

Integrale ricostruzione dell'impianto eolico VRG-040

Progetto definitivo

Oggetto:

040-68 - Relazione sull'analisi di possibili incidenti

Proponente:

VRgwind 040

VRG Wind 040 S.r.l.
Via Algardi 4
Milano (MI)

Progettista:

 **Stantec**

Stantec S.p.A.
Centro Direzionale Milano 2, Palazzo Canova
Segrate (Milano)

Rev. N.	Data	Descrizione modifiche	Redatto da	Rivisto da	Approvato da
00	03/06/2022	Prima Emissione	M. Carnevale	M. Terzi	L. Lavazza
01	05/08/2022	Integrati Commenti	A. Bellisai	M. Carnevale	P. Polinelli
02	12/04/2024	Integrazioni Volontarie	V. Gionti	M. Carnevale	P. Polinelli
03	15/05/2024	Integrazioni Volontarie	L. Di Matteo	M. Carnevale	P. Polinelli

Fase progetto: Definitivo	Formato elaborato: A4
----------------------------------	------------------------------

Nome File: **040-68.03 - Rel analisi di possibili incidenti .docx**

Indice

1	PREMESSA	3
1.1	Descrizione del proponente	3
1.2	Contenuti della relazione	4
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	5
3	GLI AEROGENERATORI E IL LORO FUNZIONAMENTO	7
3.1	Caratteristiche degli aerogeneratori del nuovo impianto in progetto.....	9
4	ANALISI DEI POSSIBILI INCIDENTI.....	11
4.1	Incidenti legati alla rottura delle pale dell'aerogeneratore	11
4.2	Incidenti legati alla rottura della torre e al collasso della struttura	12
4.3	Incidenti legati al lancio di ghiaccio	13
4.4	Incidenti legati a possibili fulminazioni.....	14
5	ANALISI DI RISCHIO DEGLI INCIDENTI	15
6	SINTESI POSSIBILI INCIDENTI ED AZIONI MITIGATIVE	18

Indice delle figure

Figura 2-1: Inquadramento territoriale dell'impianto VRG Wind 040.....	5
Figura 2-2: Inquadramento su ortofoto dell'area dell'impianto VRG-040 nel suo stato di fatto e nello stato di progetto. In evidenza i settori nei comuni di Villafrati (sopra) e Campofelice di Fitalia (sotto).	6
Figura 3-1: Elementi tipici di un aerogeneratore.....	8
Figura 3-2: Caratteristiche dettagliate dei componenti presenti in una turbina eolica	8
Figura 3-3: Vista e caratteristiche di un aerogeneratore da 6,0 MW	10
Figura 5-1: Matrice di Rischio.....	15

1 PREMESSA

Stantec S.p.A., in qualità di Consulente Tecnico, è stata incaricata da Sorgenia S.p.A. di redigere il progetto definitivo per il potenziamento dell'esistente impianto eolico ubicato nei Comuni di Campofelice di Fitalia (PA), Villafrati (PA) e Ciminna (PA), costituito da 35 aerogeneratori di potenza 0,85 MW ciascuno, con una potenza complessiva dell'impianto pari a 29,75 MW installati.

L'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori dell'impianto viene convogliata tramite cavidotto interrato MT da 20 kV, alla Sottostazione Utente, ubicata nel comune di Ciminna. L'allacciamento dell'impianto alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) avviene attraverso un collegamento direttamente alla Cabina Primaria di Ciminna di Enel Distribuzione, la quale a sua volta è collegata in entra-esce sulla linea esistente AT a 150 kV "Ciminna-Castronovo".

L'intervento in progetto consiste nella sostituzione delle 35 turbine eoliche dell'impianto esistente con 11 aerogeneratori di potenza nominale pari a 6 MW ciascuno. Si prevede di collegare gli 11 aerogeneratori di progetto alla Sottostazione di trasformazione MT/AT del comune di Ciminna mediante un cavo interrato MT da 33 kV. Il seguente progetto di repowering consente di aumentare notevolmente la potenza complessivamente prodotta dall'impianto, riducendo gli impatti sul territorio grazie al più ridotto numero di aerogeneratori impiegati. Inoltre, la maggior efficienza dei nuovi aerogeneratori comporta un aumento considerevole dell'energia specifica prodotta, riducendo in maniera proporzionale la quantità di CO₂ equivalente.

