

IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO DA 33,91 MWp (30 MW in immissione) Comune di Castellaneta (TA)

PROPONENTE: KEA01 S.r.l.

Via Vittor Pisani n.28
20124, Milano
P.Iva: 12090160966
Pec: kea01@legalmail.it


GRUPPO DI LAVORO:

Coordinamento sviluppo: Kenergia S.r.l. - Ing. Giovanni Simoni - Ing. Giuliana Intreccialagli

KENERGIA S.r.l.

Sede Legale: Via Eleonora Duse n.53, 00197, Roma
Sede Operativa: Via Settebagni n.390, 00139; Roma

Tel: 06 83764509
P.Iva: 09217271007

 **kenergia**[®]



Progettazione tecnica: Full Service Company S.r.l.

Via del Commercio n.14/A
60021, Camerano (AN)
P.Iva: 02743840429
Pec: fullservicecompany@legalmail.it
Responsabile tecnico: Ing. Giovanni Spiezia Albo degli ingegneri di Ancona n. A1834

**FullService**
COMPANY

Aspetti ambientali e paesaggistici:

Arch. Nicola F. Fuzio: coordinamento generale e paesaggistico
Dott. Biologo Michele Bux: aspetti naturalistici flora, fauna, habitat ed ecosistemi
Dott. Geologo Vito Pellegrini: geologia e geomorfologia
Dott. Geologo Francesco Pezzati: idrologia e compatibilità idraulica
Società CAST: archeologia
Dott. Agronomo Vito N. Mancino: aspetti agronomici

Rev.	Data	Descrizione	Dis.	Contr.	App.
1	Nov. 2023	Progetto definitivo	T.O.	G.I.	G.I.
Nome Progetto: Impianto Agro-Fotovoltaico Castellaneta			Codice Documento: FU000721-G055		
Nome Documento: Relazione gittata elementi rotanti			Scala:		

SOMMARIO

SOMMARIO	1
1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	2
2 INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA	3
3 STUDIO DEL PROBLEMA PER IL CASO DI SPECIE	3
4 CONCLUSIONI	4
5 APPENDICE: CALCOLO DELLA TRAIETTORIA DI UNA PALA EOLICA IN CONDIZIONI NOMINALI DI FUNZIONAMENTO – VESTAS ITALIA	5

1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La società KEA01 S.r.l. ("Kea01" o "la Società") intende realizzare nel Comune di Castellaneta (TA) un impianto agro-fotovoltaico per l'implementazione dell'attività agricola con produzione di energia elettrica con tecnologia fotovoltaica ed ha presentato l'istanza per la Verifica di Impatto Ambientale in data 05 Aprile 2022.

L'impianto combinato con l'attività agricola sarà realizzato su inseguitori mono-assiali doppio modulo in modo da permettere le lavorazioni con mezzi agricoli al di sotto dei moduli fotovoltaici.

L'impianto avrà una potenza complessiva installata di 33,908 MWp (30 MW in immissione) e sarà integrato con un sistema di accumulo dell'energia elettrica da 5 MW. L'energia prodotta sarà immessa nella Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

L'impianto agro-fotovoltaico si svilupperà su una superficie di circa 57 Ha posta all'interno di un fondo agricolo di superficie complessiva pari a 186 Ha di cui coltivati 170 Ha.; i terreni attualmente sono coltivati a seminativo.

