

PROPONENTE:

# AMBRA SOLARE 5 S.R.L.

ROMA (RM) VIA VENTI SETTEMBRE 1 CAP 00187 ambrasolare5srl@legalmail.it

## REGIONE MOLISE PROVINCIA DI CAMPOBASSO

**COMUNE DI URURI (CB)- SAN MARTINO IN PENSILIS (CB)- ROTELLO (CB)**


**Oggetto:** PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO CON POTENZA DI PICCO PARI A 61.8 MWp e POTENZA DI IMMISSIONE PARI A 50 MW, UBICATO NEI COMUNI DI URURI (CB), SAN MARTINO IN PENSILIS (CB) E OPERE CONNESSE RICADENTI NEL COMUNE DI ROTELLO (CB)

**INTEGRAZIONI MITE Nota del 31.10.2022 ID\_VIP 7850**

**ELABORATO:**

RELAZIONE ANALISI POSSIBILI INCIDENTI

**PROGETTAZIONE: I-PROJECT S.R.L.**

<b>ELABORATO:</b> <b>F-1</b>	<b>Elaborato da:</b> Ing. Vincenzo Oliveto	<b>Approvato da:</b> Arch. Antonio Manco 
<b>SCALA:</b>	<b>Verificato da:</b> Arch. Antonio Manco	
<b>DATA:</b> Novembre 2022		

<b>Prot. int. n°:</b> 0101	<b>Rev.:</b> 1	<b>Mod.:</b> 0
Pratica: Ururi	Archivio File:	

SPAZIO RISERVATO ALL'ENTE PUBBLICO



Consulenza, Progettazione e Sviluppo Impianti ad Energia Rinnovabile

Sede Legale: Via Del Vecchio Politecnico, 9 - 20121 Milano (MI) - P.IVA 11092870960-PEC: [i-project@legalmail.it](mailto:i-project@legalmail.it)

Sede Operativa: Via Bisceglie n° 17 - 84044 Albanella (SA) - mail: [a.manco@iprojectsrl.com](mailto:a.manco@iprojectsrl.com) - Cell: 3384117245

---

## INDICE

<b>1</b>	<b>IL RISCHIO D'INCENDIO DEGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI.....</b>	<b>2</b>
1.1	Premessa .....	2
1.2	Valutazione qualitativa del rischio di incendio.....	2
1.3	Sintesi possibili rischi incendio e azioni mitigative.....	7
<b>2</b>	<b>ANALISI DEI POSSIBILI INCIDENTI .....</b>	<b>8</b>
2.1	Incidenti legati al distacco di pannelli .....	8
2.2	Incidenti legati al distacco di pala eolica da eventuali vicini impianti autorizzati/in fase di autorizzazione, sulla base del calcolo della gittata .....	10
2.3	Analisi di rischio degli incidenti .....	12
2.4	Sintesi possibili rischi incidenti e azioni mitigative.....	15

## 1 IL RISCHIO D'INCENDIO DEGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI

### 1.1 PREMESSA

Un impianto fotovoltaico pur se posato correttamente può comunque essere causa di incendi. Recenti statistiche confermano ciò ed esprimono in dettaglio dati d'incendi associabili ad impianti fotovoltaici avvenuti in Italia, evidenziandone altresì una forte crescita rispetto agli anni precedenti. Tali installazioni pur non rientranti nell'elenco delle attività soggette al controllo VV.F. (vedasi D.P.R. 1° agosto 2011, n. 151), sono comunque da esaminare attentamente nel loro contesto autorizzativo complessivo, implicando il coinvolgimento di molti fattori e rischi associabili.

L'operare secondo le indicazioni di base di cui alle specifiche di settore, riduce certamente il rischio, non ancora però elidendolo oltre un ragionevole valore, per cui molte ricerche sono in corso, vari test sono in fase di sperimentazione e nuove misure di mitigazione possibili sono allo studio, specie associate all'estinzione dell'arco elettrico.

I moduli fotovoltaici sono stati a volte direttamente implicati in incendi, la causa è risultata generarsi da archi elettrici "a bordo" motivati da insufficiente isolamento, errata installazione, cablaggio difettoso, surriscaldamenti, ecc. Tuttavia gli impianti fotovoltaici sono composti da molte altre e varie parti quali cavi, quadri elettrici di campo, connettori, inverter, ecc., questi sono tutti componenti che partecipano nel loro insieme a rendere l'installazione nel suo complessivo, corretta oppure critica.