1.1 Descrizione del proponente

Il soggetto proponente del progetto in esame è VRG Wind 040 S.r.l., interamente parte del gruppo Sorgenia Spa, uno dei maggiori operatori energetici italiani.

Il Gruppo è attivo nella produzione di energia elettrica con oltre 4.750 MW di capacità di generazione installata e oltre 400.000 clienti in fornitura in tutta Italia. Efficienza energetica e attenzione all'ambiente sono le linee guida della sua crescita. Il parco di generazione, distribuito su tutto il territorio nazionale, è costituito dai più avanzati impianti a ciclo combinato e da impianti a fonte rinnovabile, per una capacità di circa 370 MW tra biomassa ed eolico. Nell'ambito delle energie rinnovabili, il Gruppo, nel corso della sua storia, ha anche sviluppato, realizzato e gestito impianti di tipo fotovoltaico (ca. 24 MW), ed idroelettrico (ca. 33 MW). In quest'ultimo settore, Sorgenia è attiva con oltre 75 MW di potenza installata gestita tramite la società Tirreno Power, detenuta al 50%.

Il Gruppo Sorgenia, tramite le sue controllate, fra le quali VRG Wind 040 S.r.l., è attualmente impegnata nello sviluppo di un importante portafoglio di progetti rinnovabili di tipo eolico, fotovoltaico, biometano, geotermico ed idroelettrico, caratterizzati dall'impiego delle Best Available Technologies nel pieno rispetto dell'ambiente.

1.2 Contenuti della relazione

Il presente documento costituisce revisione dell'elaborato depositato in fase di prima istanza per una modifica di layout sopraggiunta a seguito di approfondimenti sulle caratteristiche ed il rischio geomorfologico del sito che hanno portato ad una ottimizzazione della localizzazione degli aerogeneratori e delle relative opere, volta a garantire la stabilità idrogeomorfologica dei versanti, nonché alla minimizzazione dell'entità di scavi e riporti.

La presente relazione rappresenta 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.

Il capitolo 2 descrive in generale il sito ed il layout degli aerogeneratori di nuova costruzione.

Il capitolo 3 descrive in generale le caratteristiche tecniche e costruttive di un aerogeneratore moderno di grossa taglia ed espone brevemente il suo funzionamento.

Nel capitolo 4 vengono descritti i possibili di incidenti riconducibili agli aerogeneratori, individuati per diverse classi di incidente.

Il capitolo 5 affronta il tema della probabilità di accadimento degli incidenti individuati, mentre nel capitolo 6 vengono discusse le scelte progettuali che sono state adottate per mitigare sia l'accadimento, sia le eventuali ripercussioni dei possibili incidenti.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito in cui è ubicato il parco eolico oggetto di Repowering, denominato VRG-040, è collocato nei comuni di Villafrati, Ciminna, Campofelice di Fitalia e Mezzojuso, nella provincia di Palermo, in Sicilia.

L'impianto VRG-040 è localizzato a circa 30 km a Sud dal capoluogo, a 2 km in direzione Sud-Est rispetto al centro urbano del Comune di Villafrati ed a 0,8 km in direzione Sud/Sud-Ovest rispetto al centro storico di Campofelice di Fitalia.



Figura 2-1: Inquadramento territoriale dell'impianto VRG Wind 040.

L'impianto eolico VRG-040 è situato in una zona prevalentemente collinare non boschiva caratterizzata da un'altitudine media pari a circa 700 m, ma con rilievi montuosi non trascurabili, con sporadiche formazioni di arbusti e la presenza di terreni seminativi/incolti.

