

# 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 MWp E POTENZA NOMINALE PARI A 14,42 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE**

Sezione:

**SEZIONE RP - PAESAGGISTICA**

Elaborato:

**RELAZIONE DI IMPATTO LUMINOSO E ABBAGLIAMENTO VISIVO**

Nome file stampa:

**FV.CST01.PD.RP.07.pdf**

Codifica Regionale:

RS12REL0020A0\_RelazioneImpattoLuminoso

Scala:

Formato di stampa:

**A4**

Nome elaborato:

**FV.CST01.PD.RP.07**

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.RP.07	00	06/2022	F.Vegetale	A.Bottone	A.Bottone

E-WAY 5 S.r.l.

Sede legale  
Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4  
00186 ROMA (RM)  
tel. +39 0694414500

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>5</b>
2.1	Descrizione ed inquadramento area di impianto .....	5
2.2	Soluzione progettuale.....	6
<b>3</b>	<b>ABBAGLIAMENTO VISIVO .....</b>	<b>9</b>
3.1	Valutazione degli effetti di abbagliamento .....	9
3.1.1	Abbagliamento della navigazione aerea .....	13
3.2	Soluzione progettuale.....	14
3.2.1	Perdite di riflesso .....	14
3.2.1.1	Perdite per rivestimento antiriflettente .....	14
3.2.1.2	Perdite per rivestimento piramidale .....	15
3.2.1.3	Perdite per densità dell'aria .....	16
	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>17</b>

## INDICE DELLE FIGURE

---

<i>Figura 1: Inquadramento area di impianto (in verde) su ortofoto rispetto confini comunali (in rosso) .....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2: Scheda tecnica del modulo di riferimento LONGi Solar LR5-72HBD-550M parte 1. ....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3: Scheda tecnica del modulo di riferimento LONGi Solar LR5-72HBD-550M parte 2. ....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4: Distanza tra l'area di impianto e l'aeroporto militare di Palermo - Boccadifalco. ....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 5: Aeroporto Bari-Karol Wojtyla. ....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 6: Confronto tra vetro normale e antiriflettente. ....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 7: Esempio di modulo fotovoltaico con vetro piramidale. ....</i>	<i>15</i>



**RELAZIONE DI IMPATTO LUMINOSO  
E ABBAGLIAMENTO VISIVO**

CODICE FV.CST01.PD.RP.07

REVISIONE n. 00

DATA REVISIONE 06/2022

PAGINA 3 di 17

## INDICE DELLE TABELLE

---

*Tabella 1: Valori indicativi raccomandati per la definizione degli aspetti fisici e fisiologici di abbagliamento (fonte Swissolar)..... 10*

*Tabella 2: Distinzione tra zone (fonte Swissolar). .... 10*

*Tabella 3: Distinzione tra utilizzi (fonte Swissolar). .... 10*

## 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

Scopo del presente elaborato è di fornire tutti gli elementi necessari a dimostrare che i possibili fenomeni di abbagliamento nei confronti dei punti di osservazione (avifauna, strutture abitative, viabilità stradale, navigazione aerea ecc.) sono di entità tale da ritenersi trascurabili per tecnologie e configurazione di impianto.

### 2.1 Descrizione ed inquadramento area di impianto

L'area interessata dalla proposta di intervento progettuale è localizzata in zona agricola nel Comune di Castronovo di Sicilia, al confine con i territori comunali Alia, Bivona (AG), Cammarata (AG), Lercara Friddi, Palazzo Adriano, Prizzi, Roccapalumba, Santo Stefano Quisquina (AG), Sclafani Bagni, Vallelunga Pratameno (CL). L'area dista circa 5 km in direzione sud-est dal centro abitato di Lercara Friddi e circa 6 km in direzione nord-est dal centro abitato di Castronovo di Sicilia.

L'orografia della zona di sviluppo è tipicamente collinare e non eccessivamente variabile dal punto di vista altimetrico. I suoli risultano essere per la maggior parte adibiti ad uso agricolo.