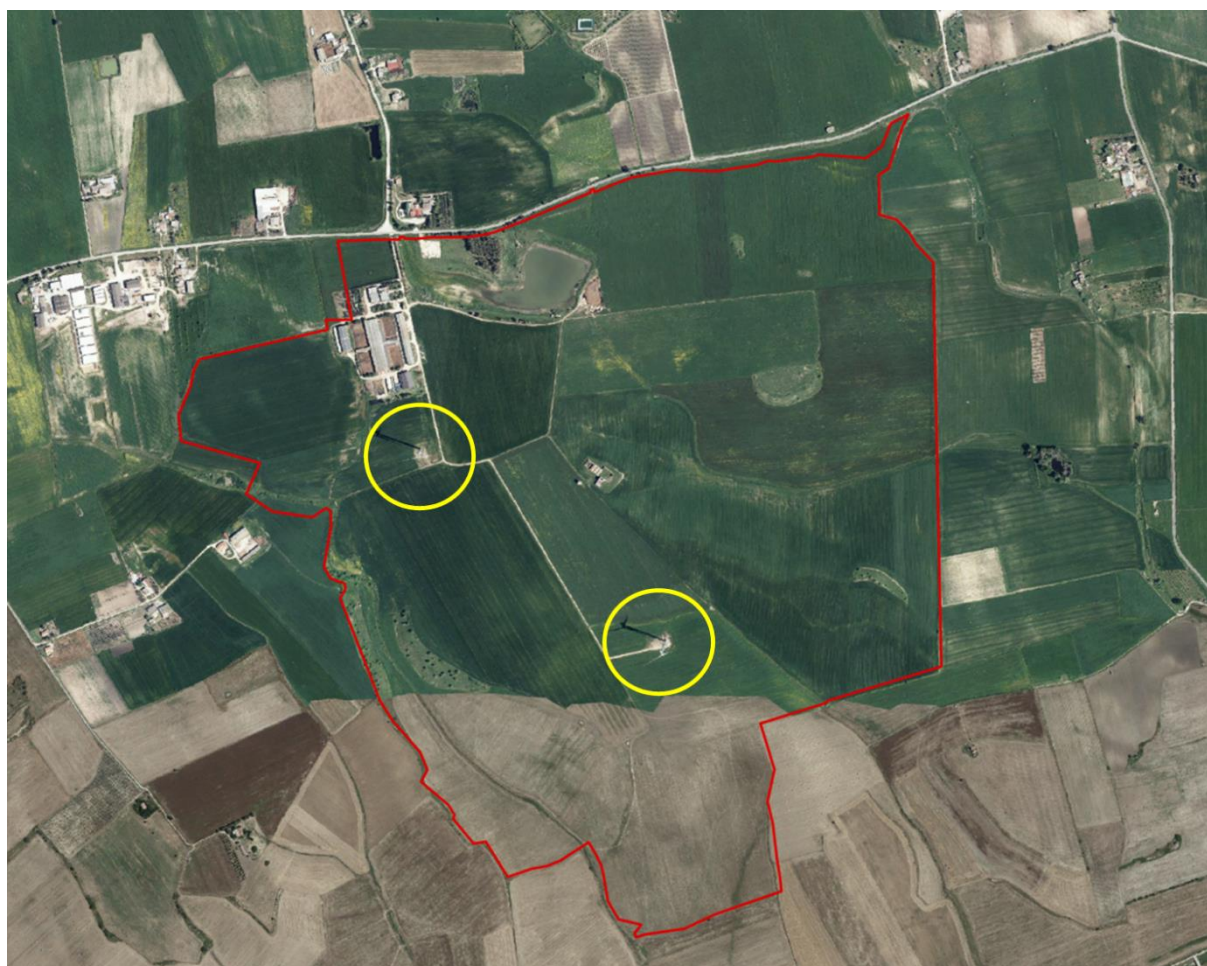


Figura 1 Inquadramento dell'area di intervento con individuazione delle n.2 pale eoliche presenti (in giallo)

L'impianto agrivoltaico verrà installato in un'area dove sono presenti anche due aerogeneratori di un impianto eolico preesistente.

Gli aerogeneratori presenti nell'area di intervento corrispondono al modello Vestas V100 2MW, sono caratterizzati da una pala di lunghezza pari a 49 metri, una velocità di rotazione massima a regime di 16.6 RPM e sono posti su una torre di altezza pari a 95 m.

La presente relazione contiene l'analisi della gittata massima degli elementi rotanti appartenenti agli aerogeneratori presenti nell'area di intervento e le possibili interferenze e risoluzioni con il progetto dell'impianto agrivoltaico con potenza pari a 33,908 MWp presentato dalla società KEA01 Srl.

2 INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA

La rottura accidentale di un elemento rotante (la pala o un frammento della stessa) di un aerogeneratore ad asse orizzontale può essere considerato un evento raro, in considerazione della tecnologia costruttiva ed ai materiali impiegati per la realizzazione delle pale stesse.

