



REGIONE
PUGLIA



PROVINCIA DI
FOGGIA



COMUNE DI
TROIA

POTENZIAMENTO DEL PARCO EOLICO DI TROIA SAN CIREO

"REPOWERING" di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica da ubicarsi nel comune di Troia (FG) e delle relative opere di connessione alla Stazione Elettrica SE RTN

POTENZA NOMINALE IMPIANTO: 57.6 MW

ELABORATO

RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

| Livello progetto | Codice Pratica AU | Documento | Codice elaborato | n° foglio | n° tot. fogli | Nome file | Data | Scala |
|------------------|-------------------|-----------|------------------|-----------|---------------|-------------------------|-------------|-------|
| PD | | R | 2.26 | 1 | 13 | R_2.26_ANALISIINCIDENTI | Agosto 2023 | |

REVISIONI

| Rev. n° | Data | Descrizione | Redatto | Verificato | Approvato |
|---------|------------|-------------|---------|------------|-----------|
| 00 | 01/08/2023 | I Emissione | ADORNO | ADORNO | AMBRON |
| | | | | | |
| | | | | | |

PROGETTAZIONE:

MATE System S.r.l.

70020 Cassano delle Murge (BA)

Via Goffredo Mameli, n.5

tel. +39 080 5746758

mail: info@matesystemsrl.it

pec: matesystem@pec.it

IL PROGETTISTA:

Dott.Ing. Francesco Ambron



DIRITTI Questo elaborato è di proprietà della ERG EOLICA SAN VINCENZO S.r.l. pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta della stessa. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.

PROPONENTE:

ERG EOLICA SAN VINCENZO S.r.l.

Via DE MARINI n° 1

16149 GENOVA

ERG Eolica San Vincenzo



| | | |
|---|---|-------------|
| Committente: ERG Eolica San Vincenzo S.r.l. | Progettazione: Mate System Srl - Via Goffredo Mameli, 5 70020 Cassano delle Murge (BA) - Ing. Francesco Ambron | |
| Cod. elab.: R_2.26 | Tipo: Relazione Analisi Incidenti | Formato: A4 |
| Data: 01/08/2023 | | Scala: n.a. |

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 57 600 KW DA UBICARSI IN AGRO DEL COMUNE DI TROIA (FG) E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI TRASMISSIONE NAZIONALE.

COMMITTENTE:
ERG Eolica San Vincenzo S.r.l.

PROGETTAZIONE a cura di:
MATE SYSTEM S.r.l.
Via Goffredo Mameli, 5
70020 – Cassano delle Murge (BA)

Ing. Francesco Ambron

RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|-------------|
| Committente: ERG Eolica San Vincenzo S.r.l. | | Progettazione: Mate System Srl - Via Goffredo Mameli, 5 70020 Cassano delle Murge (BA) - Ing. Francesco Ambron | |
| Cod. elab.: R_2.26 | Tipo: Relazione Analisi Incidenti | | Formato: A4 |
| Data: 01/08/2023 | | | Scala: n.a. |

Sommario

| | |
|---|----|
| 1. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO | 3 |
| 1.1. Descrizione e livello qualitativo dell'opera..... | 3 |
| 2. PROFILO LOCALIZZATIVO DEL PROGETTO | 4 |
| 2.1. Principali caratteristiche dell'area di progetto..... | 4 |
| 3. PREMESSA | 4 |
| 3. METODO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO | 5 |
| 3.1 ROTTURA DELLA PALA DI UN AEREGENERATORE..... | 6 |
| 3.2 DISTACCO DI BRANDELLI DELLA PALA O DI GHIACCIO | 8 |
| 3.3 COLLASSO DELLA STRUTTURA | 8 |
| 3.4 INCENDIO..... | 9 |
| 3.5 INCIDENTI LEGATI AD IMPATTO CON AVIFAUNA E CORPI ESTRANEI | 10 |
| 4 CONCLUSIONI | 11 |

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|-------------|
| Committente: ERG Eolica San Vincenzo S.r.l. | | Progettazione: Mate System Srl - Via Goffredo Mameli, 5 70020 Cassano delle Murge (BA) - Ing. Francesco Ambron | |
| Cod. elab.: R_2.26 | Tipo: Relazione Analisi Incidenti | | Formato: A4 |
| Data: 01/08/2023 | | | Scala: n.a. |

1. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO

La presente relazione, in riferimento al § 7 dell'Allegato 4 del **D.M. 10/09/2010**, illustra i rischi collegati al funzionamento della centrale per la produzione di energia da fonte eolica proposta da ERG EOLICA SAN VINCENZO SRL.