### 1.2 VALUTAZIONE QUALITATIVA DEL RISCHIO DI INCENDIO

La valutazione del rischio incendio è un processo con cui, in un determinato luogo di lavoro, vengono definiti:

- il livello di rischio;
- le azioni/misure volte a contenere tale rischio.

La necessità di prevenire gli incendi nei luoghi di lavoro al fine di tutelare l'incolumità dei lavoratori è un obbligo previsto dall'art. 46 del dlgs 81/2008. Per ciascun pericolo di incendio identificato è necessario valutare le possibilità di limitarlo o eliminarlo.

L'incendio è un fenomeno di combustione non controllata che può avere diverse cause scaturite dall'uomo o naturali. Si verifica una combustione tra combustibile e comburente che reagiscono a causa di un innesco di una sorgente di energia, con un conseguente sviluppo di forte calore.

L'incendio può provocare molteplici conseguenze, più o meno gravi, che si classificano in base ai danni:

- alle persone;
- all'edificio, agli arredi, all'attrezzatura, alle macchine;
- all'attività;
- all'ambiente.

Il DM 10 marzo 1998, dopo 24 anni di onorata carriera, va in pensione lasciando il posto al novello decreto 3 settembre 2021, a partire dal 29 ottobre (data di entrata in vigore). Il decreto delinea una procedura di valutazione dei rischi molto più semplificata.

Va specificato che la valutazione del rischio incendio si elabora in relazione alla complessità del luogo di lavoro. La finalità di tale documento è quella di analizzare ed individuare eventuali possibilità di incendio, individuandone le conseguenze. La valutazione, secondo l'allegato n.1 del decreto 3 settembre 2021, deve includere:

- individuazione dei pericoli di incendio;
- descrizione del contesto e dell'ambiente;
- determinazione di quantità e tipologia degli occupanti esposti al rischio incendio;
- individuazione dei beni esposti al rischio;
- valutazione qualitativa e quantitativa delle conseguenze;
- individuazione delle misure per ridurre i pericoli.

La valutazione del rischio [R], necessaria per definire le priorità degli interventi di miglioramento della sicurezza, può essere effettuata tenendo conto delle seguenti grandezze:

- entità del danno [E];
- probabilità di accadimento [P].

L'entità del danno [E] è funzione delle conseguenze sulle persone in base ad eventuali conoscenze statistiche o in base al registro degli infortuni o a previsioni ipotizzabili.

---

La probabilità di accadimento [P], invece, è funzione di valutazioni di carattere tecnico e organizzativo, quali le misure di prevenzione e protezione adottate – collettive e individuali – e funzione dell'esperienza lavorativa degli addetti e del grado di formazione, informazione e addestramento ricevuto.

La metodologia per la valutazione "semi-quantitativa" dei rischi occupazionali generalmente utilizzata è basata sul metodo "a matrice" esposto di seguito.

La probabilità di accadimento è la quantificazione (stima) della probabilità che il danno, derivante da un fattore di rischio dato, effettivamente si verifichi. Essa può assumere un valore sintetico in una scala da 1 a 4, secondo la seguente gamma di soglie di probabilità di accadimento:

Soglia	Descrizione della probabilità di accadimento	Valore
Molto probabile	1) Sono noti episodi in cui il pericolo ha causato danno 2) Il pericolo può trasformarsi in danno con una correlazione 3) Il verificarsi del danno non susciterebbe sorpresa	[P4]
Probabile	1) È noto qualche episodio in cui il pericolo ha causato danno 2) Il pericolo può trasformarsi in danno anche se non in modo automatico 3) Il verificarsi del danno susciterebbe scarsa sorpresa	[P3]
Poco probabile	1) Sono noti rari episodi già verificati 2) Il danno può verificarsi solo in circostanze particolari 3) Il verificarsi del danno susciterebbe sorpresa	[P2]
Improbabile	1) Non sono noti episodi già verificati 2) Il danno si può verificarsi solo per una concatenazione di eventi improbabili e tra loro indipendenti 3) Il verificarsi del danno susciterebbe incredulità	[P1]

L'Entità del danno [E] è la quantificazione (stima) del potenziale danno derivante da un fattore di rischio dato. Essa può assumere un valore sintetico tra 1 e 4, secondo la seguente gamma di soglie di danno:

Soglia	Descrizione della probabilità di accadimento	Valore
Gravissimo	1) Infortunio con lesioni molto gravi irreversibili e invalidità totale o conseguenze letali 2) Esposizione cronica con effetti letali o totalmente invalidanti	[E4]
Grave	1) Infortunio o inabilità temporanea con lesioni significative irreversibili o invalidità parziale 2) Esposizione cronica con effetti irreversibili o parzialmente invalidanti	[E3]
Significativo	1) Infortunio o inabilità temporanea con disturbo o lesioni significative reversibili a medio termine 2) Esposizione cronica con effetti reversibili	[E2]
Lieve	1) Infortunio o inabilità temporanea con effetti rapidamente reversibili 2) Esposizione cronica con effetti rapidamente reversibili	[E1]

Individuato uno specifico pericolo o fattore di rischio, il valore numerico del rischio [R] è stimato quale prodotto dell'Entità del danno [E] per la Probabilità di accadimento [P] dello stesso.

$$[R] = [P] \times [E]$$

Il Rischio [R], quindi, è la quantificazione (stima) del rischio.

Esso può assumere un valore sintetico compreso tra 1 e 16, come si evince dalla matrice del rischio che si riporta di seguito.

Rischio [R]	Improbabile [P1]	Poco probabile [P2]	Probabile [P3]	Molto probabile [P4]
Danno lieve [E1]	Rischio basso [P1]x[E1]=1	Rischio basso [P2]x[E1]=2	Rischio moderato [P3]x[E1]=3	Rischio moderato [P4]x[E1]=4
Danno significativo [E2]	Rischio basso [P1]x[E2]=2	Rischio moderato [P2]x[E2]=4	Rischio medio [P3]x[E2]=6	Rischio rilevante [P4]x[E2]=8
Danno grave [E3]	Rischio moderato [P1]x[E3]=3	Rischio medio [P2]x[E3]=6	Rischio rilevante [P3]x[E3]=9	Rischio alto [P4]x[E3]=12
Danno gravissimo [E4]	Rischio moderato [P1]x[E4]=4	Rischio rilevante [P2]x[E4]=8	Rischio alto [P3]x[E4]=12	Rischio alto [P4]x[E4]=16

In definitiva, la matrice del rischio è una griglia all'interno della quale da un lato viene riportata la probabilità che un certo evento si verifichi e dall'altro l'impatto che esso può avere.

La probabilità viene definita secondo la seguente scala di valori:

- improbabile [P1];
- poco probabile [P2];
- probabile [P3];
- molto probabile [P4].

L'entità del danno viene, invece, valutata nel seguente modo:

- lieve [E1];
- significativo [E2];
- grave [E3];
- gravissimo [E4].

Il rischio è dato dal valore del prodotto dei due valori:

- rischio basso: R varia da 1 a 2
- rischio moderato: R varia da 3 a 4;
- rischio medio: R varia da 6;
- rischio rilevante: R varia da 8 a 9;
- rischio alto: R varia da 12 a 16.

Essendo alcuni tra questi eventi non del tutto eliminabili o prevenibili a priori, l'obiettivo delle ricerche in ambito di sicurezza è quello di ridurre al minimo sia la probabilità di accadimento (ove possibile) sia il danno da esso procurato, tramite l'implementazione di normative e linee guida specifiche di settore. Applicato all'incendio di cui si chiede l'analisi, l'accadimento di un dato evento e le conseguenze a elementi sensibili ad esso correlate dipende da una concatenazione di eventi di seguito riportati:

- probabilità che l'evento accada sul pannello fotovoltaico;
- probabilità che, accaduto l'evento, esso causi un danno ad un elemento sensibile.
- fattori che possano alterare la probabilità quali fattori qualitativi del pannello fotovoltaico, scorretta installazione e fattori atmosferici (vento, tempesta, ecc.)

Può essere quindi definita una serie generica di eventi legati ai seguenti incidenti:

1. innesco di arco elettrico nella scatola di giunzione del pannello e conseguente incendio del pannello con danni a eventuali elementi sensibili;
2. avvio del fenomeno detto di "hot spot" con conseguente incendio del pannello con danni a eventuali elementi sensibili;
3. innesco di arco elettrico nel quadro stringhe e conseguente incendio del pannello con danni a eventuali elementi sensibili;
4. innesco di arco elettrico nell'inverter e conseguente incendio del pannello con danni a eventuali elementi sensibili;

Per quanto riguarda l'impianto oggetto di questo studio, si definiscono di seguito i livelli di danno e probabilità per ciascuno degli eventi sopracitati:

1. Innesco di arco elettrico nella scatola di giunzione del pannello e conseguente incendio del pannello con danni a eventuali elementi sensibili.