Gli aerogeneratori di progetto ricadono all'interno dei seguenti fogli catastali:

- Fogli 5, 8, 11, 13 nel comune di Campofelice di Fitalia;
- Fogli 15, 16, 17, 18 nel comune di Villafrati;
- Foglio 28 nel comune di Mezzojuso.

L'intervento di integrale ricostruzione e potenziamento dell'impianto consiste nello smantellamento dei 35 aerogeneratori esistenti e la relativa sostituzione con 11 turbine eoliche di potenza ed efficienza maggiore.

In Figura 2-2 è riportato l'inquadratura territoriale dell'area, con la posizione degli aerogeneratori su ortofoto nel suo stato di fatto e nel suo stato di progetto.

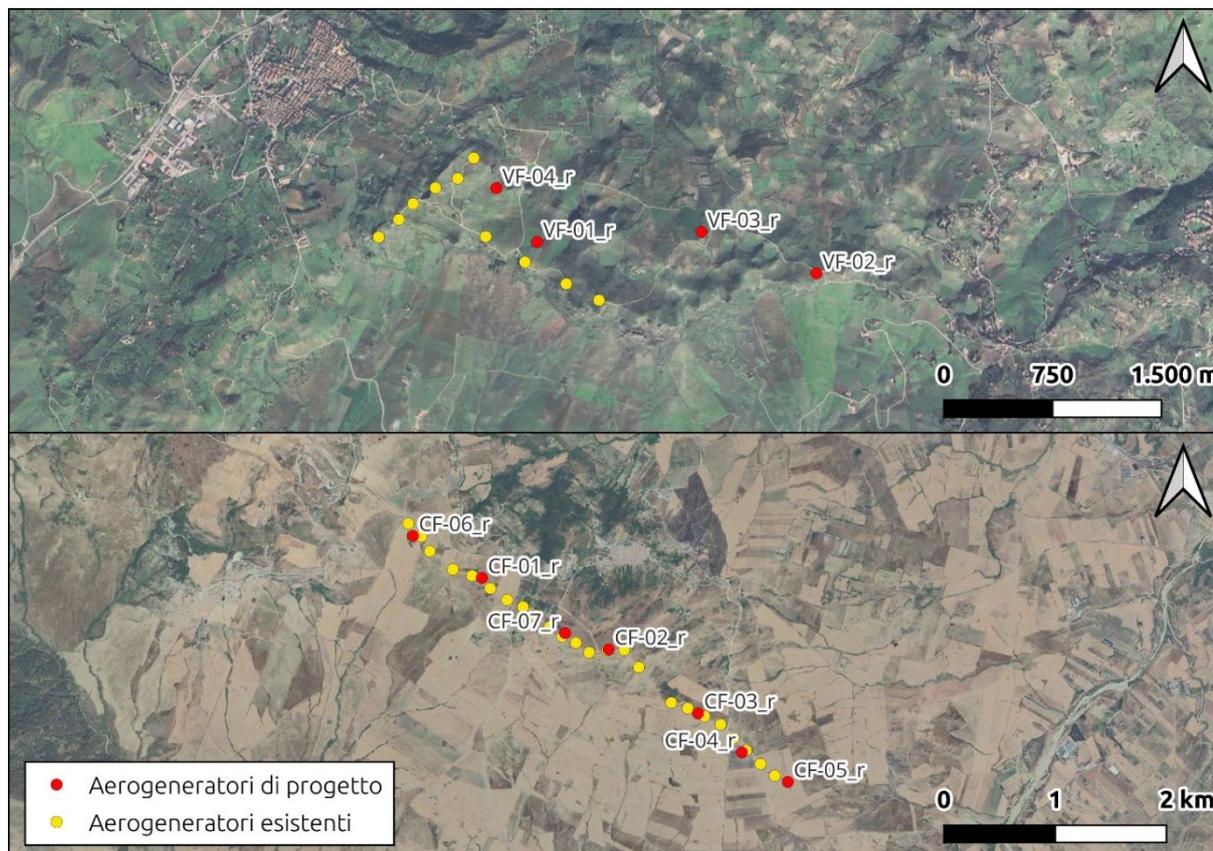


Figura 2-2: Inquadratura su ortofoto dell'area dell'impianto VRG-040 nel suo stato di fatto e nello stato di progetto. In evidenza i settori nei comuni di Villafrati (sopra) e Campofelice di Fitalia (sotto).