Finalità dell'intervento Scopo del progetto è il "repowering" di un "Parco eolico" per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (vento) e l'immissione dell'energia prodotta, attraverso una opportuna connessione, nella Rete di Distribuzione Nazionale.

La presente relazione costituisce il documento sulla valutazione dei possibili incidenti che potenzialmente possono essere riconducibili ai nuovi aerogeneratori che verranno installati nell'impianto eolico oggetto di questo studio.

1.1. Descrizione e livello qualitativo dell'opera

L'impianto eolico, della potenza di 57 600 kW, insisterà su una vasta area del territorio comunale di Troia (FG) e andrà a sostituire il precedente (codice CENSIMP IM_C16ETS1 convalidato il 16/08/2005) con un progetto di "**repowering**". L'impianto attuale è composto da 15 aerogeneratori da 2MW e verrà sostituito da impianto composto da 8 aerogeneratori dalla potenza cadauno di 7,2 MW di rotore max 175m e altezza tip max 220m. La disposizione delle turbine è stata valutata tenendo in considerazione sia la componente paesaggistica e ambientale (minore impatto ambientale) che quella tecnica (migliore resa energetica a parità di costi dell'impianto).

I principali condizionamenti alla base delle scelte progettuali sono legati ai seguenti aspetti:

- normativa in vigore;
- integrità fisica e messa in sicurezza del territorio;
- presenza di risorse ambientali e paesaggistiche;
- salvaguardia ed efficienza degli insediamenti;
- presenza di infrastrutture (rete elettrica di trasmissione, viabilità, etc.) e di altri impianti;
- orografia e caratteristiche anemologiche del territorio;
- efficienza e innovazione tecnologica.

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|-------------|
| Committente: ERG Eolica San Vincenzo S.r.l. | | Progettazione: Mate System Srl - Via Goffredo Mameli, 5 70020 Cassano delle Murge (BA) - Ing. Francesco Ambron | |
| Cod. elab.: R_2.26 | Tipo: Relazione Analisi Incidenti | | Formato: A4 |
| Data: 01/08/2023 | | | Scala: n.a. |

2. PROFILO LOCALIZZATIVO DEL PROGETTO

2.1. Principali caratteristiche dell'area di progetto

L'area di intervento, destinata ad uso agricolo, è ubicata in agro del comune di Troia, il quale confina a nord con il Comune di Lucera, ad est con il Comune di Foggia, a ovest con i Comuni di Castelluccio Valmaggiore e Biccari, a sud con i Comuni di Orsara di Puglia, Castelluccio dei Sauri e Celle di San Vito. La porzione di territorio interessata dal progetto è caratterizzata da un paesaggio rurale denominato "Tavoliere delle Puglie", tale territorio, sostanzialmente pianeggiante, è collocato ad un'altitudine di circa 340 m s.l.m.. Si tratta di un'ampia zona sub-pianeggiante ad uso seminativo e pascolo caratterizzata da visuali aperte.

Il sito eolico sarà situato nel territorio comunale di Troia, a sud-ovest del centro urbano ad una distanza di circa 2 km dall'abitato del comune stesso. Inoltre il Parco Eolico sarà ubicato a circa 10 km a nord-ovest della SE Terna denominata SE RTN 150 kV di TROIA. La rete viaria esistente è sufficiente a raggiungere i siti con i mezzi speciali necessari al trasporto dei tronchi delle torri, degli aerogeneratori, dei rotor e delle pale. Sono previsti allargamenti temporanei (nella fase di cantiere) per l'accesso dalle Strade Provinciali. L'accesso alle aree del sito sarà oggetto di studio dettagliato in fase di redazione del progetto esecutivo. Il progetto è stato elaborato nel rispetto puntuale del sistema delle tutele introdotto dal PPTR.

3. PREMESSA

La relazione prende in considerazione le seguenti tipologie di incidenti:

- rottura di una pala dell'aerogeneratore o di suoi frammenti;
- distacco di brandelli delle pale o di ghiaccio;
- collasso della struttura;
- incendio.

Nella valutazione del rischio conseguente agli incidenti si deve tenere in considerazione che gli aerogeneratori dell'impianto saranno dotati di certificazione secondo le norme IEC 61400, relativa anche ai sistemi di sicurezza.

