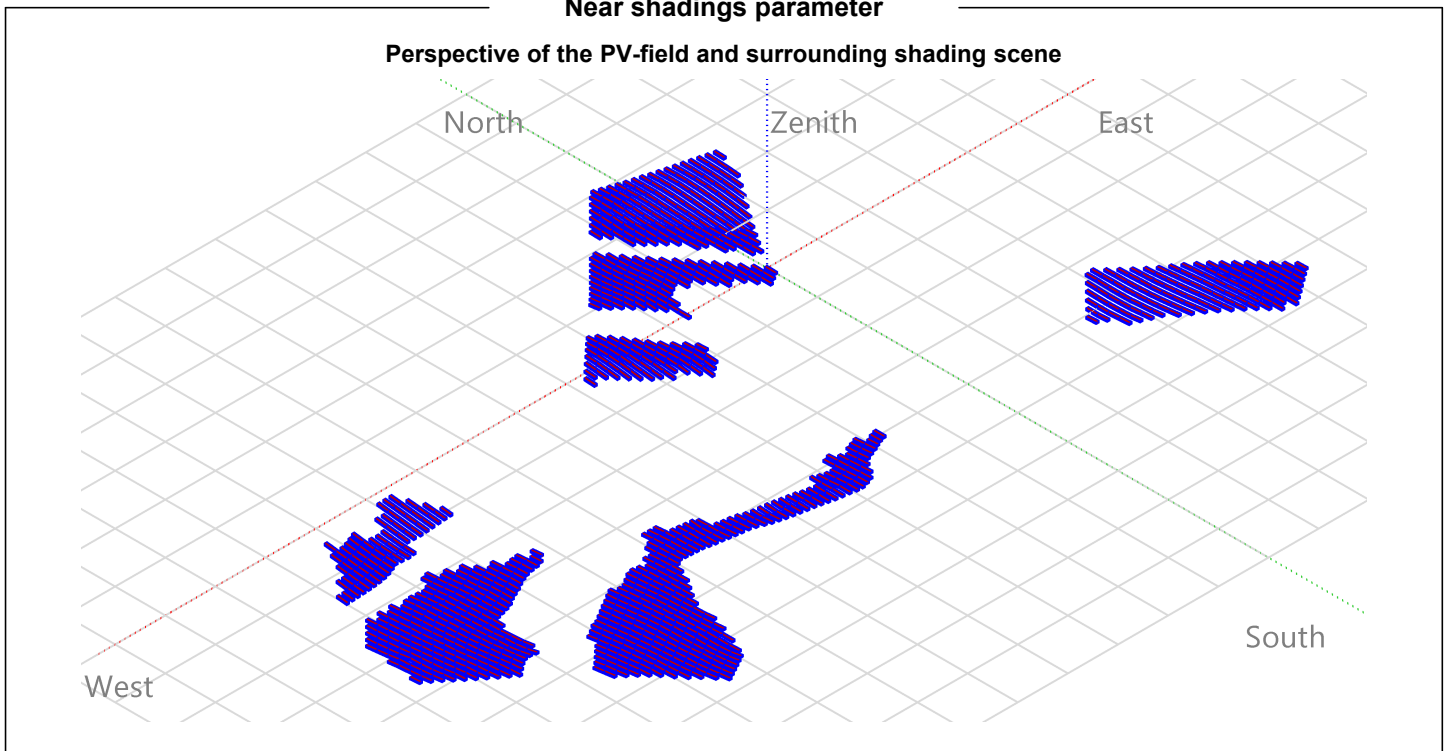
Loss Fraction 0.10 % at STC

Coils equivalent resistance 3 x 2.37 mΩ

Loss Fraction 1.00 % at STC

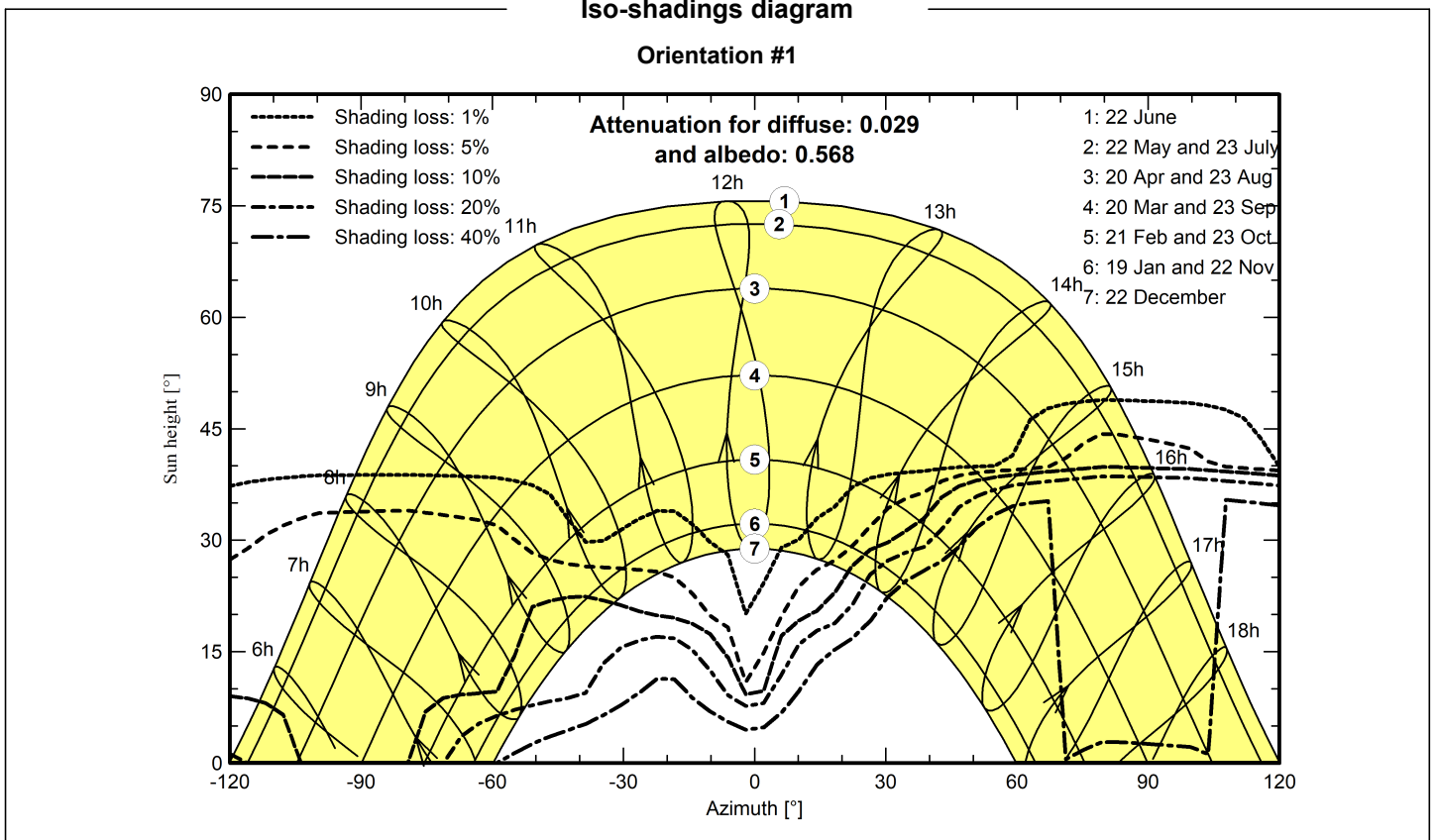


Near shadings parameter



Iso-shadings diagram

Orientation #1



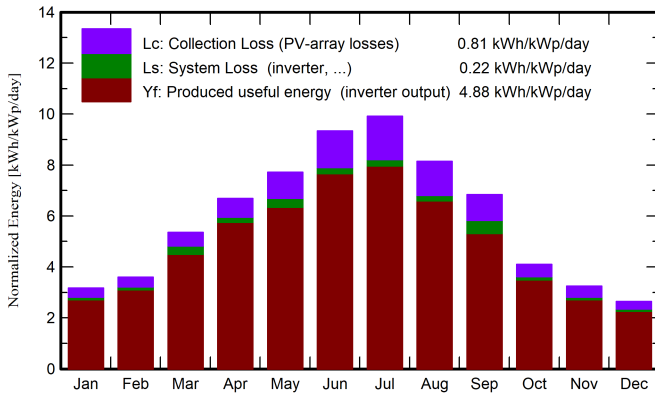


Main results

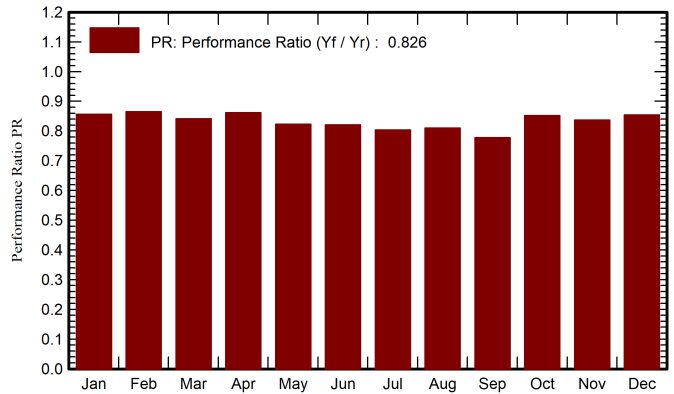
System Production

Produced Energy (P50) 27583 MWh/year Specific production (P50) 1782 kWh/kWp/year Performance Ratio PR 82.63 %