L'impianto fotovoltaico da realizzare sarà costituito da tracker monoassiali disposti in direzione nord-sud costituiti da 28 moduli fotovoltaici, modulo di riferimento LONGi Solar LR5-72HBD-550M di potenza nominale di picco 550 Wp o similari in caratteristiche, in configurazione 2P e cioè su due file parallele da 14 moduli ciascuna.



*Figura 1: Inquadramento area di impianto (in verde) su ortofoto rispetto confini comunali (in rosso)*

## 2.2 Soluzione progettuale


Considerato il modulo fotovoltaico il componente dell'impianto al quale attribuire i possibili fenomeni di abbagliamento, è previsto installare moduli fotovoltaici realizzati con apposite superfici vetrate antiriflesso. Nel caso in cui questa misura non fosse sufficiente è possibile considerare una superficie a struttura piramidale in maniera tale da massimizzare le perdite di riflesso e minimizzare al contempo sia le perdite di efficienza che il manifestarsi dei possibili fenomeni di abbagliamento.




## Hi-MO 5

### LR5-72HBD 530~550M

- Based on M10-182mm wafer, best choice for ultra-large power plants
- Advanced module technology delivers superior module efficiency
  - M10 Gallium-doped Wafer • Smart Soldering • 9-busbar Half-cut Cell
- Globally validated bifacial energy yield
- High module quality ensures long-term reliability

 12-year Warranty for Materials and Processing

 30-year Warranty for Extra Linear Power Output

#### Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730  
 ISO 9001:2015: ISO Quality Management System  
 ISO 14001:2015: ISO Environment Management System  
 TS62941: Guideline for module design qualification and type approval  
 ISO 45001:2018: Occupational Health and Safety

**LONGI**



**Figura 2: Scheda tecnica del modulo di riferimento LONGi Solar LR5-72HBD-550M parte 1.**



**Hi-MO 5**

**LR5-72HBD 530~550M**

**21.3%**  
MAX MODULE  
EFFICIENCY

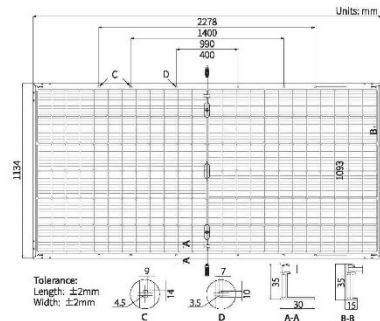
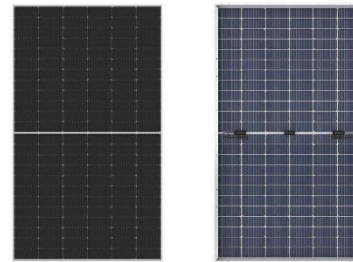
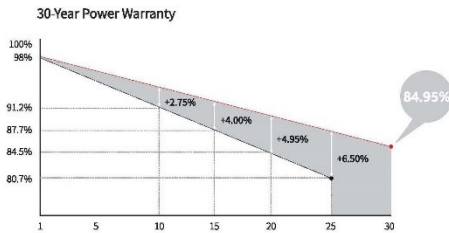
**0~3%**  
POWER  
TOLERANCE

**<2%**  
FIRST YEAR  
POWER DEGRADATION

**0.45%**  
YEAR 2-30  
POWER DEGRADATION

**HALF-CELL**  
Lower operating temperature

**Additional Value**



**Mechanical Parameters**

Cell Orientation	144 (6×24)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm <sup>2</sup> , +400, -200mm/±1400mm length can be customized
Glass	Dual glass, 2.0+2.0mm heat strengthened glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	32.6kg
Dimension	2278×1134×35mm
Packaging	31pcs per pallet / 155pcs per 20' GP / 620pcs per 40' HC

**Electrical Characteristics** STC: AM1.5 1000W/m<sup>2</sup> 25°C NOCT: AM1.5 800W/m<sup>2</sup> 20°C 1m/s Test uncertainty for P<sub>max</sub>: ±3%

