

**PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO  
CON POTENZA NOMINALE DI 38,3 MW<sub>p</sub>  
DA REALIZZARE IN CONTRADA ZAFFARANA  
NEL COMUNE DI TRAPANI (TP)  
DENOMINATO "ZAFFARANA 38"**



**REL.RTA**  
**Relazione Tecnica (Appendice)**

Project Manager	 <p>Soluzioni Tecniche Multidisciplinari</p> <p>Via Giovanni Campolo, 92 90145 - Palermo Tel. 091-6818075 info@stmingegneria.it</p> <p><u>TEAM di Progettazione:</u> Ing. Davide Baldini Ing. Maurizio Savi Ing. Giovanni Termini Ing. Vincenzo Chiarelli Ing. Andrea Garramone Ing. Luca Argano</p>	<p align="center">Ing. Giuseppe Meli Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo N. 5355</p>  	Consulenze Specialistiche	 <p><b>TecSolis S.p.A.</b> via Baraggino snc (Ex Cav) 10034 - Chivasso (TO) tel. 011-9173881 Email: <a href="mailto:info@tecsolis.com">info@tecsolis.com</a> P.IVA 09657340015</p> <p align="center"><i>Ing. V. Chiarelli Ing. A. Garramone</i></p>	 <p><b>Green Future S.r.l.</b> Corso Calatafimi, 421 90129 - Palermo tel. 091 - 8776799 email: <a href="mailto:g.filiberto@greenfuture.it">g.filiberto@greenfuture.it</a> P.IVA e C.F. 06004500820</p>
	Visto Ente				
Rev.	Data	Descrizione	Preparato	Controllato	Approvato
0	05/09/2021	Prima emissione per richiesta autorizzazione			
1	26/01/2024	Introduzione zona di rispetto del vincolo boschivo	<i>C. Piazza</i>	<i>D. Baldini</i>	<i>G. Meli</i>

**PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO**  
**CON POTENZA NOMINALE 38,3 MWp**  
**DA REALIZZARE NEL COMUNE DI TRAPANI (TP)**  
**DENOMINATO "Zaffarana 38"**

**RELAZIONE TECNICA**

**GENERALE**

**Appendice**

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO “Zaffarana 38”          COMUNE DI TRAPANI (TP)</b>	<b>Codice: REL.RT</b>	
	<b>RELAZIONE TECNICA GENERALE          Appendice</b>	Rev.: 00	Pag.: 2 / 17

## SOMMARIO

PREMESSA	3
DESCRIZIONE DELL’IMPIANTO FOTOVOLTAICO	4
MODULI FOTOVOLTAICI	5
CAVI ELETTRICI	7
Cavi solari di stringa	7
Cavi MT	7
GRUPPI DI CONVERSIONE DC/AC	8
CENTRO STELLA	11
DEFINIZIONE DEL LAYOUT DI IMPIANTO	12
STRUTTURE DI SOSTEGNO	13
CALCOLO DELLA PRODUCIBILITÀ ENERGETICA DELL’IMPIANTO	16
EMISSIONI EVITATE DI CO <sub>2</sub>	16
OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	17
CONCLUSIONI	17

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO “Zaffarana 38”          COMUNE DI TRAPANI (TP)</b>		<b>Codice: REL.RT</b>	
	<b>RELAZIONE TECNICA GENERALE</b> <b>Appendice</b>		Rev.: 00	Pag.: 3 / 17

## PREMESSA

La presente relazione è da considerare come appendice alla “Relazione Tecnica Generale” di progetto ed ha lo scopo di illustrare le modifiche intervenute consistenti nell’aggiornamento del layout resosi necessario per tenere conto della reintroduzione delle zone di rispetto dei boschi e delle fasce forestali; tali zone, introdotte con Legge della Regione Siciliana n. 16 del 6 aprile 1996 venivano di fatto eliminate dalla legge della Regione Siciliana n. 2 del 3 Febbraio 2021.

Quest’ultima norma veniva impugnata dal Consiglio dei Ministri di fronte alla Corte Costituzionale che con sentenza n. 135 del 26 Aprile del 2022 (G.U. 8 giugno 2022) reintroduceva le zone di rispetto dei boschi e delle fasce forestali.

Alla data di presentazione dell’istanza VIA, avvenuta in data 6 ottobre 2021, le predette zone di rispetto non erano vigenti e il progetto presentato a suo tempo non teneva conto delle stesse. Vista la loro reintroduzione questa società ha deciso di modificare il lay-out d’impianto, liberando la fascia di rispetto del bosco dai pannelli fotovoltaici con conseguente riduzione della potenza nominale dello stesso. In tale lay-out inoltre sono stati previsti moduli da 635Wp invece dei 580Wp, utilizzati nel progetto originario (ormai difficilmente reperibili sul mercato), che presentano caratteristiche geometriche simili, pertanto, non si è reso necessario modificare né le strutture dei tracker né la loro disposizione. La nuova potenza nominale in corrente continua dell’impianto risulta pari a circa 34,20 MWp.

Alla luce di quanto sopra la società ha provveduto ad aggiornare il layout limitandosi alla rimozione dei tracker ricadenti all’interno della fascia di rispetto e in conseguenza della riduzione di potenza sono stati aggiornati i seguenti elaborati:

- Schema elettrico unifilare (EPD.SEU)
- Layout impianto con cavi, inverter e cabine di trasformazione (EPD.QIT)

La modifica di tali elaborati si è resa necessaria in quanto le caratteristiche elettriche del modulo fotovoltaico sono cambiate (rimanendo invariate quelle geometriche) e pertanto si è reso necessario rivedere il dimensionamento elettrico dell’impianto.