Si riporta in formato tabellare un dettaglio sulla localizzazione delle turbine eoliche di nuova costruzione, in coordinate WGS84 UTM fuso 33 N:

Tabella 1: Localizzazione geografica degli aerogeneratori di nuova costruzione

ID	Comune	Est [m]	Nord [m]
VF-01_r	Villafrati	368426	4195457
VF-02_r	Villafrati	370351	4195239
VF-03_r	Villafrati	369560	4195527
VF-04_r	Villafrati	368145	4195831
CF-01_r	Mezzojuso	365474	4187475
CF-02_r	Campofelice di Fitalia	366612	4186827
CF-03_r	Campofelice di Fitalia	367414	4186249
CF-04_r	Campofelice di Fitalia	367808	4185895
CF-05_r	Campofelice di Fitalia	368221	4185627
CF-06_r	Campofelice di Fitalia	364855	4187855
CF-07_r	Campofelice di Fitalia	366221	4186975

3 GLI AEROGENERATORI E IL LORO FUNZIONAMENTO

Un aerogeneratore (o turbina eolica) è, in generale, costituito dai seguenti sottosistemi principali:

- il rotore, che trasforma l'energia cinetica del vento in energia meccanica mediante tre pale, opportunamente sagomate secondo un profilo aerodinamico e montate su un asse orizzontale o verticale rispetto al terreno;
- l'apparato di conversione dell'energia meccanica in energia elettrica, basato su un generatore elettrico rotante azionato dal rotore eolico attraverso un sistema di trasmissione, che spesso comprende un moltiplicatore di giri per ottenere la velocità appropriata per il generatore;
- il convertitore statico di frequenza e tensione, se necessario per ottenere una potenza elettrica con caratteristiche diverse da quelle in uscita dal generatore ed appropriate all'immissione nella rete elettrica.

Nelle macchine ad asse orizzontale, come quelle attualmente presenti nell'impianto eolico oggetto della presente relazione, il rotore ha di norma tre pale, generalmente costruite in vetroresina con eventuali rinforzi in fibra di carbonio. Le pale sono a passo variabile, cioè il loro angolo di calettamento al mozzo può essere variato da un servomeccanismo comandato dal sistema di controllo dell'aerogeneratore. Gli aerogeneratori ad asse orizzontale comprendono, oltre al rotore, i seguenti componenti strutturali principali:

- la navicella o gondola, in cui sono alloggiati gli alberi di trasmissione, il moltiplicatore di giri, il generatore, eventuali altri componenti elettrici e le apparecchiature ausiliarie e di controllo; la navicella viene orientata dal sistema di controllo per mantenere l'asse del rotore allineato alla direzione del vento;
- il sostegno, generalmente metallico con struttura tubolare o a traliccio, che ha la funzione di mantenere il rotore ad un'altezza opportuna rispetto al suolo (la velocità del vento tende ad aumentare con l'altezza) ed appoggia, a sua volta, su una fondazione in calcestruzzo armato.