Tuttavia, al fine della sicurezza, la stima della gittata massima di un elemento rotante assume un'importanza rilevante per la progettazione e l'esercizio di un impianto eolico.

Le pale dei rotori di progetto sono realizzate in fibra di vetro rinforzato con materiali plastici quali il poliestere o le fibre epossidiche.

L'utilizzo di questi materiali limita sino a quasi ad annullare la probabilità di distacco di parti della pala mentre la stessa è in rotazione: anche in caso di gravi rotture le fibre che compongono la pala la mantengono, di fatto, unita in un unico pezzo (seppure gravemente danneggiato), ed i sistemi di controllo dell'aerogeneratore riducono pressoché istantaneamente la velocità di rotazione, eliminando la possibilità che un frammento di pala si stacchi e venga proiettato verso l'alto.

Il problema del calcolo della gittata di elementi rotanti è stato analizzato principalmente dal costruttore VESTAS nel documento "Calcolo della traiettoria di una pala eolica in condizioni nominali di funzionamento" e riportato in Appendice.

Nello studio citato la VESTAS ha determinato la distanza che la pala di un aerogeneratore raggiunge in caso di distacco dal mozzo mentre la pala è in rotazione per otto modelli di aerogeneratori, aventi lunghezza delle pale da 25 a 54,6 metri e velocità di rotazione da 26 RPM a 13,4 RPM.

Nello studio sono state considerate tre condizioni:

1. Nella prima ipotesi sono state considerate le forze di inerzia escludendo le forze viscosi (condizione più conservativa);
2. Nella seconda ipotesi sono state considerate sia le forze di inerzia sia le forze viscosi;
3. Nella terza ipotesi si considera il moto della pala completo (caso più reale della traiettoria di una pala).

Come riportato nello studio, la prima condizione di carico è quella che dà la massima gittata, ma in realtà le forze di resistenza che si esercitano sulla pala fanno sì che la gittata reale sia inferiore di circa il 20%.

3 STUDIO DEL PROBLEMA PER IL CASO DI SPECIE

I casi 1 e 2 dimostrano che la distanza raggiunta dalla pala da 49 m (V100 - 2,0 MW) sarà di ca. 98 metri.

Il caso reale da considerare è il caso 3 per il quale la gittata di una pala di una V100 – 2,0 MW sarà di ca. 78 metri (20% in meno della gittata nel caso ideale, caso 1).

Per questioni di sicurezza è stato preso come riferimento il risultato ottenuto nel caso 1 e pertanto la gittata massima della pala considerata per il caso in esame è pari a 98 metri.

