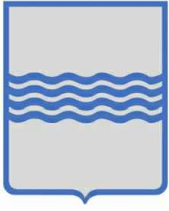


Regione Basilicata

Comune di Matera



Committente:



CANADIAN SOLAR CONSTRUCTION s.r.l.  
via Mercato, 3-5 - 20121 Milano (MI)  
c.f. IT09360300967



Titolo del Progetto:

## Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto fotovoltaico denominato "Sant'Eustachio" avente potenza nominale pari a 19,98 MWp

Documento:

### PROGETTO DEFINITIVO

Richiesta Autorizzazione Unica ai sensi del D. Lgs. 387 del 29/09/2003

N° Tavola:

# A.5

Elaborato:

### RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

SCALA:

N.D.

FOGLIO:

1 di 1

FORMATO:

A4

Folder: **Elaborati Generali**

Nome file: **A.5\_Relazione\_Tecnica\_FV\_REV.1.pdf**

Progettazione:



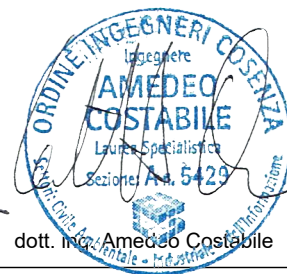
**NEW DEVELOPMENTS**

**NEW DEVELOPMENTS S.r.l**  
Piazza Europa, 14  
87100 Cosenza (CS)

Progettisti:



dott. ing. Giovanni Guzzo-Foliaro



dott. ing. Amedeo Costabile



dott. ing. Francesco Meringolo

Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	26/10/2021	PRIMA REVISIONE	New Dev.	CSC	CSC
00	15/10/2019	PRIMA EMISSIONE	New Dev.	CSC	CSC

**Indice**

Premessa .....	2
1. Descrizione delle caratteristiche della fonte utilizzata .....	2
1.1 Funzionamento delle celle fotovoltaiche .....	2
1.2 Terminologia.....	3
2. Descrizione delle diverse componenti.....	4
2.1 Modulo fotovoltaico.....	4
2.2 Struttura di sostegno e sistema di inseguimento solare .....	7
2.3 Perimetrazione esterna .....	9
2.4 Inverter, trasformatori, quadri.....	11
2.5 Opere elettriche .....	15
2.6 Stazione Meteorologica.....	17
2.7 Viabilità interna .....	18
2.9 Tempi, modalità e costi di realizzazione e dismissione .....	19
3. Dimensionamento dell'impianto .....	20
3.1 Sito di installazione.....	20
3.2 Potenza totale .....	20
3.3 Dati di irraggiamento.....	20
3.4 Sistema di orientamento .....	29
3.5 Previsione di produzione energetica.....	29
4. Criteri di scelta delle soluzioni impiantistiche di protezione contro i fulmini.....	29

## Premessa

**Canadian Solar Construction s.r.l.**, con sede in via Mercato 3-5 – 20121 – Milano (MI), cf: IT09360300967,

**propone**

in agro del Comune di **Matera (MT)**, un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica, denominato "**Sant'Eustachio**", sviluppa potenza nominale pari a **19,98 MWp**.

### 1. Descrizione delle caratteristiche della fonte utilizzata

Vengono fornite informazioni sul funzionamento e sulle caratteristiche elettriche dei generatori fotovoltaici.

#### 1.1 Funzionamento delle celle fotovoltaiche<sup>1</sup>

L'interazione di un fotone di sufficiente energia con un elettrone legato (di valenza) di un materiale solido può liberare l'elettrone e portarlo nella banda di conduzione. Questo è il principio di base del funzionamento delle celle fotovoltaiche.

L'energia richiesta per liberare un elettrone e portarlo dalla banda di valenza nella banda di conduzione è denominata energia di gap.

Se l'energia di un fotone è minore dell'energia di gap, l'elettrone non può essere liberato e l'energia del fotone viene dissipata in calore, se l'energia del fotone è maggiore di quella di gap, l'elettrone viene liberato e l'eccesso di energia viene ancora dissipato in calore.

Il materiale maggiormente utilizzato nelle celle fotovoltaiche è il silicio (Si), il quale ha una energia di gap pari a 1,12 (eV).

La lunghezza d'onda massima alla quale la radiazione solare produce l'effetto fotovoltaico risulta dalla relazione:

$$\lambda_{max} = \frac{h \cdot c}{\epsilon_g} = 1,11 \cdot 10^{-6} m$$

dove

$$\epsilon_g = 1,12 \text{ eV} = 1,12 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} J = \text{energia di gap del silicio};$$

---

<sup>1</sup> Mario A. Cucumo, V. Marinelli, G. Oliveti (1994). *Ingegneria Solare*. Bologna: Pitagora Editrice s.r.l.

$h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  = costante di Planck;

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  = velocità della luce.

La radiazione di lunghezza d'onda maggiore di  $1,1 \mu\text{m}$  è pertanto inabile a produrre corrente elettrica nelle celle al silicio, pertanto, esaminando i dati della distribuzione spettrale dell'irraggiamento extraterrestre, si può osservare che circa il 25% dell'energia solare contenuta nello spettro è completamente inefficace.

Le celle fotovoltaiche sono costituite da due strati di semiconduttori in contatto tra di loro, uno di tipo  $n$  ed uno di tipo  $p$ .

Il silicio presenta quattro elettroni di valenza nell'orbita più esterna e forma un reticolo cristallino in cui ogni atomo di Si è circondato da 4 atomi di Si, con ciascuno dei quali stabilisce un legame covalente.

Il semiconduttore di tipo  $n$  si ottiene aggiungendo al silicio piccole quantità di fosforo (P), il quale ha cinque elettroni nell'orbita più esterna; nel semiconduttore  $n$  vi è pertanto un eccesso di elettroni liberi, portati dagli atomi di fosforo.

Il semiconduttore di tipo  $p$  si ottiene invece degradando il silicio con atomi di boro (B), il quale ha solo tre elettroni nell'orbita esterna: nel semiconduttore  $p$  vi sono pertanto vacanze di elettroni.

Quando si pongono in contatto i due strati di semiconduttore di tipo  $n$  e di tipo  $p$ , gli elettroni liberi del semiconduttore  $n$  attraversano la giunzione ed occupano le vacanze esistenti nel semiconduttore  $p$ : di conseguenza il semiconduttore  $n$  acquista una carica positiva, mentre il semiconduttore  $p$  si carica negativamente. Si stabilisce pertanto attorno alla giunzione una barriera di potenziale.

Quando la cella fotovoltaica viene illuminata dalla radiazione solare, quest'ultima penetra sia nello strato superiore che inferiore creando delle coppie di elettroni e di vacanze. A causa della barriera di potenziale, gli elettroni possono passare da  $p$  ad  $n$  ma non da  $n$  a  $p$ : si produce così un eccesso di elettroni nello strato  $n$ , che fluiscono nel conduttore esterno verso lo strato  $p$  dando luogo ad una corrente elettrica. La cella è provvista di opportune griglie conduttrici per convogliare gli elettroni nel circuito esterno.

## 1.2 Terminologia

Nella sistemistica fotovoltaica viene usata la seguente terminologia:

- *Cella fotovoltaica*: è il componente a semiconduttore che realizza la conversione diretta di energia solare in energia elettrica;
- *Modulo*: è un insieme di celle fotovoltaiche, connesse elettricamente fra loro e racchiuse in un involucro sigillato;
- *Pannello*: è un insieme di moduli connessi in una struttura rigida;
- *Stringa*: è un insieme di pannelli connessi in modo da dare la tensione nominale dell'impianto;

- *Campo fotovoltaico*: è l'insieme di tutti i pannelli, connessi tra loro in maniera opportuna, che costituiscono il generatore di energia elettrica;
- *Sistema di inseguimento*: è una macchina elettrica la quale consente di far funzionare il campo fotovoltaico sempre in condizioni di massima potenza erogata;
- *Inverter*: trasforma la corrente continua generata dall'impianto fotovoltaico in corrente alternata.