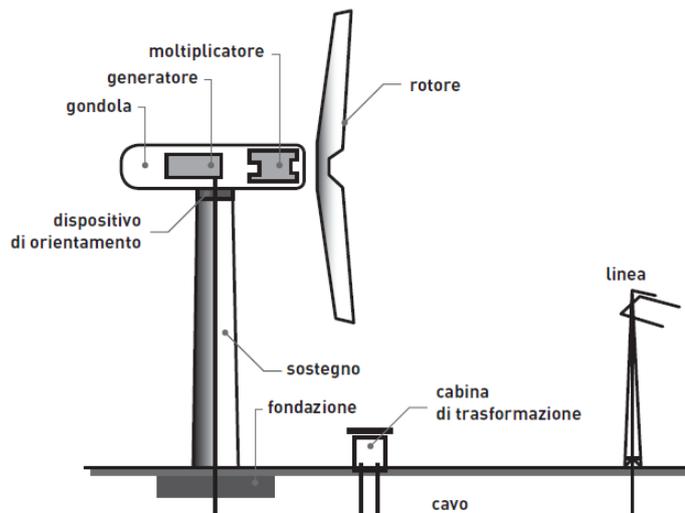


Figura 3-1: Elementi tipici di un aerogeneratore

La figura successiva mostra un dettaglio del rotore e della navicella:



Figura 3-2: Caratteristiche dettagliate dei componenti presenti in una turbina eolica

Il meccanismo di funzionamento della macchina è il seguente: la vena fluida impatta contro le pale della turbina, mettendo in moto rotatorio il rotore. Il rotore, che è calettato al generatore elettrico attraverso l'albero lento, il moltiplicatore di giri e l'albero veloce, trasferisce l'energia cinetica al generatore, il quale a sua volta la converte in energia elettrica.

Il trasformatore presente in navicella innalza la tensione dell'energia prodotta e attraverso un sistema di cavidotti l'energia prodotta viene immessa nella rete nazionale.

3.1 Caratteristiche degli aerogeneratori del nuovo impianto in progetto

Gli aerogeneratori che verranno installati nel nuovo impianto oggetto di questo studio saranno selezionati sulla base delle più innovative tecnologie disponibili sul mercato. La potenza nominale delle turbine previste sarà pari a massimo 6,0 MW. Il tipo e la taglia esatta dell'aerogeneratore saranno comunque individuati in seguito della fase di acquisto della macchina e verranno descritti in dettaglio in fase di progettazione esecutiva. Tuttavia, le dimensioni massime dell'aerogeneratore saranno 170 m di diametro del rotore e 125 m di altezza del mozzo.

Si riportano di seguito le principali caratteristiche tecniche di un aerogeneratore con potenza nominale pari a 6,0 MW:

Tabella 2: Caratteristiche tecniche aerogeneratore

Potenza nominale	6,0 MW
Diametro del rotore	Fino a 170 m
Lunghezza della pala	83,5 m
Corda massima della pala	4,5 m
Area spazzata	22.698 m ²
Altezza al mozzo	Fino a 125 m
Classe di vento IEC	III A
Velocità cut-in	3 m/s
V nominale	10 m/s
V cut-out	25 m/s

Nell'immagine seguente è rappresentata una turbina con rotore di diametro pari a 170 m e potenza fino a 6,0 MW:

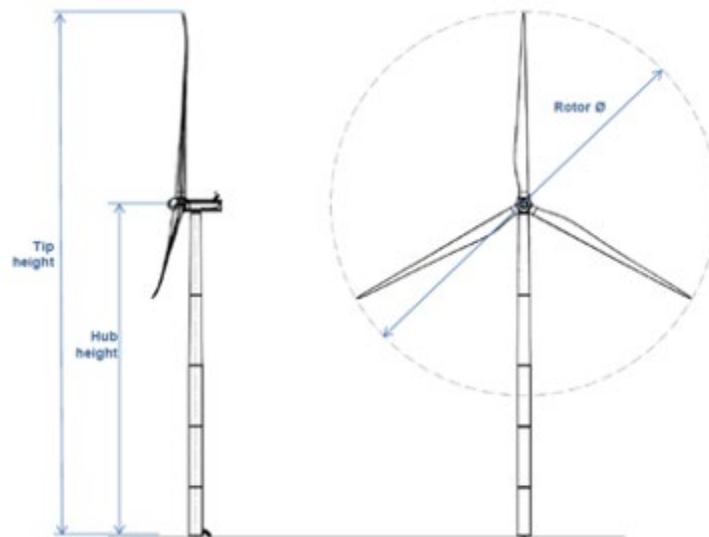


Figura 3-3: Vista e caratteristiche di un aerogeneratore da 6,0 MW

Ogni aerogeneratore è equipaggiato di generatore elettrico asincrono, di tipo DFIG (Directly Fed Induced Generator) che converte l'energia cinetica in energia elettrica ad una tensione nominale di 690 V. È inoltre presente su ogni macchina il trasformatore MT/BT per innalzare la tensione di esercizio da 690 V a 33.000 V.