Si precisa che rimangono invariate tutte le altre caratteristiche geometriche dell’opera quali ad esempio tipologia e lunghezza dei tracker, caratteristiche degli inverter e delle cabine di trasformazione MT/bt; rimangono altresì invariate le opere necessarie per la connessione alla RTN.

## DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Nella nuova configurazione di impianto la generazione dell'energia elettrica è effettuata utilizzando moduli di potenza nominale pari a 635Wp che sono formati da 156 celle fotovoltaiche (ovvero 2x78 celle) in silicio monocristallino collegate in serie. Il rendimento di tali moduli fotovoltaici è pari al 22,72%, superiore quindi rispetto a quello previsto nel progetto originario pari al 21,21%.

La tensione presente ai capi di un pannello solare, nel punto di massima potenza è pari a 46,12 V (Valori STC).

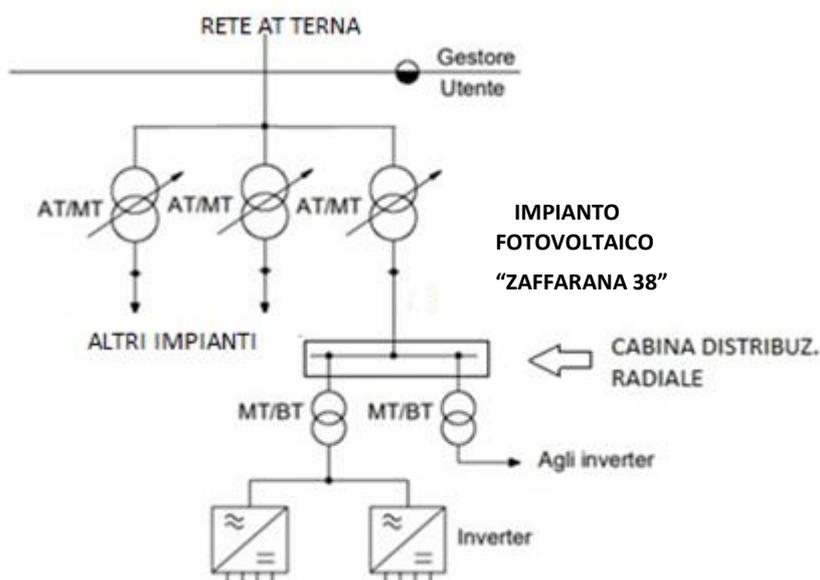
I moduli fotovoltaici verranno installati su sistemi ad inseguimento (tracker) monoassiale con inseguitori di rollio. I trackers saranno fissati al suolo mediante pali infissi nel terreno senza utilizzo di calcestruzzo.

Collegando più moduli fotovoltaici in serie si ottengono le "stringhe" di moduli, le quali vengono poi collegate in parallelo tramite quadri di parallelo denominati "String Box".

Mediante cavi in corrente continua l'energia elettrica prodotta viene convogliata dalle String Box ai gruppi di conversione che saranno del tipo distribuito; gli inverter per la conversione da corrente continua a corrente alternata saranno ubicati in prossimità dei tracker e saranno collegati alle cabine di trasformazione distribuite all'interno della centrale fotovoltaica. Ciascuna delle 6 cabine di trasformazione è dotata di trasformatore elevatore in resina con rapporto di trasformazione 0,8 kV/30 kV. La potenza apparente dei trasformatori è 4,5 MVA. Per lo schema elettrico unifilare relativo alla sezione bt ed MT si rimanda all'elaborato EPD.SEU mentre per il dimensionamento elettrico riferimento all'elaborato calcoli elettrici EPD.CE.

E' prevista la realizzazione di una cabina di parallelo MT (denominata anche cabina centro stella) dove si realizza il parallelo dei cavi MT provenienti dalle cabine di trasformazione e da cui parte la terna di cavi MT a 30 kV (sez. 800 mm<sup>2</sup>) per il collegamento alla sottostazione elettrica utente.

Si riportata di seguito lo schema semplificato dell'impianto di generazione.



All'interno dell'impianto e' presente anche una rete elettrica in bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari della centrale (illuminazione, forza motrice, azionamenti dei tracker e sistema di sorveglianza) ed una rete informatica realizzata in fibra ottica e/o RS485 per i sistemi di monitoraggio, controllo e videosorveglianza.

E' prevista la realizzazione di un locale ufficio/sala di controllo dove saranno alloggiati le apparecchiature del sistema di supervisione e controllo. Adiacente al locale uffici è previsto anche un magazzino per ricovero materiali e attrezzature riutilizzando un immobile esistente.

L'impianto di produzione è collegato alla sottostazione di trasformazione MT/AT (30/220kV) con una terna trifase di cavi MT da 800 mm<sup>2</sup> in alluminio (ARP1H5(AR)E singlecore 18/30 kV o equivalenti) eserciti a 30 kV. Tali cavi percorrono la strada di bonifica SB 025 e la provinciale SP8, come si evince dalle planimetrie su catastali, CTR e ortofoto allegate al presente progetto, raggiungono la sottostazione elettrica utente dove avviene la trasformazione da 30 kV a 220 kV, quest'ultima tensione di esercizio della RTN di Terna.

Il collegamento della sottostazione elettrica di utenza con la stazione elettrica di Terna denominata "Partanna 2", connessa sulla linea a 220 kV Partanna – Fulgatore, avverrà attraverso una terna di cavi AT (220 kV) interrati.

Per i dettagli sulle opere di connessione si rimanda all'allegato progetto delle opere di utente e di rete (Piano tecnico delle opere di connessione alla RTN).