Il danno risulterebbe pari a "2 – significativo"; la probabilità risulta essere pari a "2 – evento poco probabile. Il livello di rischio risulta quindi essere pari a "4 – rischio moderato".

2. Avvio del fenomeno detto di "hot spot" con conseguente incendio del pannello con danni a eventuali elementi sensibili.

Il danno risulterebbe pari a "2 – significativo", la probabilità risulta essere pari a "2 – evento poco probabile". Il livello di rischio risulta quindi essere pari a "4 – rischio moderato".

3. Innesco di arco elettrico nel quadro stringhe e conseguente incendio del pannello con danni a eventuali elementi sensibili.

Il danno risulterebbe pari a "2 – significativo", la probabilità risulta essere pari a "2 – evento poco probabile". Il livello di rischio risulta quindi essere pari a "4 – rischio moderato".

## 4. Innesco di arco elettrico nell'inverter e conseguente incendio del pannello con danni a eventuali elementi sensibili.

Il danno risulterebbe pari a "2 – significativo", la probabilità risulta essere pari a "2 – evento poco probabile". Il livello di rischio risulta quindi essere pari a "4 – rischio moderato".

### 1.3 SINTESI POSSIBILI RISCHI INCENDIO E AZIONI MITIGATIVE

Le azioni mitigative sono state analizzate in fase di progettazione dell'impianto fotovoltaico e sono riportate di seguito in tabella:

Evento	Livello rischio	Azione mitigativa
Incendio legato all'innesco di arco elettrico nella scatola di giunzione	<b>4</b> (E=2, P=2)	Il posizionamento dell'impianto a distanza di sicurezza da elementi sensibili, quali unità abitative non stabilmente abitate, la presenza minima di personale addetto all'impianto e l'installazione di dispositivi di interruzione automatica della tensione elettrica garantiscono una minimizzazione del rischio.
Incendio legato all'innesco di arco elettrico tramite hot spot	<b>4</b> (E=2, P=2)	Il posizionamento dell'impianto a distanza di sicurezza da elementi sensibili, quali unità abitative non stabilmente abitate, la presenza minima di personale addetto all'impianto e l'installazione di diodi di by pass che limitano le correnti inverse, causa de fenomeno dell'hot spot garantiscono una minimizzazione del rischio.
Incendio legato all'innesco di arco elettrico nel quadro stringhe	<b>4</b> (E=2, P=2)	Il posizionamento dell'impianto a distanza di sicurezza da elementi sensibili, quali unità abitative non stabilmente abitate, la presenza minima di personale addetto all'impianto e l'installazione di dispositivi di interruzione automatica della tensione elettrica garantiscono una minimizzazione del rischio.
Incendio legato all'innesco di arco elettrico nell'inverter	<b>4</b> (E=2, P=2)	Il posizionamento dell'impianto a distanza di sicurezza da elementi sensibili, quali unità abitative non stabilmente abitate, la presenza minima di personale addetto all'impianto e l'installazione di dispositivi di interruzione automatica della tensione elettrica garantiscono una minimizzazione del rischio.



---

## 2 ANALISI DEI POSSIBILI INCIDENTI

Nell'ambito della progettazione del nuovo impianto fotovoltaico, uno degli aspetti che è stato preso in considerazione è la valutazione degli effetti sull'ambiente circostante derivanti da un evento incidentale dovuto a varie tipologie di cause scatenanti.

Le cause che stanno all'origine degli incidenti possono essere di vario genere, da cause di tipo naturale, come ad esempio tempeste, raffiche di vento eccessive e cause di tipo umano, come errori e comportamenti imprevedibili.

La maggior frequenza di incidenti si verifica nella fase di funzionamento, poiché essa è caratterizzata da un'estensione temporale molto ampia (la vita utile di un impianto varia dai 20 ai 30 anni) e da una più complessa combinazione di azioni, le quali hanno implicazioni sul comportamento strutturale e funzionale dell'impianto.