4 ANALISI DEI POSSIBILI INCIDENTI

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.

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

- Incidenti legati alla rottura delle pale dell'aerogeneratore;
- Incidenti legati alla rottura della torre e al collasso della struttura;
- Incidenti legati al lancio di ghiaccio;
- Incidenti legati a possibili fulminazioni.

4.1 Incidenti legati alla rottura delle pale dell'aerogeneratore

Una delle cause di guasto dell'aerogeneratore è la rottura delle pale. Essa può includere sia la rottura dell'intera pala alla radice, sia la rottura di un frammento di essa.

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 usura sul profilo di pala causati dalla discontinuità della struttura.

La rottura alla radice della pala causa il suo distacco ed un conseguente volo della pala fino al raggiungimento a terra.

Un importante fattore è quindi 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 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.

Il calcolo della Gittata, affrontato nell'elaborato "040-69 - Relazione gittata massima elementi rotanti per rottura accidentale", è necessario per la finalizzazione del posizionamento delle turbine.

Dall'elaborato si evince che la massima gittata per l'aerogeneratore di riferimento è pari a **213,87** metri. Tutti gli aerogeneratori si trovano ad una distanza da recettori sensibili maggiore rispetto alla gittata massima calcolata.

Due soli aerogeneratori (CF 01 r e CF 06 r) si trovano ad una distanza da strada (SP82) inferiore alla gittata massima. Tuttavia, la stima della gittata massima proposta è basata su un calcolo conservativo che non tiene conto delle forze di attrito dell'aria, sottolineando così un carattere precauzionale dell'analisi presentata.

Inoltre, al netto delle assunzioni conservative, la probabilità di accadimento è ulteriormente mitigata dal fatto che la pala dovrebbe distaccarsi esattamente in direzione della strada e che l'area di collisione coincida nel tempo e nello spazio con la traiettoria percorsa dal bersaglio: infatti, a differenza di un classico recettore sensibile, che è sempre collocato in un punto dello spazio, la probabilità che la pala distaccata collida con un'autovettura in transito è a sua volta funzione della densità di traffico, pertanto le probabilità sono da considerarsi ulteriormente ridotte. In aggiunta la strada provinciale in esame SP82 è una strada caratterizzata da traffico estremamente ridotto ed utilizzata prevalentemente dagli agricoltori.

Ad ogni modo le pale degli aerogeneratori di progetto sono realizzate in fibra di vetro rinforzato con materiali plastici quali fibre epossidiche. Questi materiali permettono di limitare fortemente la probabilità di distacco. Anche in caso di rottura le fibre che compongono la pala la mantengono unita, e i sistemi di sicurezza e controllo possono intervenire riducendo la velocità di rotazione tempestivamente.

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

4.2 Incidenti legati alla rottura della torre e al collasso della struttura

La rottura di una pala o di un frammento di essa, descritta al paragrafo 4.1, è a sua volta una delle cause principali della rottura della torre e del collasso della struttura. La rottura di pala genera un moto irregolare nel rotore che può provocare il contatto con altri elementi dell'aerogeneratore o con il terreno.

Il moto irregolare del rotore causa una perdita della stabilità strutturale dell'aerogeneratore e una serie di deformazioni/inflessioni sull'aerogeneratore. Questo può portare a:

1. Ribaltamento della navicella;

2. Deformazione della torre;
3. Ribaltamento dell'intero sistema torre-fondazione.

Questo terzo elemento è sicuramente il più impattante, poiché causa la caduta dell'intera torre, alta più di 100 metri con possibile impatto su elementi sensibili, dato lo scalzamento dell'intera fondazione.