Module Type	LR5-72HBD-530M		LR5-72HBD-535M		LR5-72HBD-540M		LR5-72HBD-545M		LR5-72HBD-550M	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (P <sub>max</sub> /W)	530	396.2	535	399.9	540	403.6	545	407.4	550	411.1
Open Circuit Voltage (V <sub>oc</sub> /V)	49.20	46.26	49.35	46.40	49.50	46.54	49.65	46.68	49.80	46.82
Short Circuit Current (I <sub>sc</sub> /A)	13.71	11.07	13.78	11.12	13.85	11.17	13.92	11.23	13.99	11.29
Voltage at Maximum Power (V <sub>mp</sub> /V)	41.35	38.58	41.50	38.72	41.65	38.86	41.80	39.00	41.95	39.14
Current at Maximum Power (I <sub>mp</sub> /A)	12.82	10.27	12.90	10.33	12.97	10.39	13.04	10.45	13.12	10.51
Module Efficiency(%)	20.5		20.7		20.9		21.1		21.3	

**Operating Parameters**

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ 3%
V <sub>oc</sub> and I <sub>sc</sub> Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	30A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Bifaciality	70±5%
Fire Rating	UL type 29 IEC Class C

**Mechanical Loading**

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

**Temperature Ratings (STC)**

Temperature Coefficient of I <sub>sc</sub>	+0.050%/°C
Temperature Coefficient of V <sub>oc</sub>	-0.265%/°C
Temperature Coefficient of P <sub>max</sub>	-0.340%/°C



No.8369 Shangyuan Road, Xi'an Economic And  
Technological Development Zone, Xi'an, Shaanxi, China.  
Web: en.longi-solar.com

Specifications included in this datasheet  
are subject to change without notice.  
LONGi reserves the right of final  
interpretation. (20211119DrafV01)

**Figura 3: Scheda tecnica del modulo di riferimento LONGi Solar LR5-72HBD-550M parte 2.**

*Si rimanda in ogni caso al progetto esecutivo per maggiori dettagli e per la definizione precisa della tipologia di modulo fotovoltaico, nonché dell'individuazione delle misure di mitigazione e prevenzione dei possibili fenomeni di abbagliamento.*

### 3 ABBAGLIAMENTO VISIVO

---

Con abbagliamento visivo si intende la compromissione temporanea della capacità visiva di un osservatore a seguito dell'improvvisa esposizione ad una intensa sorgente luminosa. La radiazione che può colpire l'osservatore è data dalla somma dell'irraggiamento diretto e di quello diffuso, ossia l'irraggiamento che non giunge al punto di osservazione seguendo un percorso geometricamente diretto a partire dalla fonte luminosa, ma che viene precedentemente riflesso o scomposto.

Considerato l'insieme di un impianto fotovoltaico, gli elementi che sicuramente possono generare i fenomeni di abbagliamento più considerevoli sono i moduli fotovoltaici.

Per argomentare il fenomeno dell'abbagliamento generato da moduli fotovoltaici occorre considerare diversi aspetti legati alla loro tecnologia, struttura e orientamento, alle leggi fisiche che regolano la diffusione della luce nell'atmosfera nonché alla zona e all'utilizzo del punto di osservazione abbagliato.

#### 3.1 Valutazione degli effetti di abbagliamento

Nella valutazione degli effetti e dei rischi di abbagliamento è di fondamentale importanza distinguere gli aspetti oggettivi da quelli soggettivi e pertanto riconoscere gli aspetti fisici e fisiologici da quelli psicologici (come la diversa percezione dell'abbagliamento da soggetti differenti o dal medesimo soggetto in tempi differenti), nonché la zona e l'utilizzo del punto di osservazione abbagliato.

La riflessione della luce solare su una superficie è determinata da leggi geometriche (l'orbita solare) e fisiche (intensità e riflessione derivanti dalle caratteristiche dei materiali impiegati). A partire da una determinata intensità del raggio riflesso si parla di abbagliamento (fisiologico). A questo riguardo però la legge non stabilisce alcun limite né valore indicativo. L'orbita solare e il percorso dei raggi riflessi nell'ambiente si possono calcolare e l'intensità si può misurare con gli appositi strumenti.