Le tipologie di incidenti che sono state analizzate sono le seguenti:

- incidenti legati al distacco di pannelli;
- incidenti legati al distacco di pala eolica da eventuali vicini impianti autorizzati/in fase di autorizzazione, sulla base del calcolo della gittata;

### 2.1 INCIDENTI LEGATI AL DISTACCO DI PANNELLI

Il distacco di pannelli fotovoltaici non risulta ad oggi tra le problematiche più frequenti che coinvolgono gli impianti fotovoltaici, anche perché l'eventuale "effetto vela" che potrebbe causare il distacco del pannello risulta essere alquanto mitigato dalle strutture circostanti e nel caso di un impianto agrifotovoltaico anche dalla presenza delle colture poste a schermatura dell'impianto stesso.

In ogni caso si può ipotizzare che il distacco di un pannello possa avvenire sostanzialmente a causa della rottura delle viti di collegamento alla struttura che sottende il pannello nella maggior parte dei casi dovuta a fenomeni naturali come forti raffiche di vento e/o a cattiva installazione.

Una volta ipotizzato il distacco di pannello, si va quindi ad analizzare il moto di caduta da esso percorso. Si preme sottolineare che lo studio ha un senso logico solo se si ipotizza il distacco a causa del vento, in quanto banalmente se si avesse un distacco dovuto a un cedimento della struttura di sostegno per

cause di usura ed in assenza di vento l'incidente sarebbe chiaramente localizzato nei pressi del pannello stesso e non comporterebbe nessun danno se non di tipo materiale (rottura del pannello).

Diverso è il caso del distacco del pannello a causa del vento, in quanto ciò comporterebbe un moto del pannello che potrebbe causare oltre che danni materiali anche danni ad elementi sensibili eventualmente presenti in loco.

Data la forma abbastanza semplice di un pannello il fenomeno del distacco può ipotizzarsi come un classico moto parabolico (moto del proiettile).

Un importante fattore è la **gittata**, cioè la distanza percorsa da un corpo lasciato in aria lungo l'asse delle ascisse. Essa dipende fortemente dall'angolo di distacco, dalle caratteristiche del pannello come dimensione, peso, dalla velocità del vento e dalle forze di attrito che agiscono sul pannello durante il volo.

Il calcolo della gittata è necessario per la finalizzazione del posizionamento dell'impianto fotovoltaico.

Il calcolo necessita di alcune ipotesi semplificative per descrivere il moto parabolico del pannello:

- viene considerato il distacco della totalità del pannello in modo istantaneo. Questa ipotesi è assolutamente conservativa dato che non si considera la resistenza posta dal pannello;
- viene considerata una velocità del vento di 35 m/s che corrisponde a 126 km/h. Tenendo conto che a tale velocità, per la scala di Beaufort ci troviamo di fronte ad un uragano, l'ipotesi ci sembra assolutamente conservativa;
- sono considerati solamente gli effetti gravitazionali sul moto e non gli effetti di attrito di aria e vento. Questa ipotesi è conservativa dato che causa un incremento del valore della gittata massima del pannello distaccato;
- nessuna mutazione della velocità del vento durante il volo. La velocità del vento durante il volo è pari a quella al momento del distacco.

Andiamo a calcolarci la gittata massima. Il primo passo per il calcolo della gittata massima è la descrizione delle leggi orarie del moto parabolico del pannello distaccato. Considerando che la massa e la geometria sono concentrate in un punto (baricentro), che il corpo si trova in un campo di gravità uniforme ed indipendente dal tempo e che si trascurano le forze di attrito legate alla resistenza dell'aria, si applicano le seguenti equazioni di moto:

$$\begin{cases} x(t) = x_0 + v_{gx}t \\ y(t) = y_0 + v_{gy}t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases} \quad (2.1)$$

dove:

$x_0$  e  $y_0$  sono le posizioni iniziali del pannello al momento del distacco;

$v_{gx}$  e  $v_{gy}$  sono rispettivamente la componente orizzontale e verticale della velocità iniziale di distacco;

$g$  è la costante di gravitazione universale pari a 9,81 m/s<sup>2</sup>

$t$  è la variabile tempo.