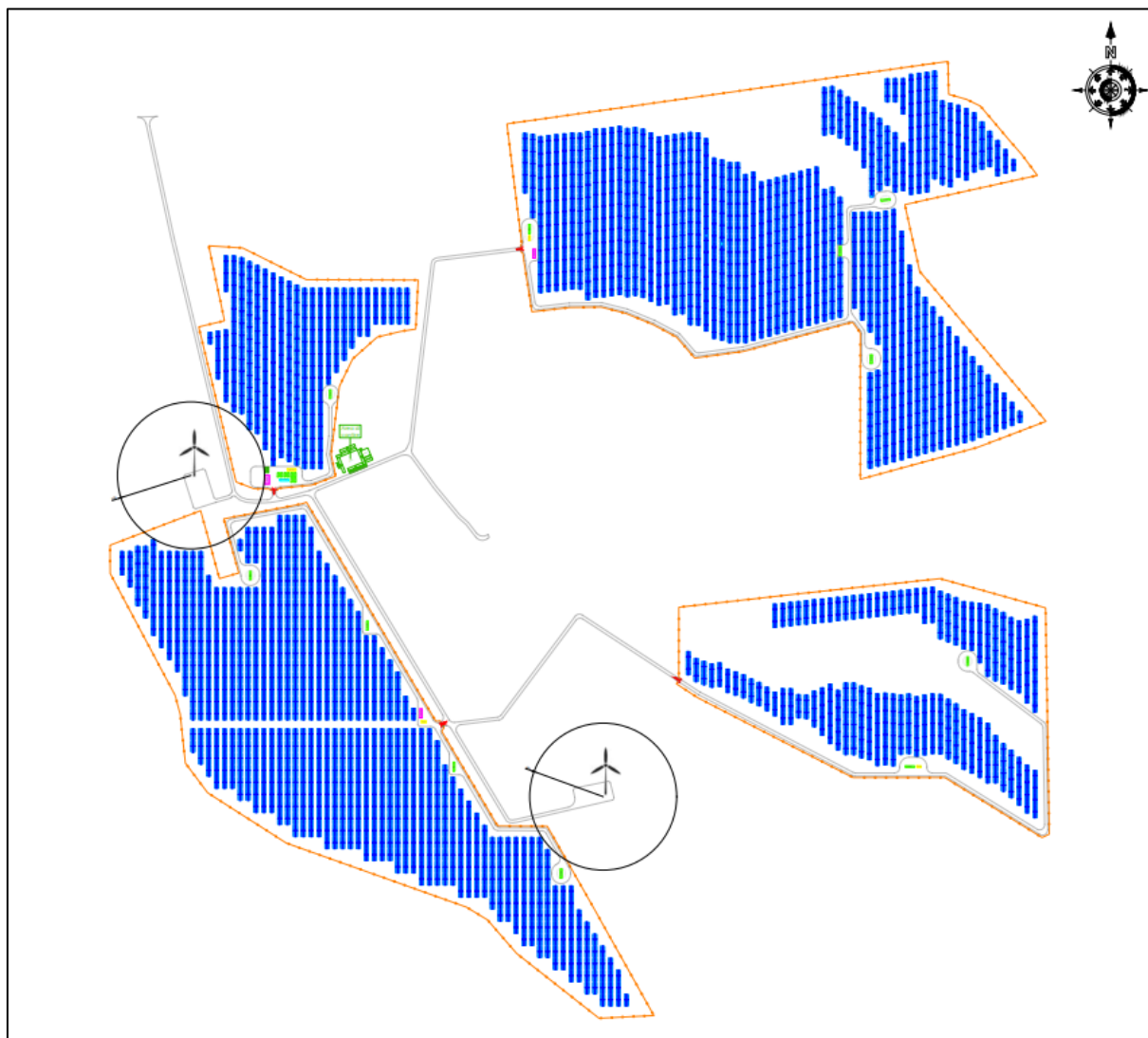


Figura 2 Layout dell'impianto agrivoltaico con evidenza della distanza dalle pale pari alla gittata massima

Pertanto come si può vedere dal layout nell'immagine e dalla tavola FU000721-G024_R1 è stato possibile mantenere inalterata l'occupazione delle aree e la configurazione dell'impianto senza modificare il numero e la potenza nominale dei moduli pur garantendo la distanza di sicurezza dagli elementi rotanti degli aerogeneratori presenti sul sito.

4 CONCLUSIONI

In conclusione:

- la massima gittata degli elementi rotanti che possono essere proiettati dagli aerogeneratori presenti nell'area di intervento dell'impianto agrivoltaico è 98 metri (78 metri se si considera il caso reale);
- è stato possibile garantire una distanza dagli aerogeneratori pari alla massima gittata degli elementi rotanti (98 metri) senza modificare il numero e la potenza nominale dei moduli fotovoltaici, il pitch e l'estensione delle aree interessate

dall'impianto.

Si ritiene che, considerando la disposizione dei moduli e delle cabine riportate nel layout FU000721-G024_R1, non sussistano quindi problemi di sicurezza legati alla ipotetica gittata di elementi rotanti nei confronti dell'impianto agrivoltaico presentato.

5 APPENDICE: CALCOLO DELLA TRAIETTORIA DI UNA PALA EOLICA IN CONDIZIONI NOMINALI DI FUNZIONAMENTO – VESTAS ITALIA

Calcolo della traiettoria di una pala eolica in condizioni nominali di funzionamento

Indice

1	Introduzione.....	2
2	Risultati.....	3
3	Metodologia e ipotesi.....	4
4	Velocità di rotazione.....	5
5	Forze agenti sulla traiettoria pala	6
6	Caratteristiche della pala.....	7
7	Casi di studio	8
7.1	Caso 1: Moto irrotazionale.....	8
7.2	Caso 2: Moto irrotazionale.....	8
7.3	Caso 3: Moto rotazionale complesso.....	8
8	Esperienze e note statistiche	10
8.1	Distacco di una delle pale dal rotore.....	10
8.2	Rottura (apertura) dell'estremità di pala.....	12
9	Conclusioni.....	14
10	Riferimenti.....	15
11	Appendice	16