## 2. Descrizione delle diverse componenti

### 2.1 Modulo fotovoltaico

Il modulo scelto per il generatore fotovoltaico è del tipo a tecnologia monocristallino della ditta Canadian Solar tipo HiDM (Super High Density Poli Perc Module) da **410 Watt**.







## HiKu

**SUPER HIGH POWER POLY PERC MODULE**  
**400 W ~ 415 W**  
CS3W-400 | 405 | 410 | 415P

**MORE POWER**

-  24 % more power than conventional modules
-  Up to 4.5 % lower LCOE  
Up to 2.7 % lower system cost
-  42°C Low NMOT: 42 ± 3 °C  
Low temperature coefficient (Pmax): -0.37 % / °C
-  Innovative module design, better shading tolerance

**MORE RELIABLE**

-  Lower internal current, lower hot spot temperature
-  Cell crack risk limited in small region, enhance the module reliability
-  Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 3600 Pa

**25 years** linear power output warranty

**10 years** product warranty on materials and workmanship

**MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES\***

ISO 9001:2008 / Quality management system  
ISO 14001:2004 / Standards for environmental management system  
OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

**PRODUCT CERTIFICATES\***

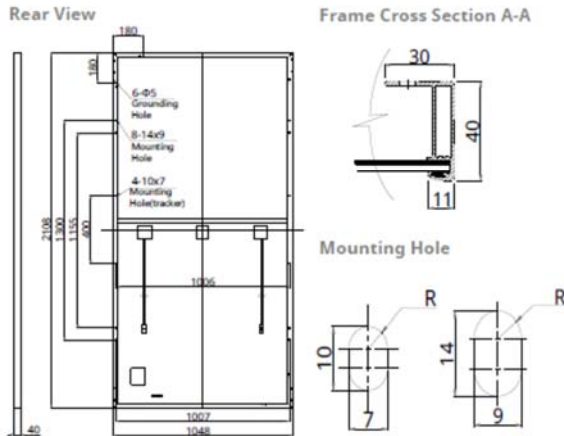
IEC 61215 / IEC 61730: 2005 & 2016: VDE / CE  
UL 1703: CSA

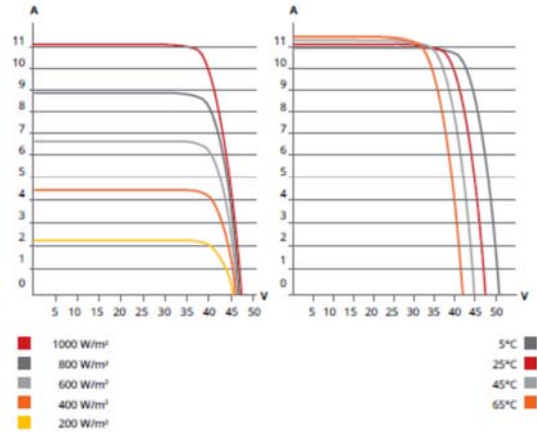
\* Please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific product certificates applicable in your market.

**CANADIAN SOLAR INC.** is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with about 30 GW deployed around the world since 2001, Canadian Solar Inc. is one of the most bankable solar companies worldwide.

**ENGINEERING DRAWING (mm)**



**CS3W-410P / I-V CURVES**



**ELECTRICAL DATA | STC\***

CS3W	400P	405P	410P	415P
Nominal Max. Power (Pmax)	400 W	405 W	410 W	415 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	38.7 V	38.9 V	39.1 V	39.3 V
Opt. Operating Current (Imp)	10.34 A	10.42 A	10.49 A	10.56 A
Open Circuit Voltage (Voc)	47.2 V	47.4 V	47.6 V	47.8 V
Short Circuit Current (Isc)	10.90 A	10.98 A	11.06 A	11.14 A
Module Efficiency	18.11%	18.33%	18.56%	18.79%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)			
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)			
Max. Series Fuse Rating	20 A			
Application Classification	Class A			
Power Tolerance	0 ~ + 5 W			

\* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

**ELECTRICAL DATA | NMOT\***

CS3W	400P	405P	410P	415P
Nominal Max. Power (Pmax)	297 W	301 W	304 W	308 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	35.3 V	35.5 V	35.7 V	35.9 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.42 A	8.48 A	8.52 A	8.58 A
Open Circuit Voltage (Voc)	44.2 V	44.4 V	44.6 V	44.8 V
Short Circuit Current (Isc)	8.78 A	8.85 A	8.90 A	8.97 A

\* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

**MECHANICAL DATA**

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline
Cell Arrangement	144 [2 X (12 X 6)]
Dimensions	2108 X 1048 X 40 mm (83.0 X 41.3 X 1.57 in)
Weight	24.9 kg (54.9 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy, crossbar enhanced
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 350 mm (13.8 in); landscape: 1400 mm (55.1 in); leap-frog connection: 1700 mm (66.9 in)*
Connector	T4 series
Per Pallet	27 pieces
Per Container (40' HQ)	594 pieces

\* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

**TEMPERATURE CHARACTERISTICS**

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.37 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.29 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	42 ± 3°C

La seguente tabella riporta la distribuzione dei moduli all'interno del parco fotovoltaico:

Campo	n. moduli	Potenza (KWp)	Superficie pannellata* (m <sup>2</sup> )
A	11.928	4.890,48	26.360,88
B	12.684	5.200,44	28.031,64
C	5.544	2.273,04	12.252,24
D	12.768	5.234,88	28.217,28
E	5.769	2.376,36	12.749,49
<b>Totali</b>	<b>48.720</b>	<b>19.975,20</b>	<b>107.611,53</b>

## 2.2 Struttura di sostegno e sistema di inseguimento solare

Il progetto prevede l'impiego di sistemi ad inseguitore solare monassiale di *rollio* del tipo *Tracker*. Queste strutture consentono la rotazione dei moduli fotovoltaici ad essi ancorati intorno ad un unico asse orizzontale permettendo l'inseguimento del sole nell'arco della giornata aumentando la produzione energetica dell'impianto fotovoltaico.

Nei campi fotovoltaici che costituiscono il parco in oggetto i *trackers* lavorano singolarmente ed il movimento è regolato da un unico motore per *tracker*. Questo motore lavora estendendosi ed accorciandosi lungo una direttrice sub-verticale la cui inclinazione cambia di alcuni gradi durante la giornata.