Pertanto, in assenza di specifiche normative che regolamentino gli effetti di abbagliamento è possibile fare riferimento alla "guida pratica per la procedura di annuncio o autorizzazione di impianti solari" (febbraio 2021) proposta dalla Swissolar (associazione svizzera dei professionisti dell'energia solare) per gli impianti solari e per similitudine costruttiva applicabile agli impianti fotovoltaici, dalla quale è possibile osservare una serie di raccomandazioni, regole pratiche per la stima degli effetti di abbagliamento e valori limite raccomandati di tollerabilità.

In Tabella 1 sono riportati i valori indicativi raccomandati da Swissolar per la definizione degli aspetti fisici e fisiologici di abbagliamento:

**Tabella 1: Valori indicativi raccomandati per la definizione degli aspetti fisici e fisiologici di abbagliamento (fonte Swissolar).**

PARAMETRO	VALORE INDICATIVO RACCOMANDATO	OSSERVAZIONE
Angolo fra raggio solare e raggio abbagliante	> 20°	Il raggio riflesso disturba soltanto se non proviene dalla stessa direzione del raggio solare.
Angolo di incidenza del raggio abbagliante su una finestra	> 20°	Un raggio riflesso è rilevante soltanto se arriva su una finestra o una facciata con un'incidenza maggiore di 20°, altrimenti la sua penetrazione nel locale generalmente è trascurabile.
Radiazione normale diretta (DNI)	> 120 W/m <sup>2</sup>	A partire da una DNI di 120 W/m <sup>2</sup> in generale si contano le ore di insolazione (WMO sunshine threshold). Se non c'è sole (in tal caso DNI < 120 W/m <sup>2</sup> ) non è nemmeno possibile un abbagliamento.
Densità di potenza del raggio riflesso	> 30 W/m <sup>2</sup>	Si consiglia di non considerare abbagliamento le riflessioni inferiori al 3% della luce solare diretta a mezzogiorno.
Brillanza della superficie riflettente	> 50000	Il sole ha una luminanza di 1500000000 cd/m <sup>2</sup> ovvero circa 15000000 cd/m <sup>2</sup> con una divergenza omogenea del fascio di 5°. Finora si raccomanda di considerare abbagliamento luminanze superiori a 50000 cd/m <sup>2</sup> . Attualmente si sta riesaminando questo limite, che presumibilmente sarà ridotto.

In riferimento agli effetti tollerabili è opportuno differenziare l'area di impianto per zona e utilizzo, in particolare si possono distinguere le zone riportate in Tabella 2 e gli utilizzi del punto di osservazione riportati in Tabella 3:

**Tabella 2: Distinzione tra zone (fonte Swissolar).**

ZONA	OSSERVAZIONE
Industriale	Si possono prevedere riflessioni su superfici artificiali.
Residenziale	Vi sono regolarmente piccole riflessioni.
Agricola	Con tempo asciutto vaste aree del paesaggio non riflettono.

**Tabella 3: Distinzione tra utilizzi (fonte Swissolar).**

UTILIZZO	OSSERVAZIONE
Spazi abitativi, scuole, ospedali ecc.	L'abbagliamento può essere rilevante in qualsiasi momento.
Balconi, giardini ecc.	L'abbagliamento è rilevante soltanto nel periodo estivo.
Facciate senza finestre, trombe delle scale, sentieri ecc.	L'abbagliamento è irrilevante.

Per la maggior parte degli impianti fotovoltaici l'abbagliamento non costituisce una problematica di entità rilevante poiché le aree eventualmente interessate dalla luce riflessa sono talmente modeste da rendere improbabile l'esposizione di una zona di immissione o di un punto di osservazione critico a tali aree.

Per ridurre al minimo i possibili fenomeni di abbagliamento è consigliato utilizzare la metodologia Swissolar per la stima dell'effetto abbagliante. Tale metodologia si articola in tre fasi per facilitare l'identificazione e la rapida selezione degli impianti.