Come precisato in premessa la rimozione dei tracker dalla fascia di rispetto del bosco e l'impiego di un modulo fotovoltaico con caratteristiche geometriche simili, ma con potenza e rendimento superior, ha portato ad una sensibile riduzione del numero degli stessi; si riporta di seguito una tabella di confronto tra il numero dei moduli del progetto originario e quelli della nuova versione da 635Wp:

Potenza Modulo [MWp]	N. moduli utilizzati	Dimensioni del modulo Lung x Largh x H [mm]	Potenza Nominale DC [MWp]
580Wp	65.988	2411 x 1134 x 35	38,3
635Wp	53.794	2465 x 1134 x 35	34,2

Come si evince dalla tabella, le modifiche rappresentate in premessa, hanno comportato una riduzione del numero dei moduli fotovoltaici pari 12.194

L'area impegnata dall'impianto (incluse le strade interne) sarà di circa 15 ettari.

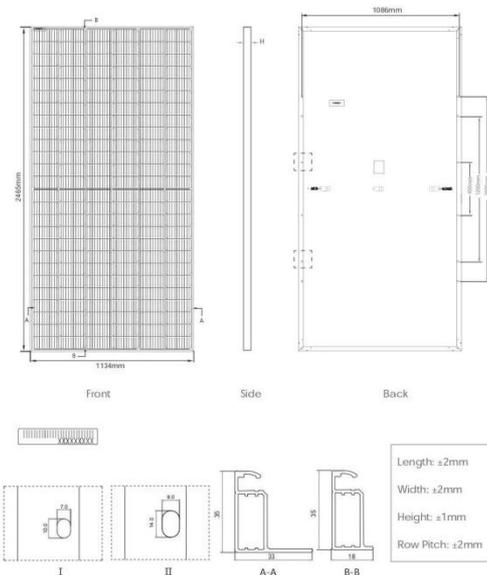
L'impianto fotovoltaico "Zaffarana 38" produrrà circa 66,7 GWh all'anno di energia elettrica (si rimanda al capitolo sul calcolo della produttività dell'impianto per un maggiore approfondimento).

Per maggiori approfondimenti sull'ubicazione delle cabine di trasformazione e della cabina centro stella si rimanda alla planimetria con ubicazione inverter e cavi bt ed MT (EPD.QIT) ed allo schema elettrico unifilare (EPD.SEU).

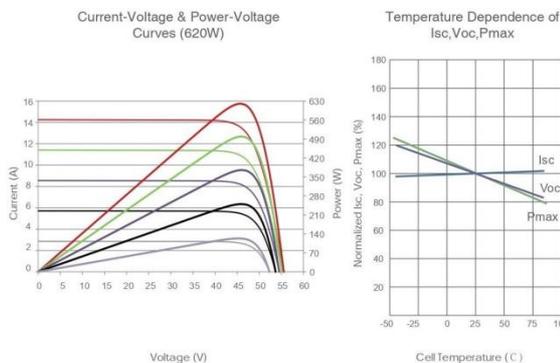
## MODULI FOTOVOLTAICI

Si riporta di seguito la scheda tecnica con le caratteristiche geometriche ed elettriche del modulo da 635Wp:

**Engineering Drawings**



**Electrical Performance & Temperature Dependence**



**Mechanical Characteristics**

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2×78)
Dimensions	2465×1134×35mm (97.05×44.65×1.38 inch)
Weight	30.6 kg (67.46 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm <sup>2</sup> (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

**Packaging Configuration**

( Two pallets = One stack )

31pcs/pallets, 62pcs/stack, 496pcs/ 40'HQ Container

**SPECIFICATIONS**

Module Type	JKM615N-78HL4		JKM620N-78HL4		JKM625N-78HL4		JKM630N-78HL4		JKM635N-78HL4	
	JKM615N-78HL4-V	JKM620N-78HL4-V	JKM625N-78HL4-V	JKM630N-78HL4-V	JKM635N-78HL4-V	JKM615N-78HL4-V	JKM620N-78HL4-V	JKM625N-78HL4-V	JKM630N-78HL4-V	JKM635N-78HL4-V
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	615Wp	462Wp	620Wp	466Wp	625Wp	470Wp	630Wp	474Wp	635Wp	478Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	45.69V	42.39V	45.79V	42.50V	45.92V	42.61V	46.02V	42.72V	46.12V	42.83V
Maximum Power Current (Imp)	13.46A	10.91A	13.54A	10.97A	13.61A	11.03A	13.69A	11.09A	13.75A	11.15A
Open-circuit Voltage (Voc)	55.40V	52.62V	55.55V	52.77V	55.70V	52.91V	55.85V	53.05V	56.00V	53.19V
Short-circuit Current (Isc)	14.18A	11.45A	14.25A	11.50A	14.32A	11.56A	14.39A	11.62A	14.46A	11.67A
Module Efficiency STC (%)	22.00%		22.18%		22.36%		22.54%		22.72%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	30A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficient of Pmax	-0.29%/°C									
Temperature coefficient of Voc	-0.25%/°C									
Temperature coefficient of Isc	0.045%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

\*STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup> Cell Temperature 25°C AM=1.5  
 NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup> Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO “Zaffarana 38”          COMUNE DI TRAPANI (TP)</b>		<b>Codice: REL.RT</b>	
	<b>RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>		Rev.: 00	Pag.: 7 / 17
<b>Appendice</b>				

## CAVI ELETTRICI

### Cavi solari di stringa

I moduli fotovoltaici sono collegati tra di loro in serie costituendo le stringhe.

Ogni stringa è composta da 26 moduli, la tensione di lavoro è prossima a 1000V (è funzione dei valori di irraggiamento istantaneo e della temperatura esterna) e si possono raggiungere tensioni di stringa prossime ai 1500Vdc, in condizioni di carico nullo.