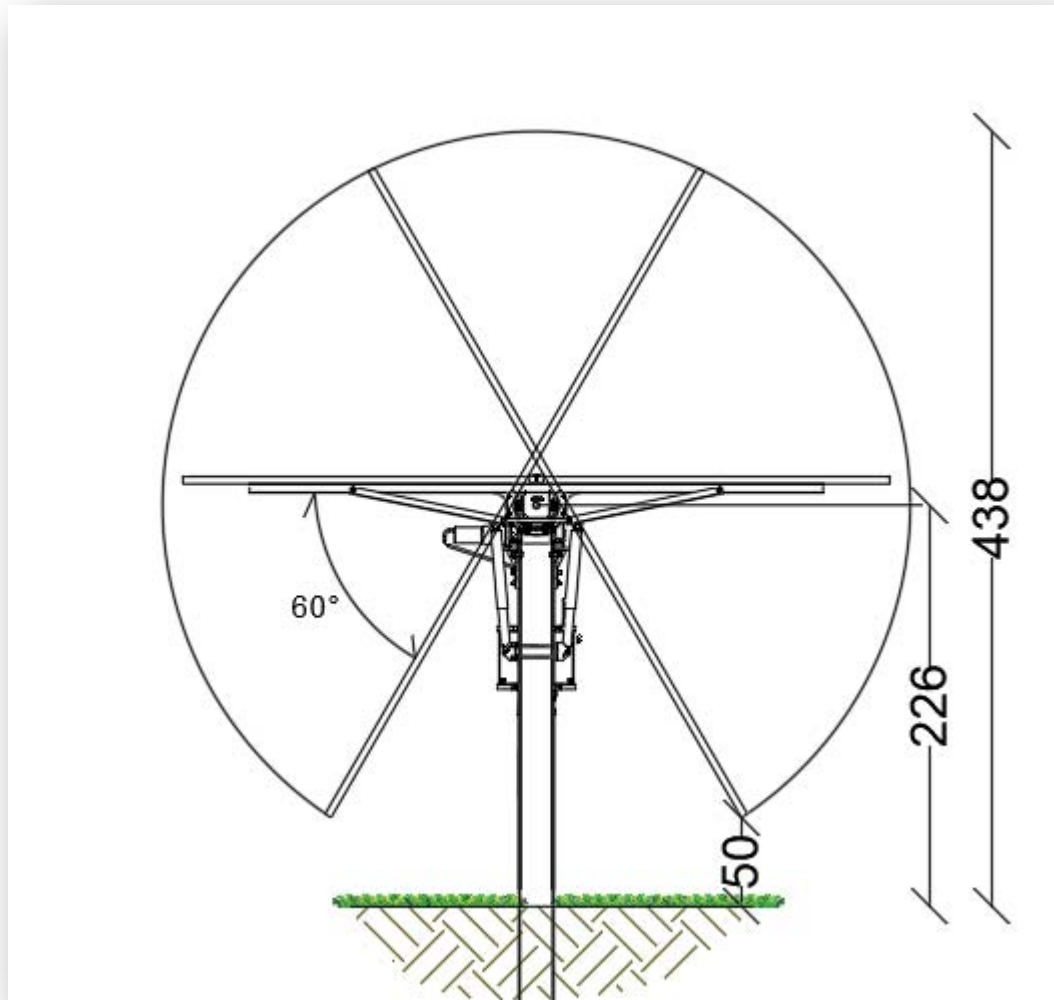
Il movimento del motore si trasforma per i pannelli in rotazione intorno ad un'asse orizzontale.

Tutti gli elementi sono solitamente realizzati in acciaio al carbonio galvanizzato a caldo e sono:

- I pali di sostegno infissi nel terreno
- Travi orizzontali
- Giunti di rotazione
- Elementi di collegamento tra le travi principali
- Elementi di solidarizzazione
- Elementi di supporto dei moduli
- Elementi di fissaggio.



L'interasse minimo tra le fila di trackers è pari a **9,5 m** per ridurre il fenomeno di ombreggiamento reciproco e garantire gli spazi necessari di manovra in fase di manutenzione.

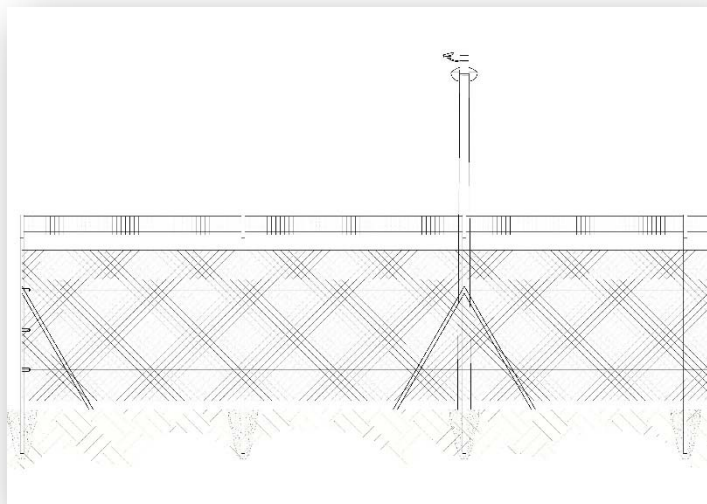


La seguente tabella riporta la distribuzione delle strutture suddivisa per tipologia di lunghezza e relativa ai diversi campi costituenti il parco fotovoltaico in progetto:

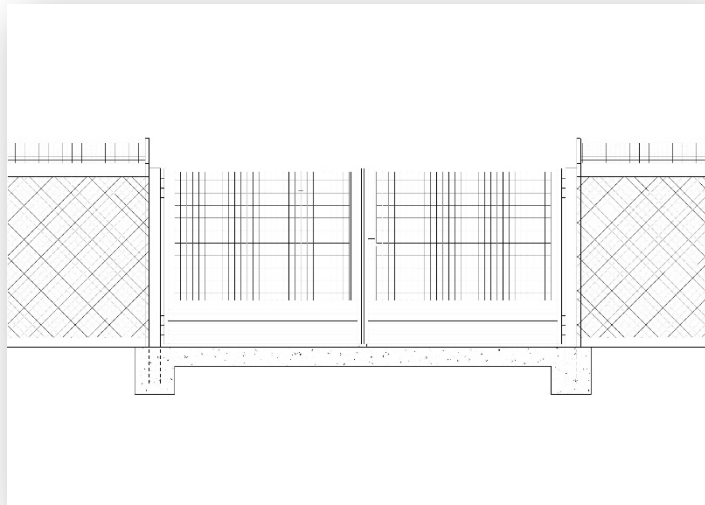
Campo	Tipo inseguitore	n.
A	TR 84	142
B	TR 84	151
C	TR 84	66
D	TR 84	152
E	TR 84	69
<b>Totale</b>	<b>TR 84</b>	<b>580</b>

### 2.3 Perimetrazione esterna

La perimetrazione verso l'esterno antintrusione sarà realizzata con rete in maglie metalliche ancorata al terreno.



I cancelli carrabili, anch'essi in materiale metallico, saranno realizzati a due ante con idonee cerniere ancorate a montanti in tubolare metallico con fondazione in c.a..



Il campo sarà dotato di impianto di illuminazione con palo metallico dotato di testapalo ed idonea lampada atta a garantire un'uniforme illuminazione. Dal predimensionamento effettuato saranno disposti i punti luce lungo la recinzione perimetrale ad intervallo di 15 metri ed altezza palo 4 metri.

Il campo sarà inoltre dotato di impianto antintrusione combinato perimetrale con sistema tipo ad infrarossi o barriera a microonda ed antifurto per singolo modulo.

## 2.4 Inverter, trasformatori, quadri

L'inverter scelto è rappresentato dalla Smart String Inverter SUN 2000-185KTL-H1 HUAWEI.



**Specifiche tecniche:**

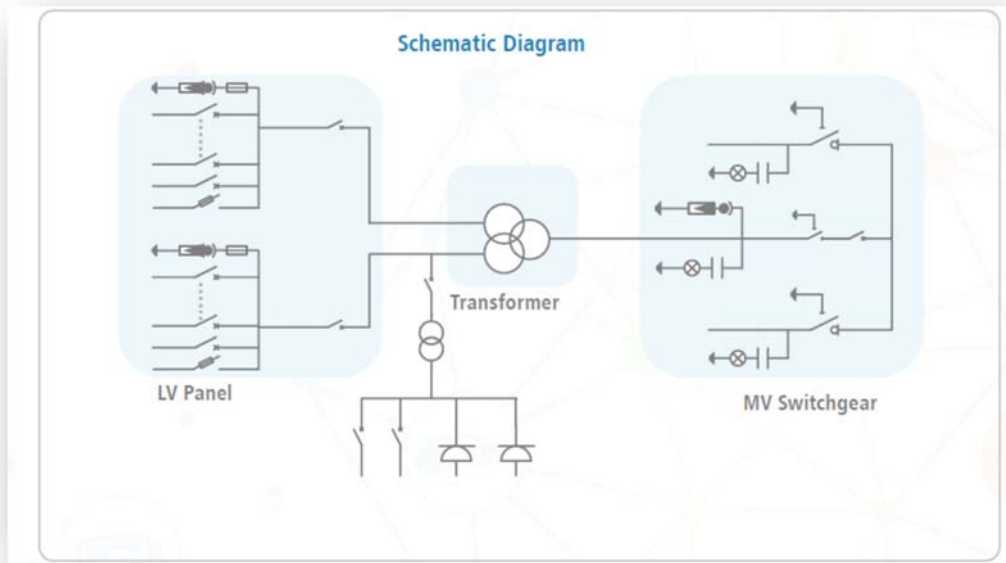
Efficiency	
Max. Efficiency	99.03%
European Efficiency	98.69%
Input	
Max. Input Voltage	1,500 V
Max. Current per MPPT	26 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	550 V
MPPT Operating Voltage Range	500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage	1,080 V
Number of Inputs	18
Number of MPP Trackers	9
Output	
Nominal AC Active Power	175,000 W @40°C, 168,000 W @45°C, 150,000 W @50°C
Max. AC Apparent Power	185,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	185,000 W
Nominal Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	126.3 A @40°C, 121.3 A @45°C, 108.3 A @50°C
Max. Output Current	134.9 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, Bluetooth/WLAN + APP
USB	Yes
MBUS	Yes
RS485	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm (40.7 x 27.6 x 14.4 inch)
Weight (with mounting plate)	84 kg (185.2 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Staubli MC4 EVO2
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless
Standard Compliance (more available upon request)	
Certificate	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683
Grid Code	IEC 61727, P.O. 12.3, RD 1699, RD 661, RD 413, RD 1565, RD 1663, UNE 206007-1, UNE 206006