- Se fossimo nella condizione per la quale è improbabile che si verificano effetti di abbagliamento:
  - abbagliamento impossibile o irrilevante;
  - l'osservatore non può vedere i moduli fotovoltaici;
  - caso degli impianti rialzati in cui l'osservatore può guardare i moduli soltanto dal dietro ("behind the plane");
  - caso in cui un oggetto impedisca all'osservatore di vedere l'impianto;
  - caso in cui l'impianto non risulti visibile dal punto di vista dell'osservatore;
  - evidente impossibilità di abbagliamento;
  - al momento di studiare l'abbagliamento l'impianto è in ombra;
  - per ragioni geometriche i raggi solari riflessi dai moduli non possono colpire il punto di osservazione. Ad esempio, un impianto inclinato da 0° a 35° verso sud non può riflettere su nessun punto a sud dell'impianto, a meno che non si trovi a un'altezza significativamente superiore all'impianto stesso.
  - i raggi riflessi colpiscono soltanto facciate senza finestre, trombe delle scale, sentieri di giardini e aree simili, dove non è prevista sosta di un utente osservatore;
  - abbagliamento non critico;
  - impianto di piccole dimensioni (zona residenziale e superficie < 10 m<sup>2</sup>, zona industriale e superficie < 100 m<sup>2</sup>);
  - possibili osservatori molto lontani (zona residenziale e distanza > 100 m, zona industriale e distanza > 50 m);
  - rapporto tra estensione massima dell'impianto fotovoltaico e distanza tra impianto e osservatore inferiore a 1/8;
  - angolo di visibilità massimo dell'impianto dal punto di vista dell'osservatore inferiore a 7,5°;

- Se ci dovesse invece essere la necessità di ulteriori accertamenti ovvero se con le fasi precedenti non risulta possibile escludere o ritenere non grave l'abbagliamento si consiglia di procedere al calcolo teorico dei possibili orari e durate degli abbagliamenti in condizioni di cielo sereno durante l'anno e senza divergenza del fascio. Per le zone residenziali si considera tollerabile:
  - abbagliamento della durata massima di 30 minuti in un numero qualsiasi di giorni dell'anno;
  - abbagliamento della durata massima di 60 minuti per un massimo di 60 giorni all'anno;
  - abbagliamento della durata massima di 120 minuti per un massimo di 20 giorni all'anno;
  - al massimo 50 ore di abbagliamento all'anno

Se nei calcoli si tiene conto della nuvolosità media, la possibile durata annua dell'abbagliamento si riduce a circa la metà. Questi valori valgono sempre per un singolo punto di osservazione nella zona residenziale, non per intere superfici di osservazione. Per le zone industriali si possono considerare ammissibili gli abbagliamenti con una durata almeno doppia. Oltre alla zona di appartenenza, anche il tipo di utilizzo può essere determinante come criterio.

- Se dalla valutazione degli effetti di abbagliamento risultasse che l'impianto fotovoltaico è presumibilmente causa di abbagliamenti critici, è possibile adottare provvedimenti nella progettazione e/o nella realizzazione dell'impianto stesso, ad esempio:
  - impiego di vetri solari speciali;
  - limitazione della visuale dell'osservatore sull'impianto, per esempio mediante schermature quali alberi a fusto medio/alto;
  - in caso di angolo di osservazione piatto: impiego di vetro solare liscio senza divergenza (diffusione) del fascio per ridurre la durata della riflessione;
  - in caso di angolo di osservazione quasi perpendicolare: impiego di vetro solare fortemente strutturato o vetro leggermente strutturato con rivestimento antiriflesso per ridurre l'intensità. Vetri fortemente strutturati sono per esempio quelli con superfici prismatiche, realizzate con speciali laminati. Le esperienze fatte con questi vetri hanno però evidenziato anche svantaggi, sia perché si sporcano di più e in secondo luogo, perché producono effetti luminosi indesiderati con un angolo di osservazione piatto. Attualmente si spera molto di poter ridurre gli effetti abbaglianti utilizzando vetri satinati. Vengono prodotti partendo da vetro trasparente mediante sabbiatura, serigrafia o trattamento chimico. Quanto siano idonei ai moduli fotovoltaici e in quali applicazioni si possano utilizzare va ancora determinato sulla base di esempi e mediante misurazioni.