Nell'ambito della progettazione del nuovo impianto eolico, uno dei molteplici 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 formazione di ghiaccio a cause di tipo umano, come errori e comportamenti imprevisti. 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 25 ai 30 anni) e da una più complessa combinazione di azioni, le quali hanno implicazioni sul comportamento strutturale e funzionale dell'aerogeneratore.

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|-------------|
| Committente: ERG Eolica San Vincenzo S.r.l. | | Progettazione: Mate System Srl - Via Goffredo Mameli, 5 70020 Cassano delle Murge (BA) - Ing. Francesco Ambron | |
| Cod. elab.: R_2.26 | Tipo: Relazione Analisi Incidenti | | Formato: A4 |
| Data: 01/08/2023 | | | Scala: n.a. |

3. METODO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO

La presente relazione, per ogni situazione di pericolo, stabilisce la probabilità di accadimento e l'entità del danno (conseguenze dell'incidente) per ricavare il livello di rischio in base alla classica matrice ottenuta dalla discretizzazione della relazione:

$$R (\text{rischio}) = f(P,D) = P (\text{probabilità}) \times D (\text{danno o magnitudo})$$

La valutazione quantitativa del rischio viene fatta stimando la probabilità di manifestazione (Improbabile, Poco probabile, Probabile, Altamente probabile) e il livello di gravità del danno (Lieve, Medio, Grave, Molto Grave) sulla base di eventi accaduti e/o dati statistici del settore.

La discretizzazione è stabilita con la tipica matrice di seguito riportata.

| P (probabilità) | | | | | |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------------------------|
| 4 | 4 | 8 | 12 | 16 | |
| 3 | 3 | 6 | 9 | 12 | |
| 2 | 2 | 4 | 6 | 8 | |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | D (danno) |

Il rischio derivante viene classificato:

- rischio elevato per $R > 8$
- rischio medio per $4 \leq R \leq 8$
- rischio basso per $2 \leq R \leq 3$
- rischio minimo per $R = 1$

La quantificazione del rischio, ottenuta discretizzando con valori interi da 1 a 4 la stima della probabilità e del danno, risulta estremamente cautelativa ai fini della sicurezza delle persone e delle cose.

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|-------------|
| Committente: ERG Eolica San Vincenzo S.r.l. | | Progettazione: Mate System Srl - Via Goffredo Mameli, 5 70020 Cassano delle Murge (BA) - Ing. Francesco Ambron | |
| Cod. elab.: R_2.26 | Tipo: Relazione Analisi Incidenti | | Formato: A4 |
| Data: 01/08/2023 | | | Scala: n.a. |

3.1 ROTTURA DELLA PALA DI UN AEREGENERATORE

La rottura delle pale di un aerogeneratore è una delle cause più frequenti di guasto dell'aerogeneratore. Esso può includere sia la rottura dell'intera pala alla radice, sia la rottura di un frammento di essa. Le pale sono costruite in materiale molto più leggero rispetto a quello della torre. Infatti, le pale sono principalmente costituite da vetroresina con inserti in carbonio mentre la torre è prevalentemente costituita da acciai, permettendo che non vi siano troppe sollecitazioni di natura aerodinamica sulla torre e garantendo maggior equilibrio alla struttura.

La probabilità di rottura della pala di un aerogeneratore risulta molto bassa, ma deve essere presa in considerazione in quanto potrebbe comportare conseguenze significative. Si tratta, comunque, di una circostanza eccezionale e comunque i rischi connessi, soprattutto per la salute pubblica, sono estremamente bassi.

La rottura di una pala, spesso avvenuta alla radice di essa, è un evento che ha due cause principali:

1. Rottura del giunto di collegamento tra mozzo e pala. È sovente, infatti, che la rottura avviene tra il longherone (corpo strutturale della pala) ed il mozzo;
2. Fenomeni di fatica sul profilo di pala causati dalla discontinuità della struttura.

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 differente 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°, come per un classico moto parabolico (moto del proiettile).

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|-------------|
| Committente: ERG Eolica San Vincenzo S.r.l. | | Progettazione: Mate System Srl - Via Goffredo Mameli, 5 70020 Cassano delle Murge (BA) - Ing. Francesco Ambron | |
| Cod. elab.: R_2.26 | Tipo: Relazione Analisi Incidenti | | Formato: A4 |
| Data: 01/08/2023 | | | Scala: n.a. |

Il caso della rottura di una pala dell'aerogeneratore o di frammenti, con il calcolo della gittata massima è riportato nell'elaborato "Relazione sulla gittata degli elementi rotanti". Il calcolo restituisce un valore della gittata massima dalla quale si ottiene la distanza massima di impatto di 240 m che tiene già conto della lunghezza e della condizione peggiorativa di atterraggio ad una quota di 40 m sotto la quota di installazione dell'aerogeneratore.