Ogni sottocampo sarà dotato di apposito trasformatore del tipo Smart Transformer Station STS-6000K, Eco design HUAWEI.

Detta stazione rappresenta una soluzione compatta e pre-assemblata contenente:

- un trasformatore esterno;
- un quadro MT;
- un pannello BT.





Technical Specifications	STS-6000K Eco-design for SUN2000-90KTL-H1, SUN2000-90KTL-H2, SUN2000-100KTL-H1, SUN2000-105KTL-H1
AC Power	6,000 kVA @40°C / 5,700 kVA @45°C / 5,400 kVA @50°C
Rated Input Voltage	800 V
Frequency	50 Hz / 60 Hz
Max. Input Current at Nominal Voltage	2,403 A
	<b>Output</b>
Rated Output Voltage	20 kV / 22 kV / 30 kV / 33 kV / 34.5 kV
Optional Output Voltages	10 kV ~ 35 kV
Tappings	± 2 x 2.5%
Minimum Peak Efficiency Index	99.504%, in accordance with EN50588-1
Impedance	6.5% (+ 10%) @6000 kVA
	<b>Protection</b>
Protection Degree of MV Switchgear and LV Panel	IP54
SPD Protection	Type II
Optional SPD Protection	Type I
	<b>General</b>
Dimensions (W x H x D)	6,058 x 2,896 x 2,438 mm
Weight	< 23 t
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Relative Humidity	0% ~ 95%
Max. Operating Altitude	2,000 m
Optional Max. Operating Altitude	4,000 m
Standards	IEC 60076, IEC 61439-1, IEC 62271-200, IEC 62271-202, EN 50588-1
	<b>Features</b>
Transformer Type	Oil-immersed
Transformer Cooling Method	ONAN
Transformer Oil Type	Mineral Oil
Transformer Vector Group	Dyn11-yn11
Optional Transformer Vector Group	Dy11-y11
Oil Tray	Optional
Medium Voltage Switchgear	SF6, 12 kV ~ 40.5 kV, 630 A, 3 Feeders (CCV or equivalent), IAC A 20 kA 1 s
Low Voltage Panel	ACB (2500 A / 800 V / 3P, 2*1 pcs), MCCB (250 A / 800 V / 3P, 2*15 pcs)
Auxiliary Transformer	5 kVA, Dyn11, 800 V / 400 V
Optional Auxiliary Transformer	5 kVA / 30 kVA / 50 kVA, Dyn11, Ratio Varies according to Customization

## 2.5 Opere elettriche

Le opere elettriche sono costituite da:

- *Parco Fotovoltaico*: costituito da n°5 campi che convertono la radiazione solare in energia elettrica. Detti campi sono dotati di inverter sottostringa e trasformatore elevatore che porta la tensione al valore di trasmissione di 30 kV;
- *le linee interrate in MT a 30 kV*: convogliano la produzione elettrica dei campi alla Stazione di Trasformazione 30/150 kV;
- *la stazione di trasformazione 30/150 kV (SET)*: trasforma l'energia al livello di tensione della rete AT. In questa stazione vengono posizionati gli apparati di protezione e misura dell'energia prodotta;
- *stallo TERNA a 150 kV (IR - impianto di rete per la connessione)*: è il nuovo stallo di consegna a 150 kV. Il convogliamento dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico nella rete di AT avverrà in antenna a 150 kV sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica 380/150 kV di proprietà della società TERNA – Rete Elettrica Nazionale S.p.A. (TERNA), in condivisione di stallo con altro produttore così come previsto dalla soluzione tecnica minima generale (STMG) rilasciata dal gestore ed accettata dalla società proponente. Pertanto, la rete elettrica esterna risulta idonea al soddisfacimento delle esigenze di connessione all'esercizio del parco da realizzare.

La rete di media tensione a 20 kV sarà composta da circuiti elettrici con posa completamente interrata. Il tracciato planimetrico della rete è mostrato nelle tavole di progetto precisando che nel caso di posa su strada esistente l'esatta posizione del cavidotto rispetto alla carreggiata sarà opportunamente definito in sede di sopralluogo con l'Ente gestore in funzione di tutte le esigenze dallo stesso richieste, pertanto il percorso su strada esistente indicato negli elaborati progettuali è da intendersi, relativamente alla posizione rispetto alla carreggiata, del tutto indicativo.

Detta rete a 20 kV sarà realizzata per mezzo di cavi unipolari del tipo ARP1H5E (o equivalente) con conduttore in alluminio. Le caratteristiche elettriche di portata e resistenza dei cavi in alluminio sono riportate nella seguente tabella (portata valutata per posa interrata a 1,2 m di profondità, temperatura del terreno di 20° C e resistività termica del terreno di 1,5 K m /W):

Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Portata [A]	Resistenza [Ohm/km]
95	257	0,403
240	433	0,161
500	643	0,084



Dove necessario si dovrà provvedere alla posa indiretta dei cavi in tubi, condotti o cavedi. Per i condotti e i cunicoli, essendo manufatti edili resistenti non è richiesta una profondità minima di posa né una protezione meccanica supplementare. Lo stesso dicasi per i tubi 450 o 750, mentre i tubi 250 devono essere posati almeno a 0,6 m con una protezione meccanica.

Nella stessa trincea verranno posati i cavi di energia, la fibra ottica necessaria per la comunicazione e la corda di terra.

I cavidotti interrati saranno dotati di pozzetti di ispezione dislocati lungo il percorso. Per i tratti su carreggiate stradali esistenti, ogni lavorazione sarà eseguita nel rispetto delle prescrizioni degli Enti proprietari e gestori del tratto di strada interessato e comunque sarà disposta un'opportuna segnalazione a mezzo nastro segnalatore all'interno dello scavo ed un'adeguata segnalazione superficiale con appositi cippi segna cavo. Il percorso del cavidotto è stato scelto in modo da limitare al minimo l'impatto in quanto viene prevalentemente realizzato lungo la viabilità esistente, a bordo o lungo la strada ed utilizzando mezzi per la posa con limitate quantità di terreno da smaltire in quanto prevalentemente riutilizzabile per il rinterro. Tale percorso, come meglio rappresentato nelle allegate tavole grafiche, riguarda prevalentemente: il collegamento in Media Tensione tra i campi fotovoltaici e tra questi e la stazione di trasformazione.

La sottostazione elettrica di trasformazione è invece costituita dalle seguenti opere architettoniche:

- Piattaforma
- Fondazioni
- Basamento e deposito di olio del trasformatore MT/AT
- Drenaggio di acqua pluviale
- Canalizzazioni elettriche
- Accesso e viali interni
- Recinzione
- Edificio di Controllo SET composto da:
  - Sala celle MT e trafo MT/BT,
  - Sala controllo,
  - Ufficio,
  - Magazzino,
  - Spogliatoio,
  - Bagno.