### 3.1.1 Abbagliamento della navigazione aerea

Ai sensi di quanto previsto al punto 1.4 del capitolo 1 e dal capitolo 4 del “Regolamento per la Costruzione e l’Esercizio degli Aeroporti”, per gli impianti fotovoltaici di nuova realizzazione, è richiesta l’istruttoria e l’autorizzazione da parte dell’ENAC (Ente Nazionale per l’Aviazione Civile) nel caso in cui risultino ubicati a una distanza inferiore di 6 km dall’ARP (Airport Reference Point – dato rilevabile dall’AIP-Italia) dal più vicino aeroporto e nel caso specifico in cui abbiano una superficie uguale o superiore a 500 mq.

La documentazione da trasmettere deve contenere una valutazione di compatibilità degli eventuali ostacoli e interferenze da abbagliamento alla navigazione aerea dei piloti.

Per quanto riguarda invece il rilascio dell’autorizzazione per la costruzione di nuovi impianti, manufatti e strutture in genere che si trovano in prossimità di aeroporti militari, ai sensi dell’art. 710 del Codice della Navigazione è attribuita all’Aeronautica Militare.

L’impianto fotovoltaico da realizzare è situato a circa 50 km dall’aeroporto più vicino, cioè dall’aeroporto militare di Palermo – Boccadifalco. Pertanto, non è soggetto ad istruttoria e rilascio di autorizzazione da parte dell’ENAC.



**Figura 4: Distanza tra l’area di impianto e l’aeroporto militare di Palermo - Boccadifalco.**

Inoltre, oggi sono numerosi in Italia e non solo, gli aeroporti alimentati dagli impianti fotovoltaici, ad esempio l’aeroporto di Bari-Karol Wojtyla, l’aeroporto Leonardo da Vinci di Fiumicino, aeroporto di Bolzano-Dolomiti ecc., per i quali, senza necessariamente ricorrere a particolari scelte progettuali risulta del tutto



accettabile l'entità del riflesso causato dalla presenza dei moduli fotovoltaici installati a terra o integrati al di sopra di padiglioni aeroportuali o delle abitazioni nelle zone limitrofe.



*Figura 5: Aeroporto Bari-Karol Wojtyła.*

## **3.2 Soluzione progettuale**

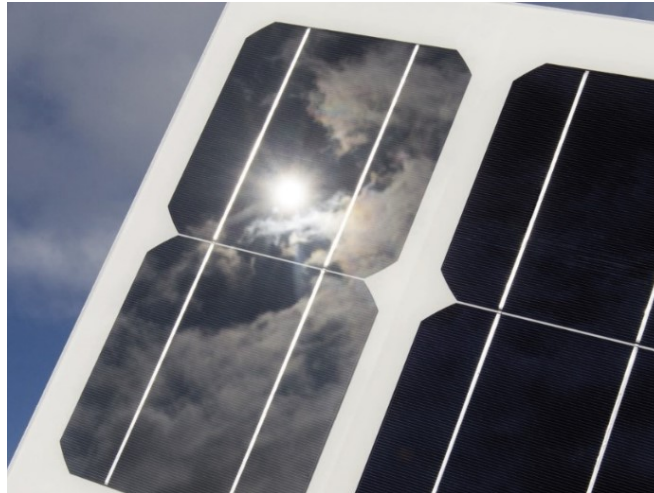
Il componente dell'impianto al quale attribuire i possibili fenomeni di abbagliamento è il modulo fotovoltaico, per il quale è previsto l'installazione di moduli fotovoltaici realizzati con apposite superfici vetrate antiriflesso a struttura piramidale in modo tale da massimizzare le perdite di riflesso e minimizzare al contempo sia le perdite di efficienza che il manifestarsi dei possibili fenomeni di abbagliamento.

### **3.2.1 Perdite di riflesso**

Con l'espressione "perdite di riflesso" si intende l'irraggiamento che viene riflesso dalla superficie di un collettore o di un pannello, oppure dalla superficie di una cella solare, e che quindi non può più contribuire alla produzione di corrente elettrica.

#### **3.2.1.1 Perdite per rivestimento antiriflettente**

L'insieme delle celle solari costituenti i moduli fotovoltaici previsti è protetto frontalmente da un vetro temprato antiriflettente ad alta trasmittanza, il quale dà alla superficie del modulo un aspetto opaco che nulla ha a che vedere con quello delle comuni superfici vetrate.