Le componenti della velocità di distacco dipendono strettamente dal dall'angolo di distacco  $\vartheta$  definito in senso orario tra l'asse del pannello e l'orizzontale. Trattandosi di un moto assimilabile a quello di un proiettile si può concludere che la gitta è massima si ha per un angolo di 45°. Quindi avremo, risolvendo la (2.1) per  $y(t)=0$  e per  $x_0=0$  e  $y_0=2$  (posizioni iniziali del pannello) che:

$$t[s] = \frac{v_{gy} + \sqrt{v_{gy}^2 + 2gy_0}}{g} = \frac{v_g \cos\vartheta + \sqrt{(v_g \cos\vartheta)^2 + 4g}}{g}$$

$$L[m] = x_0 + v_{gx}t = v_{gx}t = v_g \sin\vartheta \frac{v_g \cos\vartheta + \sqrt{(v_g \cos\vartheta)^2 + 4g}}{g}$$

Ponendo, come da ipotesi fatte precedentemente,  $v_g = 35$  m/s,  $\vartheta = 45^\circ$ , si ha

$$L[m] = v_g \sin\vartheta \frac{v_g \cos\vartheta + \sqrt{(v_g \cos\vartheta)^2 + 4g}}{g} \cong 124$$

Dai calcoli su esposti si evince che la massima gittata per il pannello è pari a circa 124 m. L'impianto da realizzare è posto ad una distanza da elementi sensibili maggiore della gittata massima. A tal proposito si veda la tavola **F-1.A Buffer incidenti**

Inoltre, le numerose ipotesi semplificative di calcolo rispetto al caso reale causano anche un aumento del valore reale di gittata massima.

Infine, la probabilità che il pannello, distaccandosi, percorra esattamente la direzione ottimale per l'impatto con l'elemento sensibile è molto bassa e garantisce una riduzione del rischio a priori.

## 2.2 INCIDENTI LEGATI AL DISTACCO DI PALA EOLICA DA EVENTUALI VICINI IMPIANTI AUTORIZZATI/IN FASE DI AUTORIZZAZIONE, SULLA BASE DEL CALCOLO DELLA GITTATA

Diversi studi condotti a livello internazionale tra il 1990 e il 2014 hanno evidenziato che la probabilità di rottura di una pala in un anno è compresa tra lo 0,1% e lo 0,7%. La variabilità dei dati è dovuta al

differenti numero di campioni, a differenti tassi di guasto e differenti ore di manutenzione dovute alla rottura. Uno studio americano del 2013, su un campione di circa 10.000 aerogeneratori, caratterizzati dall'essere operativi da anni diversi, ha evidenziato che circa il 2% delle turbine (nei 10 anni di funzionamento) richiedono la sostituzione della pala, considerando però anche tutte le sostituzioni che avvengono nei primi due anni di funzionamento dovute a problemi durante il trasporto e la costruzione.

Lo studio evidenzia inoltre che la causa maggiore di rottura delle pale è dovuta all'impatto con i fulmini. Per questo motivo le normative tecniche prevedono dei sistemi di protezione per gli aerogeneratori, come ad esempio dei sistemi di drenaggio della corrente proveniente dal fulmine. Nel caso però la corrente fulminea superi quella progettuale si possono verificare dei danneggiamenti alla pala e conseguente rottura.

La rottura alla radice della pala causa il suo distacco ed un conseguente volo della pala fino al raggiungimento a terra. Questo fattore deve essere strettamente considerato nella progettazione di un impianto eolico. Una volta ipotizzato il distacco di pala, si va quindi ad analizzare il moto di caduta da essa percorsa. La complessa struttura geometrica ed aerodinamica della pala porta a dover studiare in modo più approfondito il fenomeno del distacco di pala. Infatti, non è possibile dapprima definire che l'angolo a cui vi è la distanza massima percorsa è  $45^\circ$ , come per un classico moto parabolico (moto del proiettile).

Un importante fattore è la gittata, cioè è la distanza percorsa da un corpo lasciato in aria lungo l'asse delle ascisse. Essa dipende fortemente dall'angolo di distacco, dalle caratteristiche della pala come dimensione, peso e profilo aerodinamico, dalla velocità di rotazione del corpo, dalla velocità del vento e dalle forze di attrito che agiscono sulla pala durante il volo.

Inoltre in tali studi risulta che la massima gittata che può raggiungere una pala oscilla tra i 150 e i 200 m a seconda dell'aerogeneratore installato.

Per quanto detto sopra, una piccola parte dell'area 2 dell'impianto oggetto del nostro studio non si trova alla distanza di sicurezza.