Per una dettagliata disamina delle argomentazioni si rimanda alla Relazione Descrittiva Opere Elettriche ed alle pertinenti tavole grafiche allegate al presente progetto definitivo.

## 2.6 Stazione Meteorologica

All'interno dei campi è inoltre prevista l'impiego di n. 3 stazioni meteorologiche assemblate e configurate specificatamente per il monitoraggio dell'efficienza energetica degli impianti fotovoltaici aventi i requisiti previsti dalle normative di settore (IEC9060, WMO, CEI 82-5 e IEC60904) e dotate di sistemi operativi e web-server integrati.

L'installazione tipica comprende i seguenti sensori:

- *Sensore di Temperatura e Umidità Relativa dell'Aria a norma del WTO, con schermo solare a ventilazione naturale in alluminio anodizzato.*
- *Sensore per la misura della temperatura di pannelli fotovoltaici o superfici piane a contatto adesivo. Costituito da termistore con involucro di alluminio e cavo teflonato lungo 10 metri.*
- *Sensore Radiazione Solare Globale a termopila a norma WMO, I Classe.*
- *Sensore Radiazione Solare Globale a termopila a norma WMO, I Classe con schermo a banda equatoriale manuale per la misura della sola componente diffusa della radiazione.*
- *Sensore Velocità Vento a norma WMO in alluminio anodizzato.*
- *Sensore Direzione Vento a norma WMO in alluminio anodizzato.*
- *Datalogger multicanale con sistema operativo e web-server integrato.*
- *Modulo con scheda di protezione segnali e interfaccia dotato di doppio livello di protezione segnali da sovratensioni e scariche indirette tramite scaricatori a gas e diodi speciali.*
- *Alimentazione di base 220V. Opzionalmente tramite pannello fotovoltaico*
- *Trasmissione dati di base di tipo LAN. Opzionalmente wireless, GPRS, Satellitare.*
- *Palo 5 metri autoportante in alluminio anodizzato anticorrosione composto da elementi (2m+3m), completo di supporti per 6 sensori, base di sostegno(20x20cm) e kit viterie in acciaio inox. Pesa 17kg.*
- *Cavi sensore-datalogger con terminazione a connettore PS2 o Puntalini lato datalogger e connettore 7 poli IP68 lato sensore, lunghi 5 metri*
- *Cavi sensore-datalogger con terminazione a connettore PS2 o Puntalini lato datalogger e connettore 7 poli IP68 lato sensore, lunghi 10 metri*

Grazie ai dati forniti dai piranometri e le misure dei parametri ambientali e prestazionali (temperatura, umidità, vento, temperatura superficiale pannello ed opzionalmente corrente e tensione), è possibile ottenere un costante monitoraggio dell'impianto fotovoltaico correggendo i dati in funzione della posizione del pannello solare, attraverso uno speciale algoritmo implementato nel datalogger.

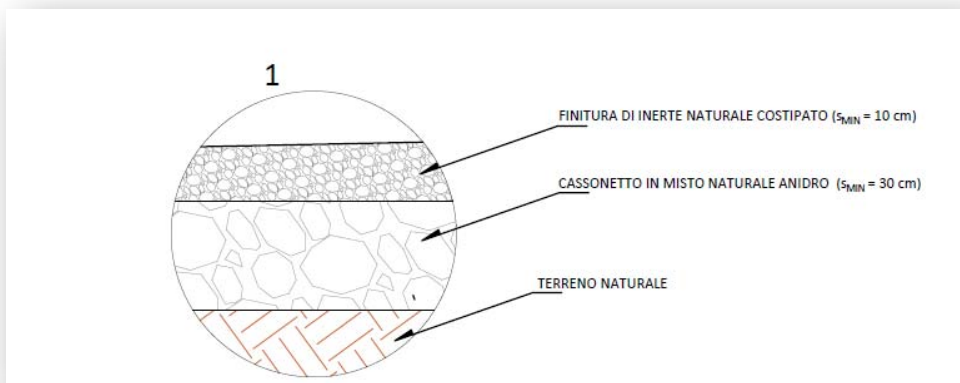
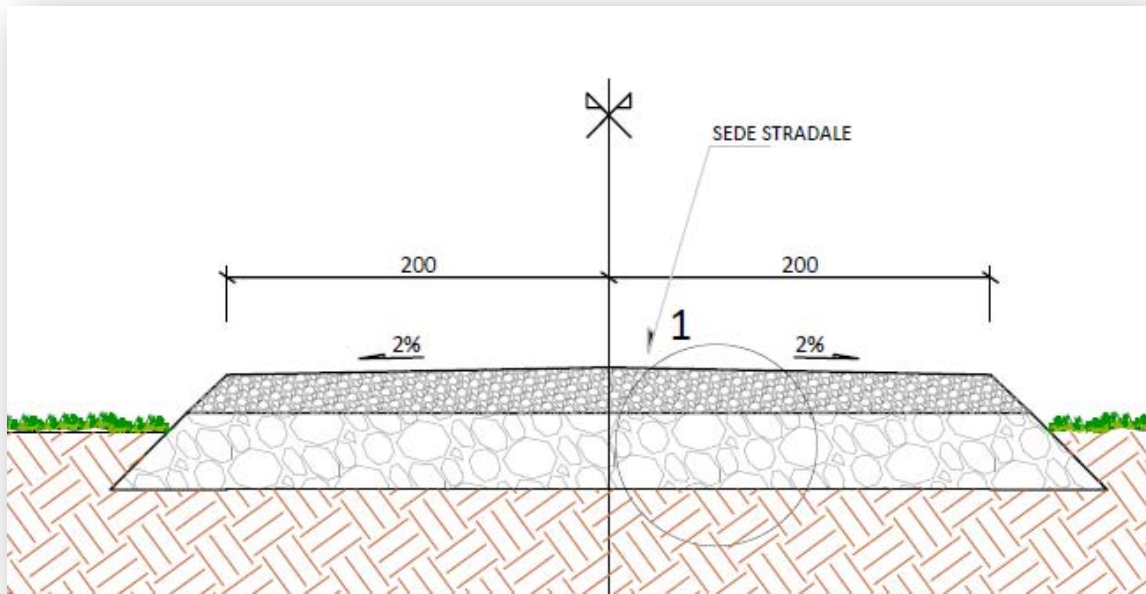


## 2.7 Viabilità interna

La viabilità interna al parco fotovoltaico è progettata per garantire il transito di automezzi sia in fase di costruzione che di esercizio dell'impianto.

Le nuove strade, realizzate in misto granulometrico stabilizzato al fine di escludere l'impermeabilizzazione delle aree e quindi garantire la permeabilità della sede stradale, avranno le larghezze della carreggiata carrabile minima di 4,00 m con livelletta che segue il naturale andamento del terreno senza quindi generare scarpate di scavo o rilevato.

Il pacchetto stradale dei nuovi tratti di viabilità sarà composto da uno strato di idoneo spaccato granulometrico proveniente da rocce o ghiaia, posato con idoneo spessore, mediamente pari a 30 cm, realizzato mediante spaccato 0/50 idoneamente compattato, previa preparazione del sottofondo mediante rullatura e compattazione dello strato di coltre naturale.



## 2.9 Tempi, modalità e costi di realizzazione e dismissione

In merito ai tempi, alle modalità ed ai costi di realizzazione e dismissione dell'impianto si rimanda agli specifici elaborati allegati al presente progetto definitivo. La seguente tabella riporta un quadro riassuntivo:

Tav. A.5	Relazione tecnica impianto fotovoltaico	19 di 29
----------	---	----------

<i>Tempi stimati per progettazione esecutiva, la realizzazione e la messa in esercizio dell'impianto (come da cronoprogramma)</i>	<b>12 mesi</b>
<i>Costo stimato di realizzazione dell'impianto (come da quadro economico)</i>	<b>€ 11'749'499,39</b>
<i>Tempi stimati per la dismissione dell'impianto (come da cronoprogramma piano di dismissione)</i>	<b>9 mesi</b>
<i>Costo stimato di dismissione dell'impianto (come da computo metrico opere di dismissione)</i>	<b>€ 400'617,32</b>

### 3. Dimensionamento dell'impianto

#### 3.1 Sito di installazione

Il sito di installazione è ubicato in agro del Comune di Matera (MT) in un'area prevalentemente pianeggiante raggiungibile dalla rete viaria esistente. Detto terreno, suddiviso in cinque aree recintate, sviluppa una superficie catastale di Ha **49.79.38**.