Il layout di progetto assicura una distanza di rispetto degli aerogeneratori dagli edifici, considerati con alta la probabilità di presenza continuativa di persone nell'arco della vita dell'impianto, e dai luoghi con elevata frequentazione di molto superiore a quella della gittata massima.

Per analogia con rischi presenti in altri settori, considerando l'eventualità di un incidente mortale per una persona estranea alla tipologia di attività considerata, si può considerare che

La probabilità di accadimento sia dell'ordine di 1 su un milione per un soggetto stabilmente presente per un anno entro 120 m da una turbina eolica. Il danno conseguente al distacco di una pala può essere molto grave ($D = 4$), però, essendo la probabilità estremamente bassa ($P = 1$), il rischio risultante risulta medio ($R = 4$).

Inoltre, si deve considerare una ulteriore diminuzione della probabilità che una persona venga colpita dalla pala, o di un suo frammento, dovuta alla casualità della direzione di proiezione nel caso di distacco sull'intero angolo giro (360°). Per tali situazioni, essendo la probabilità così bassa, il rischio può essere considerato tendente da medio a minimo.

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|-------------|
| Committente: ERG Eolica San Vincenzo S.r.l. | | Progettazione: Mate System Srl - Via Goffredo Mameli, 5 70020 Cassano delle Murge (BA) - Ing. Francesco Ambron | |
| Cod. elab.: R_2.26 | Tipo: Relazione Analisi Incidenti | | Formato: A4 |
| Data: 01/08/2023 | | | Scala: n.a. |

3.2 DISTACCO DI BRANDELLI DELLA PALA O DI GHIACCIO

Piccoli brandelli di pala potrebbero essere asportati, anche se con probabilità molto remota, in conseguenza di fulminazioni dirette o azioni meccaniche esterne.

Lo stesso dicasi per eventuali formazioni di masse di ghiaccio che, considerate l'area e la quota di installazione dell'impianto, potrebbero formarsi con probabilità molto remota e, in ogni caso, assumerebbero dimensioni limitate. Infatti, la formazione di ghiaccio si ritiene che possa avvenire prevalentemente per congelamento di piccoli ammassi nevosi o in specifiche condizioni meteorologiche con presenza di umidità, o pioggia, e abbassamento della temperatura a causa del vento.

Si deve considerare che il sistema di controllo e monitoraggio (SCADA) dell'aerogeneratore è in grado di fermare la turbina eolica quando i sensori rilevano presenza di ghiaccio o di eventi di scariche atmosferiche (fulmini).

Le distanze percorse in volo dai brandelli della pala o di ghiaccio dipendono da molti fattori quali le dimensioni, la forma, la consistenza (peso specifico), la forza centrifuga nel punto di distacco che dipende dalla posizione della pala e dalla sua velocità di rotazione in relazione alle condizioni di esercizio.

La probabilità può essere considerata come nel caso di distacco della pala ($P = 1$), mentre il danno sarà solo di entità grave ($D = 3$) e il rischio risulta essere basso ($R = 3$).

3.3 COLLASSO DELLA STRUTTURA

L'ipotesi di collasso della struttura dell'aerogeneratore appare piuttosto remota, a meno di forti carenze nella qualifica del terreno eseguita in fase di progettazione esecutiva, nella qualità dell'aerogeneratore e nel processo di costruzione della struttura di fondazione.

Non si può nemmeno trascurare, però, un funzionamento fortemente anomalo dell'aerogeneratore, quale potrebbe derivare ad esempio dalla perdita di una pala con sollecitazione e sbilanciamento della navicella. Oppure, la conseguenza di forti fenomeni di erosione del terreno in condizioni di non corretta manutenzione ordinaria.

Ovviamente, esistono cause naturali eccezionali che possono portare al collasso della struttura, come ad esempio nel caso di terremoti o frane con azione repentina su aree di considerevole ampiezza.

Nei rari casi di cedimento della torre dell'aerogeneratore, si è assistito prevalentemente ad una deformazione con conseguente instabilità non critica, che ha permesso la programmazione tempestiva di un intervento di messa in sicurezza della struttura.