## 2.3 ANALISI DI RISCHIO DEGLI INCIDENTI

La valutazione del rischio [R], necessaria per definire le priorità degli interventi di miglioramento della sicurezza, può essere effettuata tenendo conto delle seguenti grandezze:

- entità del danno [E];
- probabilità di accadimento [P].

L'entità del danno [E] è funzione delle conseguenze sulle persone in base ad eventuali conoscenze statistiche o in base al registro degli infortuni o a previsioni ipotizzabili.

La probabilità di accadimento [P], invece, è funzione di valutazioni di carattere tecnico e organizzativo, quali le misure di prevenzione e protezione adottate – collettive e individuali – e funzione dell'esperienza lavorativa degli addetti e del grado di formazione, informazione e addestramento ricevuto.

La metodologia per la valutazione "semi-quantitativa" dei rischi occupazionali generalmente utilizzata è basata sul metodo "a matrice" esposto di seguito.

La probabilità di accadimento è la quantificazione (stima) della probabilità che il danno, derivante da un fattore di rischio dato, effettivamente si verifichi. Essa può assumere un valore sintetico in una scala da 1 a 4, secondo la seguente gamma di soglie di probabilità di accadimento:

Soglia	Descrizione della probabilità di accadimento	Valore
Molto probabile	1) Sono noti episodi in cui il pericolo ha causato danno 2) Il pericolo può trasformarsi in danno con una correlazione 3) Il verificarsi del danno non susciterebbe sorpresa	[P4]
Probabile	1) È noto qualche episodio in cui il pericolo ha causato danno 2) Il pericolo può trasformarsi in danno anche se non in modo automatico 3) Il verificarsi del danno susciterebbe scarsa sorpresa	[P3]
Poco probabile	1) Sono noti rari episodi già verificati 2) Il danno può verificarsi solo in circostanze particolari 3) Il verificarsi del danno susciterebbe sorpresa	[P2]
Improbabile	1) Non sono noti episodi già verificati 2) Il danno si può verificarsi solo per una concatenazione di eventi improbabili e tra loro indipendenti 3) Il verificarsi del danno susciterebbe incredulità	[P1]

L'Entità del danno [E] è la quantificazione (stima) del potenziale danno derivante da un fattore di rischio dato. Essa può assumere un valore sintetico tra 1 e 4, secondo la seguente gamma di soglie di danno:

Soglia	Descrizione della probabilità di accadimento	Valore
Gravissimo	1) Infortunio con lesioni molto gravi irreversibili e invalidità totale o conseguenze letali 2) Esposizione cronica con effetti letali o totalmente invalidanti	[E4]
Grave	1) Infortunio o inabilità temporanea con lesioni significative irreversibili o invalidità parziale 2) Esposizione cronica con effetti irreversibili o parzialmente invalidanti	[E3]
Significativo	1) Infortunio o inabilità temporanea con disturbo o lesioni significative reversibili a medio termine 2) Esposizione cronica con effetti reversibili	[E2]

Lieve	1) Infortunio o inabilità temporanea con effetti rapidamente reversibili 2) Esposizione cronica con effetti rapidamente reversibili	[E1]
-------	--	------

Individuato uno specifico pericolo o fattore di rischio, il valore numerico del rischio [R] è stimato quale prodotto dell'Entità del danno [E] per la Probabilità di accadimento [P] dello stesso.

$$[R] = [P] \times [E]$$

Il Rischio [R], quindi, è la quantificazione (stima) del rischio.

Esso può assumere un valore sintetico compreso tra 1 e 16, come si evince dalla matrice del rischio che si riporta di seguito.

Rischio [R]	Improbabile [P1]	Poco probabile [P2]	Probabile [P3]	Molto probabile [P4]
Danno lieve [E1]	Rischio basso [P1]x[E1]=1	Rischio basso [P2]x[E1]=2	Rischio moderato [P3]x[E1]=3	Rischio moderato [P4]x[E1]=4
Danno significativo [E2]	Rischio basso [P1]x[E2]=2	Rischio moderato [P2]x[E2]=4	Rischio medio [P3]x[E2]=6	Rischio rilevante [P4]x[E2]=8
Danno grave [E3]	Rischio moderato [P1]x[E3]=3	Rischio medio [P2]x[E3]=6	Rischio rilevante [P3]x[E3]=9	Rischio alto [P4]x[E3]=12
Danno gravissimo [E4]	Rischio moderato [P1]x[E4]=4	Rischio rilevante [P2]x[E4]=8	Rischio alto [P3]x[E4]=12	Rischio alto [P4]x[E4]=16

In definitiva, la matrice del rischio è una griglia all'interno della quale da un lato viene riportata la probabilità che un certo evento si verifichi e dall'altro l'impatto che esso può avere.