#### 3.2 Potenza totale

La potenza nominale dell'Impianto FV complessivo sarà pari a **19.975,2 kWp**, costituiti da n. 5 campi fotovoltaici collegati tra loro tramite cavidotti interrati in media tensione.

#### 3.3 Dati di irraggiamento

L'intensità della radiazione solare può essere misurata direttamente sul terreno (almeno con intervalli di registrazione oraria) mediante sensori specifici, di qualità elevata, calibrati e puliti regolarmente. Per ottenere una popolazione di dati adeguata andrebbero eseguite misurazioni per almeno 10 anni continuativi.

In realtà, il numero di misure di radiazione a terra che soddisfano tutti questi criteri è relativamente basso e le stazioni sono spesso distanti tra loro, per questi motivi è diventato sempre più comune utilizzare i dati satellitari per stimare la radiazione solare in arrivo sulla superficie terrestre.

Principalmente questi metodi utilizzano i dati dei satelliti meteorologici geostazionari. I vantaggi dell'utilizzo di tali dati sono:

- disponibilità dei dati in tutta l'area coperta dalle immagini satellitari;
- disponibilità delle serie storiche di almeno 30 anni.

Lo svantaggio dell'uso dei dati satellitari è che la radiazione solare a livello del suolo deve essere calcolata utilizzando un numero di algoritmi matematici piuttosto complicati che utilizzano non solo dati satellitari ma anche dati sul vapore acqueo atmosferico, aerosol (polvere, particelle) e ozono. Alcune condizioni possono far perdere precisione ai calcoli, ad esempio:

- neve che può essere scambiata per nuvole
- tempeste di polvere che possono essere difficili da rilevare nelle immagini satellitari

I satelliti geostazionari hanno anche la limitazione che non coprono le aree polari. Tuttavia, la precisione dei dati delle radiazioni solari satellitari è ora generalmente molto buona.

Un'altra fonte di stime della radiazione solare è fornita da Climate Reanalysis Data. I dati di rianalisi sono calcolati utilizzando modelli di previsioni meteorologiche numeriche, rieseguendo i modelli per il passato e apportando correzioni utilizzando le misurazioni meteorologiche note. L'output dei modelli è un gran numero di quantità meteorologiche, che spesso includono l'irradiamento solare a livello del suolo. Molti di questi set di dati hanno una copertura globale, comprese le aree polari dove i metodi satellitari non hanno dati. Gli svantaggi di questi insiemi di dati sono che essi hanno per lo più una bassa risoluzione spaziale (un valore ogni 30 km o più) e che l'accuratezza dei valori della radiazione solare in genere non è buona come quella dei dati della radiazione solare satellitare nelle aree coperte da entrambi i tipi di set di dati.

I metodi usati per calcolare la radiazione solare da satellite sono stati descritti in numerosi documenti scientifici ( Mueller et al., 2009 , Mueller et al., 2012 , Gracia Amillo et al., 2014 ). Il primo passo nel calcolo è usare le immagini satellitari per stimare l'influenza delle nuvole sulla radiazione solare. Le nuvole tendono a riflettere la luce solare in arrivo, in modo che meno radiazioni arrivino a terra.

La riflettività delle nuvole viene calcolata osservando lo stesso pixel dell'immagine satellitare alla stessa ora ogni giorno di un mese. Il metodo presume quindi che il pixel più scuro del mese sia quello che corrisponde al cielo sereno (senza nuvole). Per tutti gli altri giorni, la riflettività della nuvola viene quindi calcolata

relativamente al giorno di cielo sereno. Questo è fatto per tutte le ore del giorno. In questo modo è possibile calcolare *un'albedo nuvola efficace*.

In una seconda fase il metodo calcola la radiazione solare in condizioni di cielo sereno usando la teoria del trasferimento radiativo nell'atmosfera insieme con i dati su quanti aerosol (polvere, particelle, ecc.) Ci sono nell'atmosfera e concentrazione di vapore acqueo e ozono, entrambi i quali tendono ad assorbire radiazioni a particolari lunghezze d'onda. La radiazione totale viene quindi calcolata dalla nube albedo e dall'irradiazione del cielo chiaro.

Un elemento determinante per la stima è rappresentato dalle ombre portate dalla conformazione del terreno. Infatti, in presenza di colline o montagne ci possono essere momenti in cui la posizione del sole è tale per cui la radiazione sarà ridotta rispetto a quella proveniente dal cielo o dalle nuvole. Questo elemento è esaminato mediante il diagramma dell'orizzonte che rappresenta appunto il percorso solare correlato alla presenza di ostacoli che generano ombreggiamenti.

Stimato il valore di irradiazione globale e del fascio su un piano orizzontale è necessario determinare i valori di irradianza sui moduli fotovoltaici inclinati con un determinato angolo (fisso o a sistemi di tracciamento) rispetto all'orizzontale.

Pertanto, i valori di irradianza rilevati dal satellite non sono rappresentativi della radiazione solare disponibile sulla superficie del modulo e diventa necessario stimare l'irradiazione nel piano.

Esistono diversi modelli nella bibliografia scientifica che utilizzano come dati di input i valori di irraggiamento sul piano orizzontale delle componenti di irradiazione globale e diffusa e / o del fascio, per stimare i valori del fascio e dei componenti diffusi su superfici inclinate. La somma di questi è l'irradiazione globale nel piano su una superficie inclinata.

L'irradiazione del raggio proviene direttamente dal disco solare, quindi il valore su una superficie inclinata può essere facilmente calcolato dal valore sul piano orizzontale semplicemente conoscendo la posizione del sole nel cielo e l'inclinazione e l'orientamento della superficie inclinata. Al contrario, la stima del componente diffuso su superfici inclinate non è così semplice, poiché è stata dispersa dai componenti dell'atmosfera e come risultato può essere descritta come proveniente dall'intera cupola del cielo.



Di seguito si riporta il tabulato di elaborazione restituito dal software PVSYST finalizzato alla stima della producibilità specifica dell'impianto fotovoltaico in progetto.

In relazione ai dati di input inseriti, delle perdite considerate ed a seguito dell'analisi svolta, si è stimata una producibilità specifica dell'impianto fotovoltaico pari a **1.919 kWh/kWp anno**.