In questa eventualità il danno potrebbe essere di entità molto grave ($D = 4$), l'evento avviene in tempi non brevi e risulta bassissima la probabilità di presenza di persone entro l'area circoscritta dall'altezza di

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|-------------|
| Committente: ERG Eolica San Vincenzo S.r.l. | | Progettazione: Mate System Srl - Via Goffredo Mameli, 5 70020 Cassano delle Murge (BA) - Ing. Francesco Ambron | |
| Cod. elab.: R_2.26 | Tipo: Relazione Analisi Incidenti | | Formato: A4 |
| Data: 01/08/2023 | | | Scala: n.a. |

ribaltamento dell'aerogeneratore ($P = 1$), pertanto il rischio conseguente al collasso della struttura risulta medio ($R = 4$).

Al fine di ridurre l'entità del rischio, vengono svolti con la massima attenzione la caratterizzazione del terreno, la progettazione esecutiva, la realizzazione delle piazzole e delle fondazioni, inoltre, il comportamento dell'aerogeneratore è tenuto sotto controllo analizzando i parametri di funzionamento attraverso il sistema di controllo e monitoraggio (SCADA).

Nel sito eolico non sono presenti strade provinciali e nazionali e, pertanto, è rispettata la distanza di ribaltamento, (art. 7.2 Allegato IV DM 10.09.2010), risultante dalla somma dell'altezza torre e del raggio del rotore.

3.4 INCENDIO

L'aerogeneratore è dotato di protezioni termiche, sia sulle parti meccaniche che elettriche, in grado di far arrestare la turbina in presenza di surriscaldamenti che potrebbero innescare incendi delle apparecchiature interne. Inoltre, la macchina è dotata di presidi antincendio manuali (estintori).

Il fulmine è un fenomeno naturale e imprevedibile, in grado di dar luogo a guasti e anche di innescare un incendio.

Gli aerogeneratori sono dotati di sistemi di protezione dalle scariche atmosferiche che partono dagli apici delle pale e, attraverso bandelle e connessioni elettriche, scaricano le correnti delle scariche atmosferiche (fulmini) direttamente nel sistema di messa a terra realizzato mediante l'armatura delle fondazioni e il dispersore verticale e orizzontale di terra, secondi le specifiche del costruttore della turbina eolica.

La probabilità di fulminazione di un aerogeneratore nell'area dell'impianto eolico di progetto risulta **del 5,3** per milione per una struttura metallica ipotizzata delle stesse dimensioni dell'aerogeneratore, considerando a favore della sicurezza che anche le pale siano metalliche, in base al calcolo eseguito secondo la norma CEI EN 62305-2 con il valore statistico locale di fulmini (N_g) pari a 1,78 fulmini /((anno km^2)).

Nel caso di incendio dell'aerogeneratore si può considerare un danno di entità media ($D=2$), riferita a persone e cose estranee, che può accadere con una probabilità bassissima. Assegnando comunque il valore minimo di discretizzazione alla probabilità ($P=1$), il rischio conseguente all'incendio dell'aerogeneratore risulta basso ($R=2$).

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|-------------|
| Committente: ERG Eolica San Vincenzo S.r.l. | | Progettazione: Mate System Srl - Via Goffredo Mameli, 5 70020 Cassano delle Murge (BA) - Ing. Francesco Ambron | |
| Cod. elab.: R_2.26 | Tipo: Relazione Analisi Incidenti | | Formato: A4 |
| Data: 01/08/2023 | | | Scala: n.a. |

3.5 INCIDENTI LEGATI AD IMPATTO CON AVIFAUNA E CORPI ESTRANEI

L'impatto che ha un impianto eolico sull'avifauna locale è uno dei maggiori punti di studio in fase di localizzazione e progettazione dell'impianto eolico.

Già a livello nazionale ed europeo, vengono definite le cosiddette "Important Bird and Biodiversity Areas (IBA)", aree per la conservazione degli habitat specie di avifauna locale. Tali zone sono state considerate ed esaminate già in fase di analisi preliminare dell'area e si può affermare che tutti gli aerogeneratori sono esterni a tali perimetrazioni.

Ad ogni modo, in qualsiasi area, vi potrebbe essere un possibile impatto con l'avifauna locale. Per questo motivo è previsto un piano di monitoraggio ambientale a corredo del presente progetto definitivo.