Vi sono ulteriori cause naturali che possono causare il collasso della struttura quali terremoti o ulteriori catastrofi naturali. Queste cause non sono prevenibili ma la corretta mitigazione del rischio può ridurre sostanzialmente la probabilità di accadimento dell'incidente ed il danno ad esso associato.

Al fine di mitigare questo rischio, genericamente non si va ad agire direttamente sulla struttura dell'aerogeneratore ma è importante:

- Definire un corretto dimensionamento delle fondazioni, valutando tutti i carichi in gioco e la struttura del suolo;
- Porre ove possibile gli aerogeneratori a distanza di sicurezza da elementi sensibili;
- Mantenere conformità tra quanto definito in fase di progettazione e quanto applicato in fase di esecuzione.

4.3 Incidenti legati al lancio di ghiaccio

L'impianto eolico oggetto di questo studio è situato in un'area collinare con elevazione massima intorno ai 920 metri s.l.m. Data l'elevazione, l'area può essere caratterizzata da climi freddi durante l'inverno con la, seppur minima, possibilità di formazione di ghiaccio lungo le pale e la conseguente potenziale caduta di frammenti di ghiaccio da un'altezza che varia tra i 40 e i 200 metri.

Il percorso della massa di ghiaccio al momento della caduta non è facilmente prevedibile a priori dati i numerosi fattori in gioco: peso della massa di ghiaccio, posizione della massa lungo la pala, angolo e velocità della pala al momento del distacco della massa di ghiaccio, altezza dell'aerogeneratore e velocità del vento.

Il rischio può essere definito come basso, considerando la combinazione delle condizioni climatiche, l'assenza di persone stabili in sito e l'utilizzo da parte degli aerogeneratori di funzionalità di Ice Detection, la quale ha il compito di individuare la formazione di ghiaccio sulle pale ed evitare eventuali problematiche strutturali e di sicurezza.

4.4 Incidenti legati a possibili fulminazioni

L'impatto di un fulmine su un aerogeneratore può causare i seguenti incidenti:

- Incendio, favorito anche dalla presenza di sostanze infiammabili (es. materiale pale, olio di raffreddamento nella navicella). Una volta che l'incendio è innescato nella turbina eolica, la situazione può evolvere rapidamente poiché la presenza di forti venti può causare un aumento della fornitura di ossigeno e di conseguenza la crescita dell'incendio. In queste condizioni la maggior parte delle turbine può subire danni strutturali sulle proprie componenti. Tuttavia, per evitare tali situazioni vengono adottati sistemi di protezione attivi, come sistemi di allarme, rilevamento fumi e sistemi di soppressione, e passivi, come sistemi di protezione dai fulmini e uso di oli idraulici e lubrificanti non combustibili.
- Rottura della pala o di un frammento di essa. L'incendio può causare la rottura di pala, provocando il volo di quest'ultima ed il possibile impatto con elementi sensibili nella zona. Maggiori dettagli sono riportati al paragrafo 4.1 e nel documento "040-69 - Relazione gittata massima elementi rotanti per rottura accidentale".

Per evitare incidenti legati a possibili fulminazioni, gli aerogeneratori sono dotati di sistemi anti-fulmini formati da un sistema di recettori metallici applicato sulle pale, che permettono la messa a terra della corrente proveniente dal fulmine stesso. La norma CEI 81-1 evidenzia che questi sistemi di protezione devono essere della classe più elevata (Classe I).