 Produced Energy (P90) 26.5 GWh/year Specific production (P90) 1712 kWh/kWp/year
 Produced Energy (P95) 26.2 GWh/year Specific production (P95) 1692 kWh/kWp/year

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

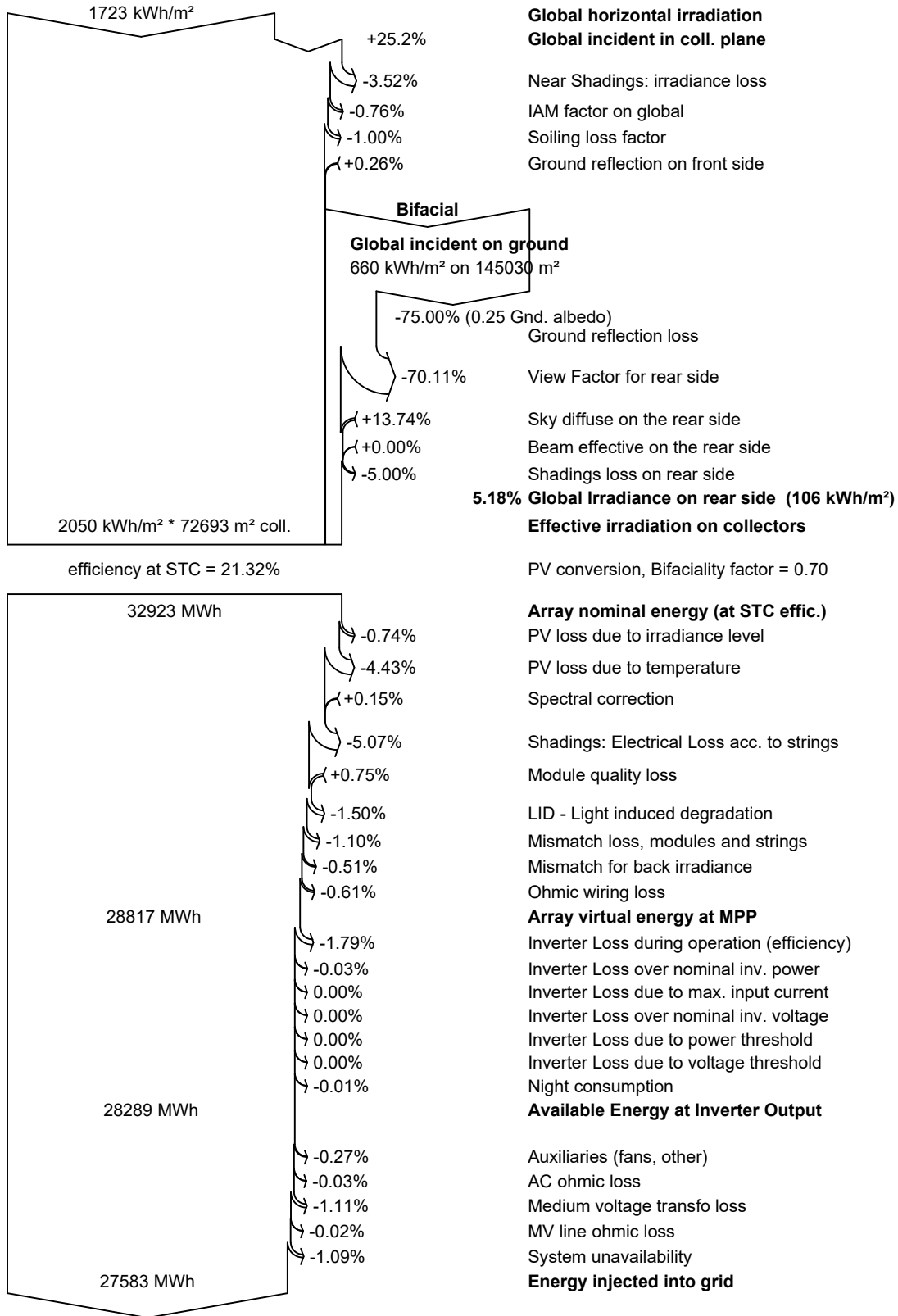
	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	ratio
January	77.9	31.07	8.50	98.3	91.1	1351	1303	0.856
February	81.7	36.89	8.27	100.7	94.8	1397	1348	0.865
March	135.3	62.01	8.94	166.0	157.6	2319	2162	0.842
April	163.9	70.09	12.25	200.6	191.2	2765	2676	0.862
May	192.6	75.47	16.05	239.3	229.1	3216	3048	0.823
June	223.4	72.53	20.52	280.2	268.8	3672	3559	0.821
July	239.0	65.23	25.10	307.3	294.8	3942	3823	0.804
August	197.7	64.64	24.17	252.6	241.0	3267	3167	0.810
September	162.5	58.35	20.99	205.2	194.9	2706	2471	0.778
October	103.9	48.84	15.73	127.3	120.0	1738	1679	0.852
November	77.5	31.17	12.89	97.3	90.6	1306	1260	0.837
December	67.5	33.28	8.92	82.1	75.9	1128	1086	0.854
Year	1722.7	649.57	15.23	2156.9	2049.9	28808	27583	0.826