La probabilità viene definita secondo la seguente scala di valori:

- improbabile [P1];
- poco probabile [P2];
- probabile [P3];
- molto probabile [P4].

L'entità del danno viene, invece, valutata nel seguente modo:

- lieve [E1];
- significativo [E2];
- grave [E3];
- gravissimo [E4].

Il rischio è dato dal valore del prodotto dei due valori:

- rischio basso: R varia da 1 a 2
- rischio moderato: R varia da 3 a 4;
- rischio medio: R varia da 6;
- rischio rilevante: R varia da 8 a 9;

- rischio alto: R varia da 12 a 16.

Essendo alcuni tra questi eventi non del tutto eliminabili o prevenibili a priori, l'obiettivo delle ricerche in ambito di sicurezza è quello di ridurre al minimo sia la probabilità di accadimento (ove possibile) sia il danno da esso procurato, tramite l'implementazione di normative e linee guida specifiche di settore. Applicato agli incedenti di cui si chiede l'analisi, l'accadimento di un dato evento e le conseguenze a elementi sensibili ad esso correlate dipende da una concatenazione di eventi di seguito riportati:

- probabilità che l'evento accada sulla pala eolica o sul pannello fotovoltaico;
- probabilità che, accaduto l'evento, esso causi un danno ad un elemento sensibile.
- fattori che possano alterare la probabilità quali fattori qualitativi e strutturali della pala eolica o del pannello fotovoltaico e fattori atmosferici (vento, tempesta, ecc.)

Può essere quindi definita una serie generica di eventi legati ai seguenti incidenti:

1. distacco di pannello fotovoltaico;
2. distacco di pala eolica da eventuali vicini impianti autorizzati/in fase di autorizzazione, sulla base del calcolo della gittata;

Per quanto riguarda l'impianto oggetto di questo studio, si definiscono di seguito i livelli di danno e probabilità per ciascuno degli eventi sopracitati:

1. Distacco di pannello fotovoltaico.

Il danno risulterebbe pari a "4 – gravissimo"; la probabilità risulta essere pari a "1 – improbabile". Il livello di rischio risulta quindi essere pari a "4 – rischio moderato".

2. Distacco di pala eolica da eventuali vicini impianti autorizzati/in fase di autorizzazione, sulla base del calcolo della gittata.

Il danno risulterebbe pari a "4 – gravissimo"; la probabilità risulta essere pari a "2 – poco probabile". Il livello di rischio risulta quindi essere pari a "8 – rischio rilevante".

## 2.4 SINTESI POSSIBILI RISCHI INCIDENTI E AZIONI MITIGATIVE

Le azioni mitigative sono state analizzate in fase di progettazione dell'impianto fotovoltaico e sono riportate di seguito in tabella:

Evento	Livello rischio	Azione mitigativa
Distacco di pannello fotovoltaico	4 (E=2, P=2)	Il posizionamento dell'impianto a distanza di sicurezza da elementi sensibili, quali unità abitative non stabilmente abitate, la presenza minima di personale addetto all'impianto e l'esigua probabilità che il pannello segua il percorso che lo porti a impattare con un elemento sensibile garantiscono una minimizzazione del rischio.
Distacco di pala eolica da eventuali vicini impianti autorizzati/in fase di autorizzazione, sulla base del calcolo della gittata	8 (E=4, P=2)	Il posizionamento dell'impianto a distanza di sicurezza dagli aerogeneratori limitrofi, la presenza minima di personale addetto all'impianto, l'esigua probabilità che il pannello segua il percorso che lo porti a impattare con un elemento sensibile garantiscono una minimizzazione del rischio.

Ci sembra doveroso osservare che per l'area 2 dell'impianto in questione non sussistono le distanze di sicurezza dall'aerogeneratore limitrofo. Ci preme comunque far osservare che:

- l'area in cui insiste l'impianto fotovoltaico è una minima parte della zona di pericolo di incidenti della pala eolica;
- la presenza dell'impianto fotovoltaico a nostro avviso non aggrava il potenziale rischio già esistente dato dalla presenza dell'aerogeneratore.