5 ANALISI DI RISCHIO DEGLI INCIDENTI

Il livello rischio legato ad un incidente è funzione del danno provocato, e della probabilità di accadimento dell'evento come da relazione illustrata di seguito:

$$R = f(P, D) = P \times D$$

Dove:

- R è il rischio
- P è la probabilità di accadimento dell'evento
- D è la magnitudo del danno causato dall'evento

L'analisi quantitativa del rischio è effettuata assegnando un numero da 1 a 4 sia alla probabilità che al danno. Si può quindi definire una matrice di rischio per identificarne la portata come fatto di seguito:

	4	3	2	1	
Probabilità (P)	4	4	8	12	16
	3	3	6	9	12
	2	2	4	6	8
	1	1	2	3	4
	Probabilità / Rischio	1	2	3	4
					Danno / Magnitudo (D)

Figura 5-1: Matrice di Rischio

La classificazione dei livelli è la seguente:

1. Probabilità:

- **P=1** -> evento molto improbabile (concatenamento di una serie di eventi molto improbabili; evento che praticamente non si è mai verificato);
- **P=2** -> evento poco probabile, accaduto raramente;
- **P=3** -> evento probabile, con già alcuni riscontri nella letteratura;
- **P=4** -> evento molto probabile.

2. Danno

- **D=1** -> danno lieve;
- **D=2** -> danno di modesta entità;
- **D=3** -> danno grave;
- **D=4** -> danno molto grave.

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 distaccamento 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.

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. Rottura della pala e distacco con moto parabolico e danno ad elemento sensibile. Il **danno** risulterebbe pari a “**4 – danno molto grave**”, ma la **probabilità** risulta essere pari a “**1 – evento molto improbabile**”, dato che si è mantenuta, da tutti i recettori sensibili identificati, una distanza maggiore della gittata massima. **Il livello di rischio** risulta quindi essere pari a **4**;
2. Rottura della torre, collasso della struttura e danno ad elemento sensibile. Il **danno** risulterebbe pari a “**4 – danno molto grave**” ma la **probabilità** risulta essere pari a “**1 – evento molto improbabile**”, dato che si è mantenuta dai recettori sensibili identificati una distanza maggiore della altezza massima della turbina, come riportato anche nelle linee guida del 10 settembre 2010, e dato che è previsto il corretto dimensionamento delle fondazioni ed una corretta esecuzione del progetto in fase di costruzione,. **Il livello di rischio** risulta quindi essere pari a **4**;
3. Formazione e caduta di massa di ghiaccio con conseguente impatto con elemento sensibile. Il **danno** risulterebbe come “**3 – danno grave**” ma la **probabilità** risulta essere pari a “**1 – evento molto improbabile**”, date le condizioni climatiche e l'utilizzo da parte degli aerogeneratori di funzionalità di Ice Detection e dato che si sono mantenute distanze di sicurezza dai recettori sensibili identificati. **Il livello di rischio** risulta quindi essere pari a **3**;
4. Fulminazione dell'aerogeneratore con conseguente incendio o rottura di pala e impatto con elemento sensibile. Il **danno** risulterebbe come “**4 – danno molto grave**” ma la **probabilità** pari a “**1 – evento molto improbabile**”. Infatti, nel dimensionamento del parco eolico, oltre a mantenere le distanze dai recettori sensibili identificati, come definito dalle normative tecniche, è prevista l'installazione di sistemi anti-fulminazione che riducono ulteriormente la probabilità dell'evento. **Il livello di rischio** risulta quindi essere pari a **4**.

6 SINTESI POSSIBILI INCIDENTI ED AZIONI MITIGATIVE

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

Evento	Livello Rischio	Azione Mitigativa
Incidente associato alla rottura della pala	4 (D=4, P=1)	La disposizione degli aerogeneratori, tenendo conto delle distanze di sicurezza dai recettori sensibili e degli studi sulla gittata massima della pala distaccata, dettagliati nel documento " <u>040-69 - Relazione gittata massima elementi rotanti per rottura accidentale</u> ", garantisce una minimizzazione 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 recettori 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 recettori sensibili e dall'installazione di sistemi anti-fulminazione.
Incidente a caduta massa di ghiaccio	3 (D=3, P=1)	Evento mitigato dal mantenimento di distanze di sicurezza da recettori sensibili e da condizioni climatiche sfavorevoli alla formazione di ghiaccio.