Per la formazione delle stringhe di pannelli saranno utilizzati cavi di tipo solare che possono avere una sezione variabile da 6 a 10 mm<sup>2</sup>. in funzione della distanza del collegamento). I cavi saranno collegati ai moduli tramite appositi connettori (tipo MC4). I cavi solari di stringa sono alloggiati all'interno del profilato della struttura e interrati per brevi tratti (tra inizio vela e quadro DC di parallelo). Saranno del tipo H1Z2Z2-K o equivalenti (rame o alluminio) indicati per interconnessioni dei vari elementi degli impianti fotovoltaici. Si tratta di cavi unipolari flessibili con tensione nominale 1500 V c.c. per impianti fotovoltaici con isolanti e guaina in miscela reticolata a basso contenuto di alogeni testati per durare più di 25 anni. Essi sono adatti per l'installazione fissa all'esterno ed all'interno, senza protezione o entro tubazioni in vista o incassate.

Nel caso specifico il dimensionamento prevede che per ciascun inverter sono collegate da un minimo di 18 stringhe ad un massimo di 23.

Le sezioni dei cavi in corrente alternata in uscita da ciascun inverter è di 3x(1x240) mm<sup>2</sup> in alluminio e sono del tipo ARG16R16 0.6/1kV.

Per maggiori approfondimenti si rimanda all'elaborato “EPD.SEU - Schema elettrico unifilare”.

### Cavi MT

Le n.6 cabine di trasformazione bt/MT sono collegate al centro stella attraverso cavi MT. Il sistema utilizzato è di tipo radiale.

Nella planimetria (elaborato EPD.QIT - Planimetria con ubicazione tracker, cabine e cavi di collegamento) è riportata l'ubicazione dei tracker che ospitano i moduli fotovoltaici e i cavi di collegamento delle cabine di trasformazione con la cabina centro stella.

I cavi MT utilizzati per tali collegamenti sono eserciti a 30 kV ed hanno una sezione di 90 mm<sup>2</sup>. Saranno realizzati con adeguata protezione meccanica tale da consentire la posa direttamente interrata senza la necessità di prevedere protezioni meccaniche supplementari. La posa dei cavi è prevista ad una profondità minima di 1,2 m e in formazione a trifoglio.

I collegamenti tra il Centro Stella e la sottostazione elettrica utente sarà realizzati mediante una terna di cavi MT, eserciti a 30 kV, di sezione 800 mm<sup>2</sup>. Saranno posati realizzati con adeguata protezione meccanica tale da consentire la posa direttamente interrata senza la necessità di prevedere protezioni meccaniche supplementari. La posa dei cavi è prevista ad una profondità minima di 1,2 m e in formazione a trifoglio.

Si riportano di seguito le principali caratteristiche tecniche dei cavi MT che saranno utilizzati.

- Tipo: Unipolari/Tripolari ad elica visibile
- Materiale conduttore: Alluminio
- Materiale isolante: XLPE
- Schermo metallico: Alluminio
- Guaina esterna: PE resistente all'urto (adatti alla posa direttamente interrata)
- Tensione nominale: (Uo/U/Um): 18/30/36 kV
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Sezione: 90/800 mm<sup>2</sup>

Il dimensionamento dei cavi è stato eseguito sulla base delle norme CEI, secondo i criteri di portata, corto circuito, e massima caduta di tensione. In particolare, considerazioni economiche hanno portato a scegliere per le connessioni in MT un livello di tensione pari a 30 kV.

Negli schemi elettrici unifilari sono riportate le sezioni di tutti i cavi elettrici sia in continua che in alternata.

Per i calcoli elettrici si rimanda alla "Relazione con il calcolo dei circuiti elettrici".

Per la verifica dei campi elettromagnetici si rimanda alle due relazioni sull'esposizione ai campi elettromagnetici generati da linee ed apparecchiature bt, MT e AT allegate al progetto originario.

## GRUPPI DI CONVERSIONE DC/AC

### INVERTER DISTRIBUITI

Ogni gruppo di conversione è costituito da un inverter con potenza nominale AC pari a 250 kVA @30°C. Il gruppo converte l'energia elettrica, da corrente continua in corrente alternata a frequenze di rete. Tali inverter a gruppi, da un minimo di 4 ad un massimo di 10, sono posti in parallelo sul lato bt delle cabine di trasformazione.

Il trasformatore permette di elevare la tensione da 0,8 kV a 30 kV, per trasportare l'energia con minori perdite di sistema. Le principali caratteristiche dei gruppi di conversione impiegati si possono così riassumere:

#### ELEVATO RENDIMENTO

- 12 MPPT con max. efficienza 99%
- Compatibile con il modulo bifacciale
- Funzione ripristino Anti-PID e PID integrato

#### SMART O&M

- Messa in servizio gratuita e aggiornamento firmware da remoto
- Scansione e diagnosi della curva V-I
- Design senza fusibili, monitoraggio con corrente di stringa intelligente
- Diagramma della curva di efficienza del sistema

#### BASSO COSTO

- *Compatibile con cavi AC Al e Cu*
- *Connessione DC 2 in 1 abilitata*
- *Comunicazione su linea elettrica (PLC)*
- *funzione Q di notte*

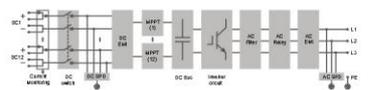
#### PROVEN SAFETY

- *Protezione I P66 e C 5*
- *SPD di tipo II per DC e AC*
- *Conforme alla sicurezza globale e al codice di rete*

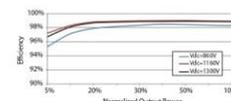
Si riportano di seguito le caratteristiche degli inverter distribuiti all'interno della centrale fotovoltaica:



CIRCUIT DIAGRAM



EFFICIENCY CURVE



Type designation	SG250HX
<b>Input (DC)</b>	
Max. PV input voltage	1500 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	600 V / 600 V
Nominal PV input voltage	1160 V
MPP voltage range	600 V – 1500 V
MPP voltage range for nominal power	860 V – 1300 V
No. of independent MPP inputs	12
Max. number of input connectors per MPPT	2
Max. PV input current	26 A * 12
Max. current for input connector	30 A
Max. DC short-circuit current	50 A * 12
<b>Output (AC)</b>	
AC output power	250 kVA @ 30 °C / 225 kVA @ 40 °C / 200 kVA @ 50 °C
Max. AC output current	180.5 A
Nominal AC voltage	3 / PE, 800 V
AC voltage range	680 – 880V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
THD	< 3 % (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % I <sub>n</sub>
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging
Feed-in phases / connection phases	3 / 3
<b>Efficiency</b>	
Max. efficiency	99.0 %
European efficiency	98.8 %
<b>Protection</b>	
DC reverse connection protection	Yes
AC short circuit protection	Yes
Leakage current protection	Yes
Grid monitoring	Yes
Ground fault monitoring	Yes
DC switch	Yes
AC switch	No
PV String current monitoring	Yes
Q at night function	Yes
PID protection	Anti-PID or PID recovery
Overvoltage protection	DC Type II / AC Type II
<b>General Data:</b>	
Dimensions (W*H*D)	1051 * 660 * 363 mm
Weight	95kg
Isolation method	Transformerless
Ingress protection rating	IP66
Night power consumption	< 2 W
Operating ambient temperature range	-30 to 60 °C
Allowable relative humidity range (non-condensing)	0 – 100 %
Cooling method	Smart forced air cooling
Max. operating altitude	4000 m (> 3000 m derating)
Display	LED, Bluetooth+APP
Communication	RS485 / PLC
DC connection type	Amphenol UTX (Max. 6 mm <sup>2</sup> )
AC connection type	OT terminal (Max. 300 mm <sup>2</sup> )
Compliance	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N 4110-2018, VDE-AR-N 4120-2018, IEC 61000-6-3, EN 50549, UNE 206007-1:2013, P.O.12.3, UTE C15-712-1:2013
Grid Support	Q at night function, LVRT, HVRT, active & reactive power control and power ramp rate control

\*: Only compatible with Sungrow logger and iSolarCloud

Gli inverter scelti in progetto sono di tipo distribuito, posti in parallelo sul quadro bt delle cabine di trasformazione; sono ubicati in prossimità dei tracker ove possibile in prossimità delle strade interne per facilitare la manutenzione. La potenza massima lato AC di ciascun inverter è di 250 kVA @ 30°C.

Ogni inverter è dotato di idonei dispositivi di sezionamento e protezione sia lato corrente continua che alternata.

Sono previsti complessivamente n. 100 inverter.

Il trasformatore elevatore, con tensione in uscita di 30 kV, è con isolamento in resina.

Nella cabine sono presenti anche i dispositivi di sezionamento e protezione ed i sensori di temperatura.

Le 6 cabine di trasformazione bt/MT permettono il trasferimento dell'energia prodotta alla cabina di raccolta o parallelo MT (denominata Centro Sella).

All'interno delle cabine MT/bt trovano collocazione le seguenti apparecchiature:

- Quadro bt per l'alimentazione dei servizi ausiliari (forza motrice, illuminazione, ecc.);
- Contatori per la misura dell'energia prodotta a valle della sezione inverter;
- Gruppo di continuità per alimentazione degli ausiliari inverter e dei sistemi di monitoraggio;
- Trasformatore di tensione per alimentazione ausiliari.
- Sistemi di monitoraggio, supervisione e controllo
- Trasformatore elevatore 0,8 / 30 kV
- Quadro MT

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa della configurazione di impianto:

<b>Cabina bt/MT</b>	<b>trasformatore</b>	<b>n. inverter</b>	<b>n. stringhe</b>	<b>n. moduli</b>
1	TX1	6	122	3.172
2	TX2	6	122	3.172
3	TX3	6	121	3.146
	TX4	6	121	3.146
4	TX5	8	152	3.952
	TX6	4	80	2.080
	TX7	10	185	4.810
5	TX8	9	177	4.602
	TX9	9	180	4.680
	TX10	6	126	3.276
6	TX11	10	230	5.980
	TX12	10	230	5.980
	TX13	10	223	5.798
<b>Totale</b>	<b>13</b>	<b>100</b>	<b>2.069</b>	<b>53.794</b>

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO “Zaffarana 38”          COMUNE DI TRAPANI (TP)</b>		<b>Codice: REL.RT</b>	
	<b>RELAZIONE TECNICA GENERALE</b> <b>Appendice</b>		Rev.: 00	Pag.: 11 / 17

## CENTRO STELLA

Nell’impianto agro fotovoltaico “Zaffarana 38” è presente una cabina centro stella alla quale arrivano i cavi MT provenienti dalle n.6 cabine di trasformazione bt/MT 0,8 kV/30 kV. La cabina centro stella oltre a contenere i le celle MT, ha anche la funzione di centralizzare i sistemi di raccolta dei dati di produzione dell’energia (telecomunicazioni)

All’interno della cabine centro stella sono ubicate le seguenti apparecchiature:

- Celle di arrivo MT dalla SSE utente
- Celle MT di protezione dei cavi MT collegati alle cabine di trasformazione
- Quadri bt per l’alimentazione dei servizi ausiliari (forza motrice, illuminazione, ecc.);
- Contatori di ridondanza per la misura dell’energia prodotta a valle della sezione inverter;
- Gruppo di continuità per alimentazione degli ausiliari inverter e dei sistemi di monitoraggio;
- Trasformatore di tensione per alimentazione ausiliari;
- Sistemi di monitoraggio, supervisione e controllo;
- Sistemi tlc ridondanti di comunicazione.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO “Zaffarana 38”          COMUNE DI TRAPANI (TP)</b>		<b>Codice: REL.RT</b>	
	<b>RELAZIONE TECNICA GENERALE</b> <b>Appendice</b>		Rev.: 00	Pag.: 12 / 17

## DEFINIZIONE DEL LAYOUT DI IMPIANTO

Il layout dell’impianto fotovoltaico, ovvero, la disposizione delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici e delle apparecchiature elettriche nelle aree di progetto, è stato eseguito cercando di conciliare al meglio lo sfruttamento dell’energia solare con il rispetto dei vincoli paesaggistici e territoriali, tenendo in considerazione, al tempo stesso, l’attività futura di esercizio e manutenzione dell’impianto e delle aree agricole oltre che della fascia arborea perimetrale.

La disposizione delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici e delle apparecchiature elettriche all’interno dell’area, come si evince dal layout dell’impianto, è stata eseguita al fine di:

- ridurre al minimo i volumi di terreno da movimentare nel livellamento delle aree in relazione all’orografia del terreno;
- minimizzare gli interventi di adeguamento e di realizzazione di nuovi percorsi stradali per il transito dei mezzi di trasporto delle strutture durante la fase di costruzione grazie all’esistenza di una rete viaria buone condizioni.

Nella determinazione delle interdistanze delle strutture di sostegno si è tenuto al contempo conto della pendenza naturale del terreno, sempre per cercare ridurre al minimo i movimenti di terra ed al contempo evitare gli ombreggiamenti reciproci, minimizzando così la superficie occupata dall’impianto.

Per annullare l’impatto visivo sul territorio degli elettrodotti per il trasporto dell’energia elettrica prodotta dall’Impianto fotovoltaico si scelto di utilizzare cavi interrato. In particolare, Per il trasporto dell’energia dal parco fotovoltaico alla sottostazione elettrica utente sarà utilizzata una terna di cavi interrati a 30 kV posta ad una profondità minima di posa di 1,2 m. Anche per la connessione della sottostazione elettrica di utente con la stazione elettrica “Partanna 2” di Terna sarà utilizzato un cavo in alta tensione (220kV) interrato ad una profondità di 1,5 m.

Sulla base degli aspetti sopra considerati è stato definito un layout del parco fotovoltaico utilizzando strutture ad inseguimento monoassiale (ad “inseguimento di rollio”).

I moduli previsti hanno una potenza nominale di 635 Wp ( in luogo dei 580 Wp previsti nel progetto originario) e dimensioni 2465 x 1134 x 35 mm.

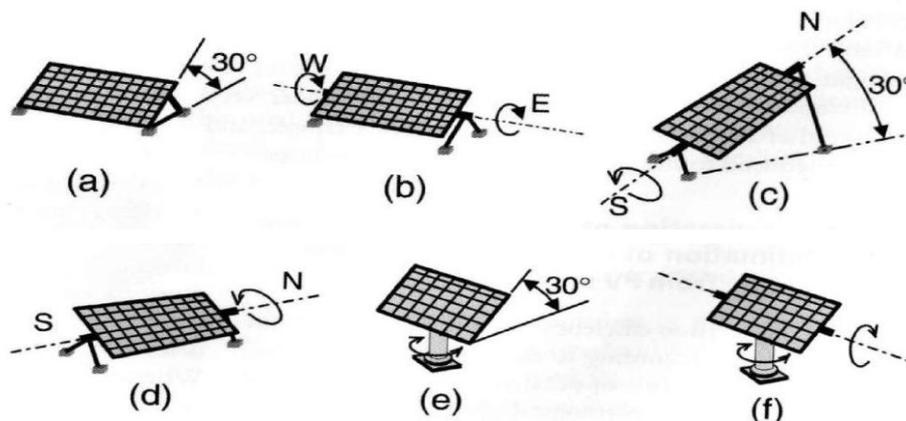
Le strutture di sostegno dei moduli saranno disposte in file parallele con asse lungo la direzione Nord-Sud, ad una distanza di interasse di 11 m. Le strutture ad inseguimento saranno equipaggiate con un sistema di inseguimento del sole che permetterà di ruotare la struttura porta moduli durante la giornata al fine di posizionare i pannelli nella migliore angolazione possibile rispetto ai raggi solari.

## STRUTTURE DI SOSTEGNO

Al fine di ottimizzare l'utilizzo delle aree occupate dall'impianto e massimizzare la produzione di energia elettrica si è scelto di utilizzare come struttura di fissaggio dei pannelli fotovoltaici un sistema ad inseguimento.

Gli inseguitori solari sono dei dispositivi che, attraverso opportuni movimenti meccanici, permettono di "inseguire" lo spostamento apparente del Sole nel cielo - o almeno di far orientare in maniera favorevole rispetto ai suoi raggi un modulo fotovoltaico.

Gli inseguitori solari sono in grado di offrire al modulo una libertà di movimento monoassiale o biassiale.



*Movimenti degli Inseguitori Solari Monoassiali (b,c,d) e Biassiali (e,f)*

I sistemi con miglior rapporto costo-benefici sono quelli monoassiali. possiamo distinguere quattro tipologie: inseguitori di tilt, inseguitori di rollio, inseguitori di azimut, inseguitori ad asse polare.