1 Introduzione

L'obiettivo di questo lavoro è determinare la distanza che una pala di un aerogeneratore raggiunge nel caso di distacco dal mozzo mentre la macchina è in funzione. Il calcolo è stato eseguito su otto aerogeneratori VESTAS:

- V52-850kW con una pala di lunghezza pari a 25 m e una velocità di rotazione massima a regime di 26 RPM posto su una torre di altezza pari a 75 m;
- V80-2,0MW con una pala di lunghezza pari a 39 m e una velocità di rotazione massima a regime di 19,2 RPM posto su una torre di altezza pari a 80 m;
- V82-1,65MW con una pala di lunghezza pari a 40 m e una velocità di rotazione massima a regime di 14,4 RPM posto su una torre di altezza pari a 78 m;
- V90-1,8MW con una pala di lunghezza pari a 44 m e una velocità di rotazione massima a regime di 14,9 RPM posto su una torre di altezza pari a 105 m;
- V90-2,0MW con una pala di lunghezza pari a 44 m e una velocità di rotazione massima a regime di 14,9 RPM posto su una torre di altezza pari a 105 m;
- V90-3,0MW con una pala di lunghezza pari a 44 m e una velocità di rotazione massima a regime di 16.1 RPM posto su una torre di altezza pari a 105 m;
- V100-1,8MW con una pala di lunghezza pari a 49 m e una velocità di rotazione massima a regime di 16.6 RPM posto su una torre di altezza pari a 95 m;
- V100-2.0MW con una pala di lunghezza pari a 49 m e una velocità di rotazione massima a regime di 14.9 RPM posto su una torre di altezza pari a 125 m;
- V100-2.6MW con una pala di lunghezza pari a 49 m e una velocità di rotazione massima a regime di 13.4 RPM posto su una torre di altezza pari a 80 m;
- V112-3,0MW con una pala di lunghezza pari a 54,6 m e una velocità di rotazione massima a regime di 17.7 RPM posto su una torre di altezza pari a 119 m.

Per la pala della V80-2,0MW si è fatto uno studio completo ipotizzando tre condizioni: la prima, più conservativa, include solo le forze d'inerzia ed esclude le forze viscosse; la seconda include le forze viscosse; la terza considera il moto della pala completo. La prima condizione di carico è quella che dà la massima gittata, ma in realtà le forze di resistenza che si esercitano sulla pala fanno sì che la gittata reale sia inferiore di circa il 20%. Per la pala V52-850kW, V82-1,65MW, V90-1,8MW, V90-2,0MW, V90-3,0MW, V100-1,8MW, V100-2.0MW, V100-2.6MW, V112-3,0MW si è fatto uno studio considerando la condizione più conservativa e cioè considerando le sole forze inerziali ed escludendo l'attrito, per cui i risultati ottenuti sono da considerare del 20% maggiori di quelli reali.

2 Risultati

I risultati dell'analisi indicano che con lo studio più complesso (caso 3) la gittata della pala per la V80-2,0MW (nel caso peggiore, ma non reale (caso 1) è 125 m) è di poco inferiore ai 100m. La gittata della pala per la V52-850kW è di ca. 130 m, per la V82-1,65MW è di ca. 103 m, per la V90-1,8-2,0MW è di ca. 118 m, per la V90-3,0MW è di ca. 77 m, per la V100-1,8MW è di circa 104 m, per la V100-2.0MW è di circa 98 m, per la V100-2,6MW è di circa 77.4 m e infine per la V112-3,0MW è c. 147 m (per la V52-850kW, V82-1,65MW, V90-1,82,0MW, V90-3,0MW, V100-1,8MW, V100-2,0MW, V100-2,6MW e per la V112-3,0MW, unico caso studiato quello conservativo, ma non reale per cui il risultato è maggiore del 20% rispetto al reale).