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		



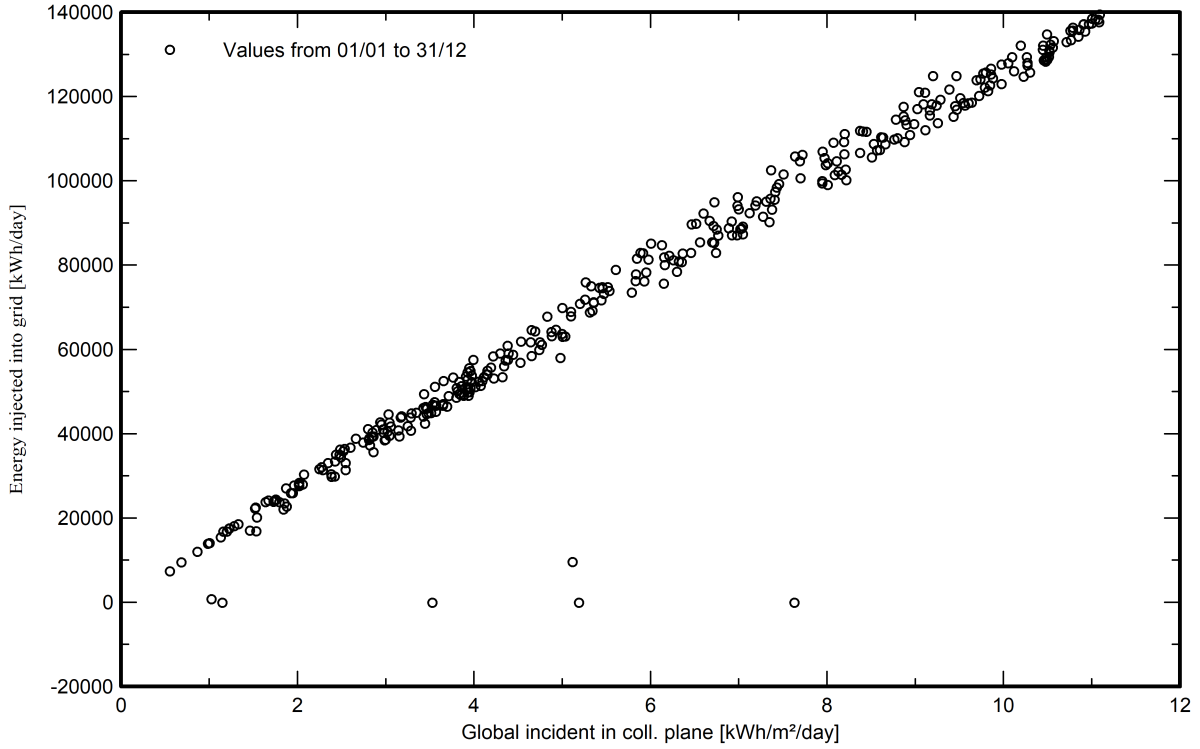
Loss diagram



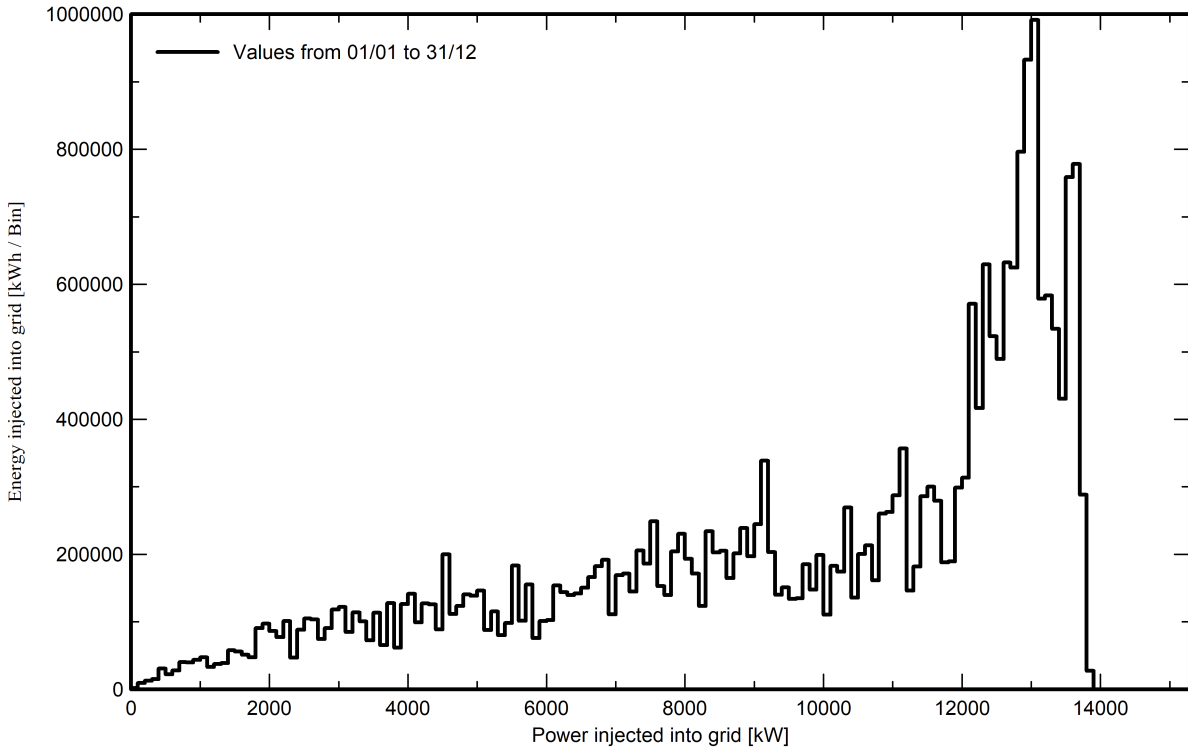


Special graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution





PVsyst V7.2.16

VC6, Simulation date:
24/05/22 17:12
with v7.2.14

E-Way Finance S.p.A. (Italy)

P50 - P90 evaluation

Meteo data

Source	PVGIS api TMY
Kind	TMY, multi-year
Year-to-year variability(Variance)	2.5 %

Specified Deviation

Climate change	0.0 %
----------------	-------

Global variability (meteo + system)

Variability (Quadratic sum)	3.1 %
-----------------------------	-------

Simulation and parameters uncertainties

PV module modelling/parameters	1.0 %
Inverter efficiency uncertainty	0.5 %
Soiling and mismatch uncertainties	1.0 %
Degradation uncertainty	1.0 %

Annual production probability

Variability	0.85 GWh
P50	27.58 GWh
P90	26.49 GWh
P95	26.19 GWh

Probability distribution