Di seguito viene mostrata una tabella riepilogativa che permette di confrontare l'incremento di resa in funzione del tipo di inseguitore scelto:

Classificazione	Tipologia di inseguitore	Incremento di produzione rispetto ad impianto fisso
monoassiale	Inseguitore di tilt	<10%
monoassiale	Inseguitore di rollio	15%
monoassiale	Inseguitore di azimut	25%
monoassiale	Inseguitore ad asse polare	30%
biassiale	Inseguitore azimut-elevazione	40%
biassiale	Inseguitore di tilt-rollio	40%

La scelta del sistema di inseguimento dipende da numerosi fattori, che includono le dimensioni e le caratteristiche sia della struttura sia del luogo di installazione, la latitudine e le condizioni meteorologiche e climatiche locali. Tipicamente, gli inseguitori biassiali vengono impiegati nei piccoli impianti residenziali e nei Paesi che godono di incentivi molto elevati. Invece, negli altri casi e per i grandi parchi fotovoltaici, risultano indicati gli inseguitori monoassiali di rollio per sfruttare i bassi costi, nonché, la semplicità e robustezza dell'installazione che permette grandi risparmi di scala a fronte di un miglioramento comunque interessante nella produzione di energia, che è rilevante soprattutto di pomeriggio. Gli inseguitori monoassiali di azimut, invece, sono adatti per le alte latitudini, dove il Sole non raggiunge altezze elevate nel cielo, quindi, non per l'Italia, dove un'ottima soluzione, considerata la sua economicità, può essere rappresentata dagli inseguitori monoassiali di rollio.

Per le motivazioni sopra esposte, la scelta per il presente impianto è ricaduta sulla tipologia di inseguitori di rollio, di cui si riporta di seguito un'immagine.



Gli inseguitori di rollio si prefiggono di seguire il sole lungo la volta celeste nel suo percorso quotidiano, a prescindere dalla stagione di utilizzo. In questo caso l'asse di rotazione è nord-sud, mentre l'altezza del sole rispetto all'orizzonte viene ignorata.

Questi inseguitori sono particolarmente indicati per i paesi a bassa latitudine (Italia compresa, specialmente al sud), in cui il percorso del sole è mediamente più ampio durante l'anno. La rotazione richiesta a queste strutture è più ampia del tilt, spingendosi a volte fino a  $\pm 60^\circ$ .

Questi inseguitori fanno apparire ogni fila di moduli fotovoltaici come uno spiedo orientato verso l'equatore. Una caratteristica avanzata di questi inseguitori è detta backtracking e risolve il problema degli ombreggiamenti che inevitabilmente le file di moduli fotovoltaici causano all'alba e al tramonto sollevandosi verso l'orizzonte.

Questa tecnica prevede che i servomeccanismi orientino i moduli in base ai raggi solari solo nella fascia centrale della giornata, ma invertano il tracciamento a ridosso di alba e tramonto.

La posizione notturna di un campo fotovoltaico con backtracking è perfettamente orizzontale rispetto al suolo, e dopo l'alba il disassamento dell'ortogonale dei moduli rispetto ai raggi solari viene progressivamente ridotto mano a mano che le ombre lo permettono. Prima del tramonto viene eseguita un'analogha procedura al contrario, riportando il campo fotovoltaico in posizione orizzontale per il periodo notturno. L'incremento nella produzione di energia offerto tali inseguitori si aggira intorno al 15%.

I sistemi monoassiali adottati (trackers) prevedono l'installazione di strutture di supporto dei moduli fotovoltaici realizzate in carpenteria metallica zincata.

Le file di trackers sono disposte lungo la direzione Nord-Sud su file parallele ed opportunamente distanziate tra di loro per evitare gli ombreggiamenti tra le file stesse. Nel progetto "Zaffarana 38" l'interasse tra i tracker è pari a 11 m; per ciascun tracker i moduli fotovoltaici sono disposti su due file. Sono presenti tracker con n. 3 differenti lunghezza e varie interdistanze che vanno da 4,5 m a 5,5 m.

Le strutture di supporto sono composte essenzialmente da:

- pali in acciaio zincato, direttamente infissi nel terreno: non è prevista alcuna opera di fondazione;
- struttura girevole che sorregge i moduli montata sulla sommità dei pali.

Sulle strutture portanti sono disposte due file di moduli fotovoltaici. Nel progetto sono previsti strutture con numero differente di moduli in funzione della lunghezza:

Nome tracker	Lunghezza [m]	N. moduli disposti su due file
Tracker 104	59,90	104
Tracker 78	44,50	78
Tracker 52	29,54	52

L'inseguitore monoassiale di rollio, necessario per la rotazione della struttura porta moduli, è costituito essenzialmente da un motore elettrico, gestito da un software, che tramite un rinvio collegato al profilato centrale della struttura di supporto consente la rotazione della struttura durante la giornata, posizionando i pannelli nella perfetta angolazione per rendere minima la deviazione dell'ortogonalità dei raggi solari incidenti, massimizzando così il rendimento delle celle e incrementando conseguentemente la produzione di energia elettrica.

Le strutture saranno opportunamente dimensionate per sopportare il peso dei moduli fotovoltaici, considerando il carico da neve e da vento della zona di installazione. La tipologia di struttura prescelta permette di conseguire un incremento di produzione del 15% rispetto ad un impianto fisso e rappresenta l'ottimo nel rapporto costi-benefici.

L'altezza dei pali di sostegno è stata fissata in modo tale che lo spazio libero tra il piano campagna ed i moduli, alla massima inclinazione, sia non inferiore a 0,5 e non superiore a 2,4 m. Di conseguenza, l'altezza massima raggiunta dai moduli in corrispondenza della massima inclinazione degli stessi non supera i 3,5 m.