Uno studio del 2009 condotto dall'Energy Policy Department dell'University of Sussex, ha evidenziato che, su un campione di 339 aerogeneratori (274 MW) negli USA, la mortalità di avifauna per impatto con turbine eoliche è molto bassa, pari in media a 0,28 morti per ogni GWh prodotto. Lo studio ha stimato che le morti di uccelli causate da impianti a combustibile fossile sono pari a 5,2 morti per ogni GWh prodotto, a causa di deforestazioni, collisioni con elementi delle centrali, fumi tossici in ambiente e, principalmente, accelerazione del cambiamento climatico.

Vi è inoltre, seppur con probabilità molto bassa, il possibile rischio di impatto con altri corpi estranei (es. droni).

La campitura con colori diversi delle pale del rotore o le torri, e altre misure per aumentare il contrasto cromatico fra le varie componenti di un impianto eolico possono ridurre notevolmente il rischio di collisioni con corpi estranei.

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|-------------|
| Committente: ERG Eolica San Vincenzo S.r.l. | | Progettazione: Mate System Srl - Via Goffredo Mameli, 5 70020 Cassano delle Murge (BA) - Ing. Francesco Ambron | |
| Cod. elab.: R_2.26 | Tipo: Relazione Analisi Incidenti | | Formato: A4 |
| Data: 01/08/2023 | | | Scala: n.a. |

4 CONCLUSIONI

Dal prodotto di probabilità e danno si ottiene quindi il livello di rischio associato a tale evento.

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 incidenti analizzati in questo elaborato, 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 turbina eolica;
- Probabilità che, accaduto l'evento, esso causi un danno ad un elemento sensibile.
- Fattori che possano alterare la probabilità quali fattori strutturali della turbina (usura, vita utile ecc.) e fattori atmosferici (vento, tempesta, ecc.)

Può essere quindi definita una serie generica di eventi legati agli incidenti analizzati:

- 1) Rottura della pala e distacco con moto parabolico e impatto con elemento sensibile ad una distanza minore della gittata massima;
- 2) Rottura della torre, collasso della struttura ed impatto elemento sensibile ad una distanza minore della altezza massima dell'aerogeneratore;
- 3) Formazione e caduta di massa di ghiaccio con conseguente impatto con elemento sensibile;
- 4) Fulminazione dell'aerogeneratore con conseguente incendio o rottura di pala e impatto con elemento sensibile;
- 5) Impatto possibile con avifauna e corpi estranei.

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

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|-------------|
| Committente: ERG Eolica San Vincenzo S.r.l. | | Progettazione: Mate System Srl - Via Goffredo Mameli, 5 70020 Cassano delle Murge (BA) - Ing. Francesco Ambron | |
| Cod. elab.: R_2.26 | Tipo: Relazione Analisi Incidenti | | Formato: A4 |
| Data: 01/08/2023 | | | Scala: n.a. |

| Evento | Livello Rischio | Azione Mitigativa |
|--|-------------------------------|---|
| Incidente associato alla rottura della pala | 4 D=4, P=1 | Il posizionamento degli aerogeneratori a distanze di sicurezza da elementi sensibili, considerando anche gli studi sulla gittata massima della pala distaccata, dettagliati nel documento garantiscono un'aminimizzazione del rischio. |
| Incidente associato alla rottura della torre e collasso della struttura | 4 (D=4, P=1) | Un corretto dimensionamento delle fondazioni ed una corretta esecuzione del progetto in fase di costruzione garantiscono una riduzione del rischio. Inoltre, il rischio è ulteriormente mitigato dal mantenimento di distanze maggiori della altezza massima della turbina da elementi sensibili, al fine di prevenire l'impatto in caso di collasso della struttura. |
| Incidente associato a fulminazione | 4 (D=4, P=1) | Evento mitigato dal mantenimento di distanze di sicurezza da elementi sensibili e dall'installazione di sistemi anti-fulminazione. |
| Incidente a caduta massa di ghiaccio | 6 (D=3, P=2) | Evento mitigato da mantenimento di distanze di sicurezza da elementi sensibili. Le distanze raggiungibili dai corpi estranei dipendono da diversi fattori come dimensione, conformazione e consistenza della massa, forza centrifuga raggiunta dalle pale (in funzione della loro velocità di rotazione), altezza e punto di distacco della massa. L'assenza di elementi sensibili e/o aree ad elevata frequentazione umana permettono di considerare contenuto il rischio legato ad eventuali fenomeni di distacco delle masse ghiacciate. |
| Impatto con avifauna e corpi estranei | 4 (D=2, P=2) | Si prevede infatti l'installazione di sistemi per il rispetto delle corrette misure di sicurezza per la visibilità degli aerogeneratori, quali illuminazione notturne e campiture rosse sulle pale. |