PVSYST V6.79	New Developments srls (italy)		10/10/19	Pagina 1/5
<b>Sistema connesso in rete: Parametri di simulazione</b>				
<b>Progetto : BAS.21 MATERA</b>				
<b>Luogo geografico</b>		<b>lesce</b>	<b>Paese Italia</b>	
<b>Ubicazione</b>		Latitudine 40.71° N	Longitudine	16.70° E
Ora definita come		Ora legale Fuso orario TU+1	Altitudine	392 m
<b>Dati meteo:</b>		<b>lesce</b>	Meteonorm 7.2 (1986-2005), Sat=100% - Sintetico	
<b>Variante di simulazione : Tracker 2V - 9.5m</b>				
		Data di simulazione	10/10/19 17h50	
<b>Parametri di simulazione</b>		<b>Tipo di sistema</b>	<b>Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)</b>	
<b>Piano a inseguimento, asse inclinato</b>		Inclinazione asse	0°	Azimut asse 0°
Limitazioni di rotazione		Phi minimo	-60°	Phi massimo 60°
		Tracking algorithm	Astronomic calculation	
<b>Strategia Backtracking</b>		N. di eliostrati	580	Campo (array) identico
		Distanza eliostrati	9.50 m	Larghezza collettori 4.26 m
Angolo limite indetreggiamento		Limiti phi	+/- 6°	Fattore di occupazione (GCR) 44.8 %
<b>Modelli utilizzati</b>		Trasposizione	Perez	Diffuso Perez, Meteonorm
<b>Orizzonte</b>		Orizzonte libero		
<b>Ombre vicine</b>		Ombre lineari		
<b>Bisogni dell'utente :</b>		Carico illimitato (rete)		
<b>Caratteristiche campo FV</b>				
<b>Modulo FV</b>		Si-poly	<b>Modello CS3W-410P-AG 1500V HE</b>	
definizione customizzata dei parametri		Costruttore	Canadian Solar Inc.	
Numero di moduli FV		In serie	28 moduli	In parallelo 1740 stringhe
Numero totale di moduli FV		N. di moduli	48720	Potenza nom. unit. 410 Wp
Potenza globale campo		Nominale (STC)	<b>19975 kWp</b>	In cond. di funz. 18127 kWp (50°C)
Caratt. di funzionamento campo FV (50°C)		U mpp	989 V	I mpp 18320 A
Superficie totale		Superficie modulo	<b>107631 m²</b>	Superficie cella 96676 m²
<b>Inverter</b>		Modello	<b>SUN2000-185KTL-H1-40C-Preliminary-v0.2</b>	
definizione customizzata dei parametri		Costruttore	Huawei Technologies	
Caratteristiche		Tensione di funzionamento	500-1500 V	Potenza nom. unit. 175 kWac
				Potenza max. (=>30°C) 185 kWac
Gruppo di inverter		N. di inverter	101 unità	Potenza totale 17675 kWac
				Rapporto Pnom 1.13
<b>Fattori di perdita campo FV</b>				
Perdite per sporco campo			Fraz. perdite	2.0 %
Fatt. di perdita termica		Uc (cost) 37.7 W/m²K	Uv (vento)	0.0 W/m²K / m/s
Perdita ohmica di cablaggio		Res. globale campo 0.48 mOhm	Fraz. perdite	0.8 % a STC
LID - Light Induced Degradation			Fraz. perdite	0.8 %
Perdita di qualità moduli			Fraz. perdite	-0.2 %
Perdite per "mismatch" moduli			Fraz. perdite	1.0 % a MPP
Perdita disadattamento Stringhe			Fraz. perdite	0.10 %

### Sistema connesso in rete: Parametri di simulazione

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	1.000	1.000	0.990	0.930	0.740	0.000

**Fattori di perdita sistema**

perdita AC dei cavi dall'inverter al trafo	Tensione inverter	800 Vac tri		
	Conduttori: 3x20000.0 mm <sup>2</sup>	518 m	Fraz. perdite	1.5 % a STC
Trasformatore esterno	Perdita ferro (connesso 24h)	19726 W	Fraz. perdite	0.1 % a STC
	Perdite resistive/induttive	0.324 mOhm	Fraz. perdite	1.0 % a STC

**Perdite ausiliarie**                      Proporzionali alla potenza    5.0 W/kW.. dalla soglia di potenza    0.0 kW

PVSYST V6.79	New Developments srls (italy)	10/10/19	Pagina 3/5
--------------	-------------------------------	----------	------------

### Sistema connesso in rete: Definizione ombre vicine

**Progetto :** BAS.21 MATERA  
**Variante di simulazione :** Tracker 2V - 9.5m

<b>Parametri principali del sistema</b>	Tipo di sistema	<b>Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)</b>		
<b>Ombre vicine</b>	Ombre lineari			
Orientamento impostato, asse inclinato, Inclinazione asse	0°	Azimet asse	0°	
Moduli FV	Modello	CS3W-410P-AG 1500V HE	Pnom	410 Wp
Campo FV	Numero di moduli	48720	Pnom totale	<b>19975 kWp</b>
Inverter	SUN2000-185KTL-H1-40C-Preliminary-v0.2	Pnom	175 kW ac	
Gruppo di inverter	Numero di unità	101.0	Pnom totale	<b>17675 kW ac</b>
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)			

Prospettiva campo FV e area d'ombra circostante

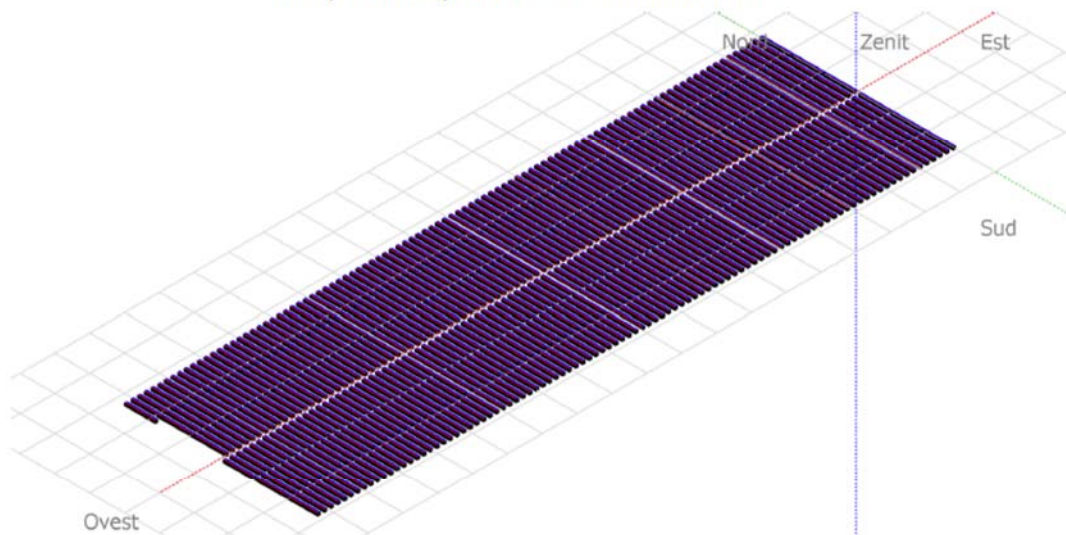
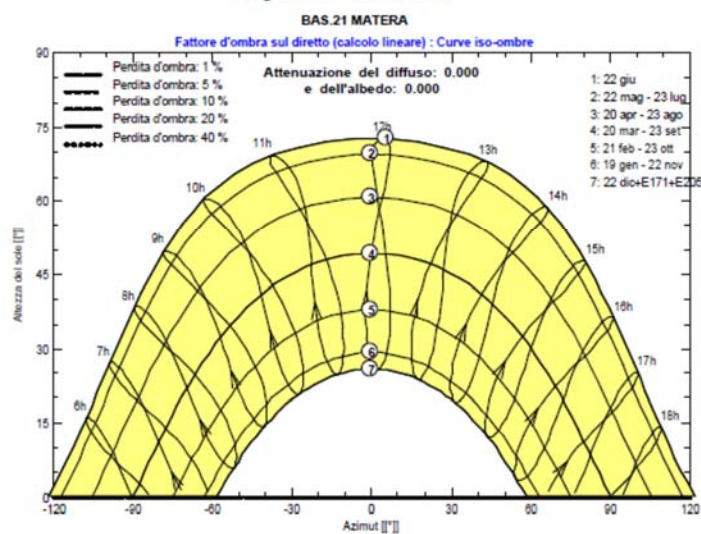


Diagramma iso-ombre



### Sistema connesso in rete: Risultati principali

**Progetto :** BAS.21 MATERA

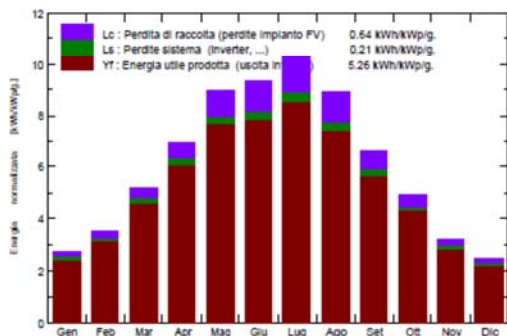
**Variante di simulazione :** Tracker 2V - 9.5m