Il disegno tipico delle strutture di sostegno è rappresentato nella Tavola: "EPD.P2 Particolari strutture di sostegno".

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO “Zaffarana 38”          COMUNE DI TRAPANI (TP)</b>	<b>Codice: REL.RT</b>	
	<b>RELAZIONE TECNICA GENERALE</b> <b>Appendice</b>	Rev.: 00	Pag.: 16 / 17

## CALCOLO DELLA PRODUCIBILITÀ ENERGETICA DELL'IMPIANTO

L'area ove è prevista la realizzazione dell'impianto presenta buone caratteristiche di irraggiamento orizzontale globale, stimato in circa 1770 kWh/m<sup>2</sup> per anno, che sul piano dei collettori raggiungerà il valore di 2200 kWh/m<sup>2</sup> per anno.

L'impianto fotovoltaico sarà in grado di produrre, in media, circa 1950 kWh/kW per anno. Questo dato è stato ricavato utilizzando le simulazioni ed il database del software PVSYS V6.86 che è considerato ormai uno standard ed è riconosciuto a livello internazionale quale strumento base per il dimensionamento di impianti fotovoltaici di tipo “grid connected”. Il calcolo di producibilità dell'impianto è stato eseguito considerando una potenza totale DC pari a:

$$P_{dc} \text{ totale} = 34,2 \text{ MWp}$$

L'energia annua prodotta dall'impianto è pari a:

$$1950 \text{ MWh/MWp/anno} \times 34,2 \text{ MWp} = 66,7 \text{ GWh/anno}$$

L'energia prodotta dall'impianto è in grado di soddisfare i consumi elettrici annuali di oltre 20.000 “famiglie tipo” residenti in Italia ; vedi GSE “La spesa energetica delle famiglie...” Ott. 2017.

## EMISSIONI EVITATE DI CO<sub>2</sub>

La sostituzione dell'energia prodotta da combustibili fossili con la produzione di energia fotovoltaica contribuisce alla riduzione di gas nocivi da combustione come anidride carbonica, metano ed ossidi di azoto, per cui, il beneficio che ne deriva può essere valutato come mancata emissione, ogni anno, di rilevanti quantità di inquinanti.

Per fare un esempio concreto, si pensi che il consumo energetico, per la sola illuminazione domestica in Italia, è pari a 7 miliardi di chilowattora. Per produrre un chilowattora elettrico vengono bruciati mediamente l'equivalente di 2,56 kWh sotto forma di combustibili fossili e di conseguenza emessi nell'aria circa 0,58 kg di anidride carbonica (fattore di emissione del mix elettrico italiano alla distribuzione). Si può dire quindi che ogni kWh prodotto dal sistema fotovoltaico evita l'emissione di 0,58 kg di anidride carbonica.

La tabella seguente riporta il calcolo dell'emissione evitate nel tempo di vita dall'impianto in oggetto.

Energia elettrica generata	Fattore mix elettrico italiano	Emissioni annue evitate	Vita dell'impianto	Emissioni evitate (*)
69.700.000 kWh	0,58 kg <sub>CO2</sub> /kWh	<b>40.426.000 kg<sub>CO2</sub></b>	20 anni	<b>808.520 ton<sub>CO2</sub></b>

(\*) Emissioni in atmosfera evitate nell'arco della vita dell'impianto

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO “Zaffarana 38”          COMUNE DI TRAPANI (TP)</b>		<b>Codice: REL.RT</b>	
	<b>RELAZIONE TECNICA GENERALE</b> <b>Appendice</b>		Rev.: 00	Pag.: 17 / 17

### Calcolo delle emissioni evitate

Se si considera che un albero adulto assorbe, per crescere, circa 7 kg di CO<sub>2</sub> ogni anno, per assorbire 40.426.000 kg di CO<sub>2</sub> occorrerebbero circa 5.775.143 alberi.

Per ottenere il pieno risultato ecologico si stima che la densità arborea di un'area boscata debba essere di circa 300 alberi per ettaro, pertanto possiamo affermare che **la realizzazione dell’Impianto Fotovoltaico “Zaffarana 38” equivarrebbe all’assorbimento di circa 19.250 ettari di bosco.**

Infine, considerando una produzione annua dell’impianto fotovoltaico pari a circa 69,7 GWh considerando che una tipica famiglia italiana di 4 persone necessita di 3.750 kWh all’anno, si può stimare l’impianto può soddisfare il fabbisogno energetico di 18.587 famiglie.

## OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN

---

Rimango invariate le opere di connessione alla RTN che prevedono il collegamento della sottostazione elettrica utente in antenna su stallo a 220 kV nella stazione elettrica denominata “Partanna 2”; tali opere sono descritte negli elaborati opere utente e opere di rete del progetto originario.

## CONCLUSIONI

---

In conclusione, è possibile affermare che l’impianto fotovoltaico “ZAFFARANA 38”, grazie alla semplice tecnologia adottata ed alla sua tipologia “retrofit” non apporterà alcun rischio ambientale, né altererà l’attuale fisionomia dei luoghi, sia dal punto di vista geologico che dal punto di vista ecologico. Le medesime considerazioni è possibile effettuarle per la nuova linea MT interrata che verrà realizzata al fine di immettere l’energia prodotta sulla RTN.

Per quanto esposto e analizzato in questa appendice si può ragionevolmente concludere che l’introduzione della fascia di rispetto del vincolo boschivo e l’impiego dei moduli da 635 Wp (in luogo dei 580 Wp) non modificano sostanzialmente le caratteristiche del progetto in termini di raggiungimento degli obiettivi di produzione di energia da fonte rinnovabile e emissioni evitate di CO<sub>2</sub> in atmosfera.