3 Metodologia e ipotesi

Da un punto di vista teorico, se non si considerano le forze aerodinamiche la massima gittata si ottiene quando la pala si distacca dal rotore con un angolo di 45° (135° in posizione azimutale). Le forze di resistenza che agiscono sulla pala in realtà rendono minore il tempo di volo e quindi la gittata. Il moto reale è molto più complesso, in quanto dipende dalle caratteristiche aerodinamiche e dalle condizioni iniziali (rollio, imbardata e beccheggio della pala).

4 Velocità di rotazione

La velocità di distacco della pala dal rotore è stata incrementata del 16% passando da 26 a 31 RPM per la V52-850kW, del 5% per la V80-2,0MW, passando così da 19 a 20 RPM; per la V82-1,65MW e V90-1,8MW-2,0MW, invece, è stata incrementata del 10% passando così da 14,4 a 15,84 e da 14,9 a 16,39 RPM rispettivamente, per la V90-3,0MW è stata incrementata del 5% passando da 14,9 a 15,7 RPM, per la V100-1,8MW è stata incrementata del 5% passando da 16.6 a 17.4 RPM, per la V100-2.0MW è stata incrementata del 5% passando da 14.9 a 15.6 RPM, per la V100-2.6MW è stata incrementata del 5% passando da 13.4 a 14.1 RPM e per la V112-3,0MW è stata incrementata del 5% passando da 17.7 a 18.6 RPM.

Pertanto, la velocità di rotazione del rotore considerata al momento della rottura della pala per la:

- V52-850kW è pari a 31 RPM;
- V80-2,0MW è pari a 20 RPM;
- V82-1,65MW è pari a 15,84 RPM;
- V90-1,8MW è pari a 16,39 RPM;
- V90-2,0MW è pari a 16,39 RPM;
- V90-3,0MW è pari a 15,7 RPM;
- V100-1,8MW è pari a 17.4 RPM;
- V100-2,0MW è pari a 15.6 RPM;
- V100-2,6MW è pari a 14.1 RPM;
- V112-3,0MW è pari a 18.6 RPM.

5 Forze agenti sulla traiettoria pala

Le ipotesi fatte in questo studio considerano il caso peggiore, esso avviene quando la pala si distacca dal rotore con un angolo di 45° sul piano verticale (cioè 135° azimut). La determinazione delle forze e dei momenti agenti sulla pala a causa di una rottura istantanea durante il moto rotazionale è molto complessa. La traiettoria iniziale è determinata principalmente dall'angolo di lancio e dalle forze generalizzate inerziali agenti sulla pala. Queste includono anche, per esempio, oltre all'impulso anche i momenti di flapwise, edgewise e pitchwise agenti al momento del distacco. La pala, quindi, quando inizierà il suo moto continuerà a ruotare (conservazione della quantità di moto). L'unica forza inerziale agente in questo caso è la forza di gravità. La durata del volo considerato è determinata considerando la velocità verticale iniziale applicata al centro di gravità. Il tempo risultante è usato per calcolare la distanza orizzontale (gittata) nel piano e fuori dal piano. La gittata è determinata dalla velocità orizzontale al momento del distacco. Le forze inerziali sono modellate considerando un flusso irrotazionale e stazionario.

6 Caratteristiche della pala

Le caratteristiche delle pale, input della simulazione, sono riportate in tabella.

WTG type	(Outboard) Section of blade	Plan area Plane XY m ²	Plan area Plane XZ m ²	Plan area Plane YZ m ²	Mass kg
V90-1,8MW	44	87,84	25,69	2,37	6660
V82-1,65MW	40	86	23,2	2,08	6200
V80-2,0MW	39	81,46	22,8	2,38	6300
V52-850kW	25,3	53,83	14,67	1,55	1900
V90-2,0MW	44	87,84	25,69	2,37	6660
V90-3,0MW	44	87,84	25,69	2,37	6700
V100-1,8MW	49	-	-	-	7500
V100-2,0MW	49	-	-	-	7500
V100-2,6MW	49	-	-	-	7500
V112-3,0MW	54,6	-	-	-	13500

7 Casi di studio

Tutte le condizioni di rottura sono state assunte avvenire quando il rotore è in posizione upwind e con una velocità del vento pari a 25m/s. Questa condizione è anch'essa conservativa in quanto dà la massima gittata fuori dal piano. Sono state calcolate tre traiettorie nelle seguenti ipotesi:

7.1 CASO 1: MOTO IRROTAZIONALE

Assenza di moti intorno agli assi XX, YY e ZZ. L'asse XX è allineato con la traiettoria. L'asse YY giace sul piano verticale. Questa ulteriore assunzione fa sì che questo caso sia il peggiore ipotizzabile, in quanto definisce la condizione ideale di massima gittata. Quindi:

- Nessuna forza di portanza agisce nella direzione in-plane;
- La massima resistenza è generata nella direzione out-of-plane;
- La resistenza nel piano agisce sulla sezione nel piano XZ.

7.2 CASO 2: MOTO IRROTAZIONALE

L'asse XX è allineato con la traiettoria. L'asse YY giace sul piano orizzontale. Quando la pala ha raggiunto questa posizione non ci sono ulteriori moti intorno agli assi XX, YY e ZZ.. In questo caso la traiettoria risultante è del tipo "a giavellotto". Questa ulteriore assunzione fa sì che questo caso sia il caso teorico peggiore ipotizzabile, in quanto definisce la condizione ideale di massima gittata. Quindi:

- La traiettoria in alto è aumentata dalla forza di portanza generata dalla pala, per cui la gittata è maggiore che in assenza di portanza.

Tre casi sono stati modellati:

- Caso 2a. L'effetto della portanza sul tempo di volo è zero. La soluzione (approssimata) per questo è data dal caso 1 solo nella direzione in-plane.
- Caso 2b. L'effetto della portanza sul tempo di volo è aumentato del 5%.
- Caso 2c. L'effetto della portanza sul tempo di volo è aumentato del 5%, in questo caso si ottiene il maggior tempo di volo.

7.3 CASO 3: MOTO ROTAZIONALE COMPLESSO

In questo caso si studia il moto della pala al distacco del rotore nel suo complesso considerando anche i moti di rotazione intorno agli assi XX, YY e ZZ. Questo caso è il caso più reale della traiettoria di una pala. La rotazione della pala intorno all'asse ZZ è causata dalla conservazione del momento della quantità di moto. L'incidenza del vento out-of-plane sulla pala genera un momento intorno all'asse YY (centro di massa e centro aerodinamico della pala non sono coincidenti). Il vento incidente out-of-plane sulla pala genera ancora un momento intorno all'asse XX (centro di massa della sezione di pala lungo la corda non coincide con il centro aerodinamico). La resistenza della pala sia in-plane che out-of-plane è generata dalla rotazione intorno

agli assi XX e YY. Per semplificare lo studio si è assunta l'area della pala pari alla stessa in direzione XY moltiplicata per il quadrato del coseno di 45°. La portanza in-plane è generata dalla rotazione intorno al piano XX. In questo caso si è assunto un aumento del 10% del tempo di volo dovuto alla portanza.

Tre casi sono stati modellati per tener conto dell'effettivo valore della resistenza:

- Caso 3a. Cd (in-plane e out-of-plane) = 0,5
- Caso 3b. Cd (in-plane e out-of-plane) = 1,0
- Caso 3c. Cd (in-plane e out-of-plane) = 1,5

8 Esperienze e note statistiche

E' necessario enfatizzare che dal punto di vista progettuale la combinazione di coefficienti di sicurezza per i carichi, i materiali utilizzati e la valutazione delle conseguenze in caso di rottura rispettano quanto prescritto dalla norma IEC61400-1. In accordo a tale norma le pale degli aerogeneratori sono considerate "fail safe".

Questo paragrafo è stato redatto al fine di presentare alcuni degli elementi fondamentali per valutare la reale possibilità del distacco di una pala dagli aerogeneratori Vestas.

L'esperienza pratica su tutta la flotta operativa (relativa alle sole turbine considerate nel presente report) di 15679 unità ha mostrato che in caso di distacco di pala il moto è stato di tipo "rotazionale complesso" e le distanze raggiunte sono normalmente state inferiori a quelle stimate con i calcoli semplificati qui riportati.

Eventi di distacco di una sezione di pala non si sono verificati a tutt'oggi sulle turbine installate per i modelli considerati nel presente report.