Parametri principali del sistema	Tipo di sistema	Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)		
<b>Ombre vicine</b>	Ombre lineari			
Orientamento: <b>orientato</b> , asse inclinato, Inclinazione asse	0°	Azimut asse	0°	
Moduli FV	Modello	CS3W-410P-AG 1500V HE	Pnom	410 Wp
Campo FV	Numero di moduli	48720	Pnom totale	<b>19975 kWp</b>
Inverter	SUN2000-185KTL-H1-40C-Preliminary-v0.2	Pnom	175 kW ac	
Gruppo di inverter	Numero di unità	101.0	Pnom totale	<b>17675 kW ac</b>
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)			

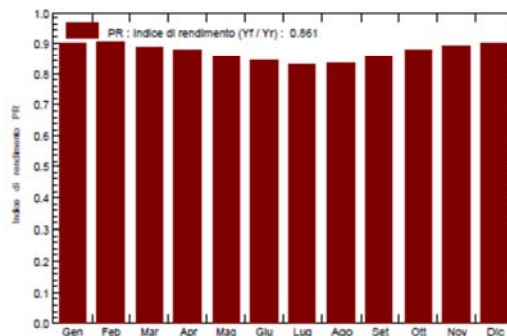
#### Risultati principali di simulazione

Produzione sistema      **Energia prodotta 38335 MWh/anno**      Prod. spec. 1919 kWh/kWp/anno  
Indice di rendimento PR      86.08 %

Produzione normalizzata (per kWp installato): Potenza nominale 19975 kWp



Indice di rendimento PR



#### Tracker 2V - 9.5m 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
Gennaio	64.1	27.82	6.15	85.0	79.4	1588	1532	0.902
Febbraio	76.6	34.15	6.21	98.8	92.7	1855	1790	0.907
Marzo	125.2	51.33	9.11	161.4	152.0	2975	2865	0.889
Aprile	162.0	58.16	12.05	208.7	197.5	3803	3658	0.877
Maggio	212.1	67.59	17.44	277.5	263.0	4934	4742	0.855
Giugno	215.5	67.53	21.84	279.3	264.9	4888	4698	0.842
Luglio	239.6	59.81	24.71	318.0	302.6	5499	5281	0.831
Agosto	207.6	57.50	24.36	275.2	261.5	4772	4586	0.834
Settembre	149.8	50.58	18.95	198.5	187.8	3535	3403	0.858
Ottobre	113.1	39.30	15.83	152.4	144.0	2765	2666	0.875
Novembre	73.4	29.78	10.92	97.2	91.1	1790	1726	0.889
Dicembre	56.0	21.30	7.63	77.2	72.1	1439	1387	0.900
Anno	1695.0	564.87	14.62	2229.4	2108.6	39844	38335	0.861

Legenda:	GlobHor	Irraggiamento orizz. globale	GlobEff	Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre
	DiffHor	Irraggiamento diffuso orizz.	EArray	Energia effettiva in uscita campo
	T_Amb	Temperatura ambiente	E_Grid	Energia iniettata nella rete
	GlobInc	Globale incidente piano coll.	PR	Indice di rendimento

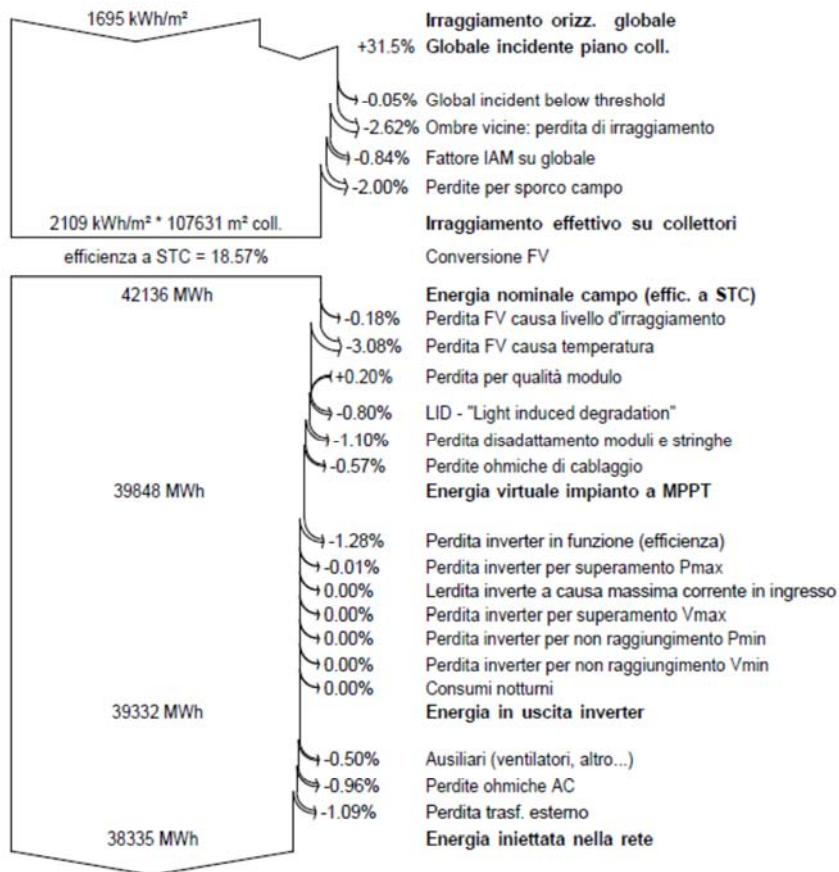
### Sistema connesso in rete: Diagramma perdite

**Progetto :**                    **BAS.21 MATERA**

**Variante di simulazione :**    **Tracker 2V - 9.5m**

Parametri principali del sistema	Tipo di sistema	Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)		
<b>Ombre vicine</b>	Ombre lineari			
Orientamento campo PV, asse inclinato, Inclinazione asse	0°	Azimet asse	0°	
Moduli FV	Modello	CS3W-410P-AG 1500V HE	Pnom	410 Wp
Campo FV	Numero di moduli	48720	Pnom totale	<b>19975 kWp</b>
Inverter	SUN2000-185KTL-H1-40C-Preliminary-v0.2	Pnom		175 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità	101.0	Pnom totale	<b>17675 kW ac</b>
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)			

Diagramma perdite sull'anno intero



### 3.4 Sistema di orientamento

Sistema di orientamento mobile ad inseguimento solare monoassiale di rollio (rotazione intorno all'asse nord-sud) con rotazione intorno all'asse nord-sud.

### 3.5 Previsione di produzione energetica

Dai dati soprariportati la produzione di energia elettrica stimata al netto delle perdite è quantificata in **38.335** MWh/anno.

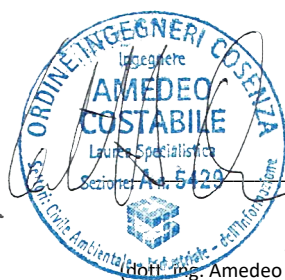
## 4. Criteri di scelta delle soluzioni impiantistiche di protezione contro i fulmini

In riferimento all'individuazione e classificazione del volume da proteggere, in accordo alle norme CEI 81-10 1/2/3/4 e CEI 82-4, il generatore fotovoltaico viene protetto contro gli effetti prodotti da sovratensioni indotte a seguito di scariche atmosferiche utilizzando scaricatori del tipo SPD di classe II sul lato DC da posizionare dentro i quadri di campo.

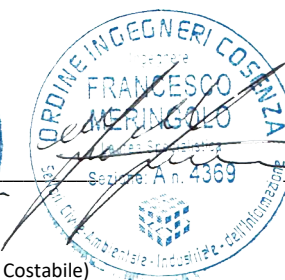
I progettisti



(dott. ing. Giovanni Guzzo Foliaro)



(dott. ing. Amedeo Costabile)



(dott. ing. Francesco Meringolo)