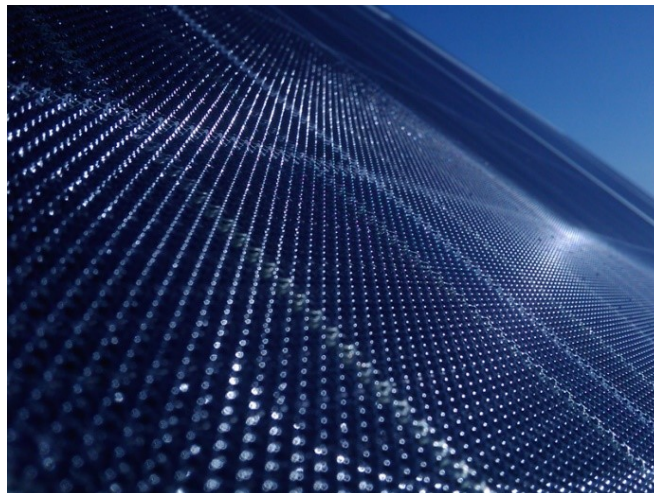


*Figura 6: Confronto tra vetro normale e antiriflettente.*

Al fine di minimizzare la quantità di radiazioni luminose riflesse, inoltre, le singole celle in silicio cristallino sono coperte da un rivestimento trasparente antiriflesso, grazie al quale penetra più luce nella cella. Senza tale rivestimento la sola superficie in silicio rifletterebbe circa il 30% della luce solare.

### **3.2.1.2 Perdite per rivestimento piramidale**

Per diminuire ulteriormente le perdite per riflessione ed incrementare l'efficienza del modulo fotovoltaico la tecnologia ha individuato un'ulteriore soluzione: moduli fotovoltaici con vetro piramidale.



*Figura 7: Esempio di modulo fotovoltaico con vetro piramidale.*

Questa tipologia di vetro ha le caratteristiche per funzionare come una "light trap": intrappola i raggi solari e ne limita la riflessione. Poiché la superficie di interfaccia non è liscia, il raggio solare incidente viene riflesso con angoli diversi e rimane "intrappolato" all'interno del vetro.



**RELAZIONE DI IMPATTO LUMINOSO  
E ABBAGLIAMENTO VISIVO**

CODICE

FV.CST01.PD.RP.07

REVISIONE n.

00

DATA REVISIONE

06/2022

PAGINA

16 di 17

**3.2.1.3 Perdite per densità dell'aria**

Occorre anche considerare che le stesse molecole componenti l'aria, al pari degli oggetti, danno luogo a fenomeni di assorbimento, riflessione e scomposizione delle radiazioni luminose su di esse incidenti. Pertanto, la minoritaria percentuale di luce solare che viene riflessa dalla superficie del modulo fotovoltaico, grazie alla densità ottica dell'aria, è comunque destinata nel corto raggio ad essere ridirezionata, scomposta, e convertita in energia termica.

## CONCLUSIONI

---

In conclusione, in assenza di specifiche normative che regolamentino tale problematica, sulla base delle valutazioni e delle considerazioni effettuate in virtù delle tecnologie e della configurazione di impianto, i possibili fenomeni di abbagliamento sono di entità tale da ritenersi trascurabili ed eventualmente del tutto accettabili da non causare interferenze nemmeno alla navigazione aerea dei piloti.

Considerato il modulo fotovoltaico il componente dell'impianto al quale attribuire i possibili fenomeni di abbagliamento, è prevista l'installazione di moduli fotovoltaici realizzati con apposite superfici vetrate antiriflesso. Se ritenuto opportuno, è possibile anche utilizzare la struttura piramidale in modo tale da massimizzare le perdite di riflesso e minimizzare al contempo sia le perdite di efficienza che il manifestarsi dei possibili fenomeni di abbagliamento.

*Si rimanda in ogni caso al progetto esecutivo per maggiori dettagli e per la definizione precisa della tipologia di modulo fotovoltaico, nonché dell'individuazione delle misure di mitigazione e prevenzione dei possibili fenomeni di abbagliamento.*