Tralasciando gli incidenti dovuti a cause eccezionali (uragani, tifoni), nei successivi paragrafi sono descritti alcuni eventi e la valutazione tecnica alla base dell'analisi dei rischi sviluppata per eliminare la possibilità di reiterazione dell'incidente.

8.1 DISTACCO DI UNA DELLE PALE DAL ROTORE

Questo tipo d'incidente, che comporta il distacco di una pala completa dal rotore dell'aerogeneratore, può essere determinato dalla rottura della giunzione bullonata fra la pala e il mozzo.

In occasione di tali tipi di evento, la pala ha raggiunto il terreno a una distanza inferiore ai cento metri.

Le pale sono costituite da una parte strutturale (longherone) posizionata all'interno della pala e da una parte esterna (gusci) che ha sostanzialmente compiti di forma. Le tre parti, il longherone e i due gusci, sono uniti fra loro mediante incollaggio e, alla fine del processo produttivo, costituiscono un corpo unico.

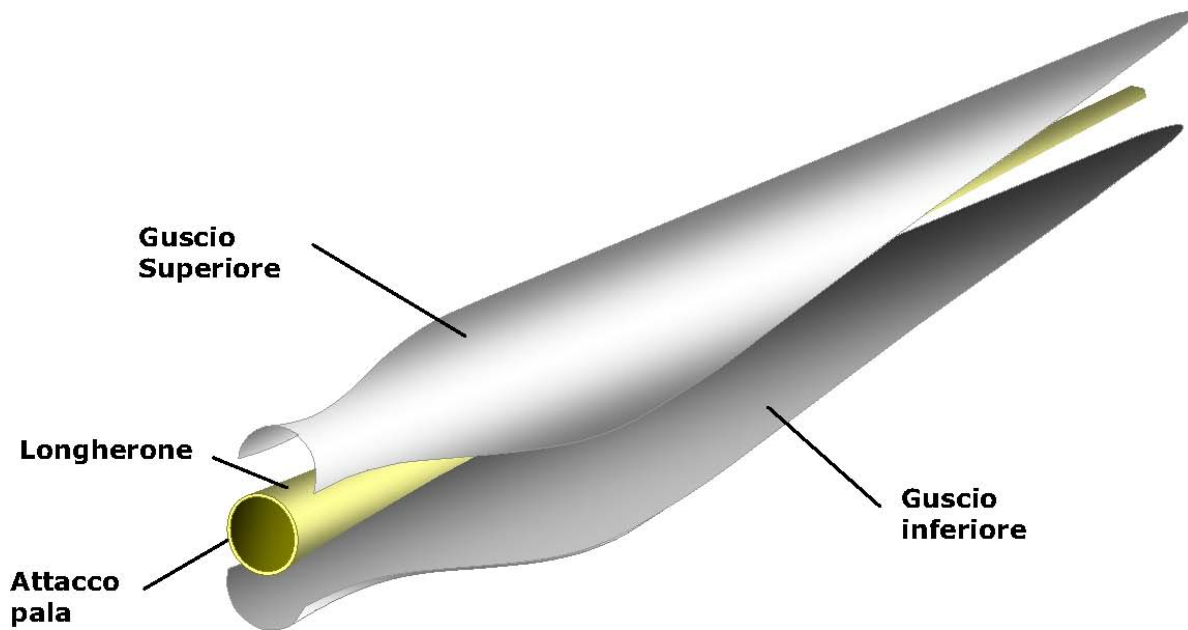


Figura 1: Schema strutturale di una pala eolica

Il longherone è dotato di attacchi filettati che consentono di collegarlo al mozzo con bulloni (prigionieri) serrati opportunamente durante l'installazione della turbina. Il precarico conferito ai prigionieri durante il serraggio ha un'influenza determinante sulla resistenza dei prigionieri stessi ai carichi di fatica e, per questo motivo, è previsto un controllo di tale serraggio durante le operazioni di manutenzione programmata della turbina.

L'evento si è manifestato a causa di incorretti interventi di manutenzione programmata cui l'aerogeneratore va sottoposto così come riportato nel manuale del costruttore: l'errata verifica del serraggio ed una plausibile riduzione del precarico possono aver determinato la rottura per fatica dei prigionieri ed al distacco della pala.

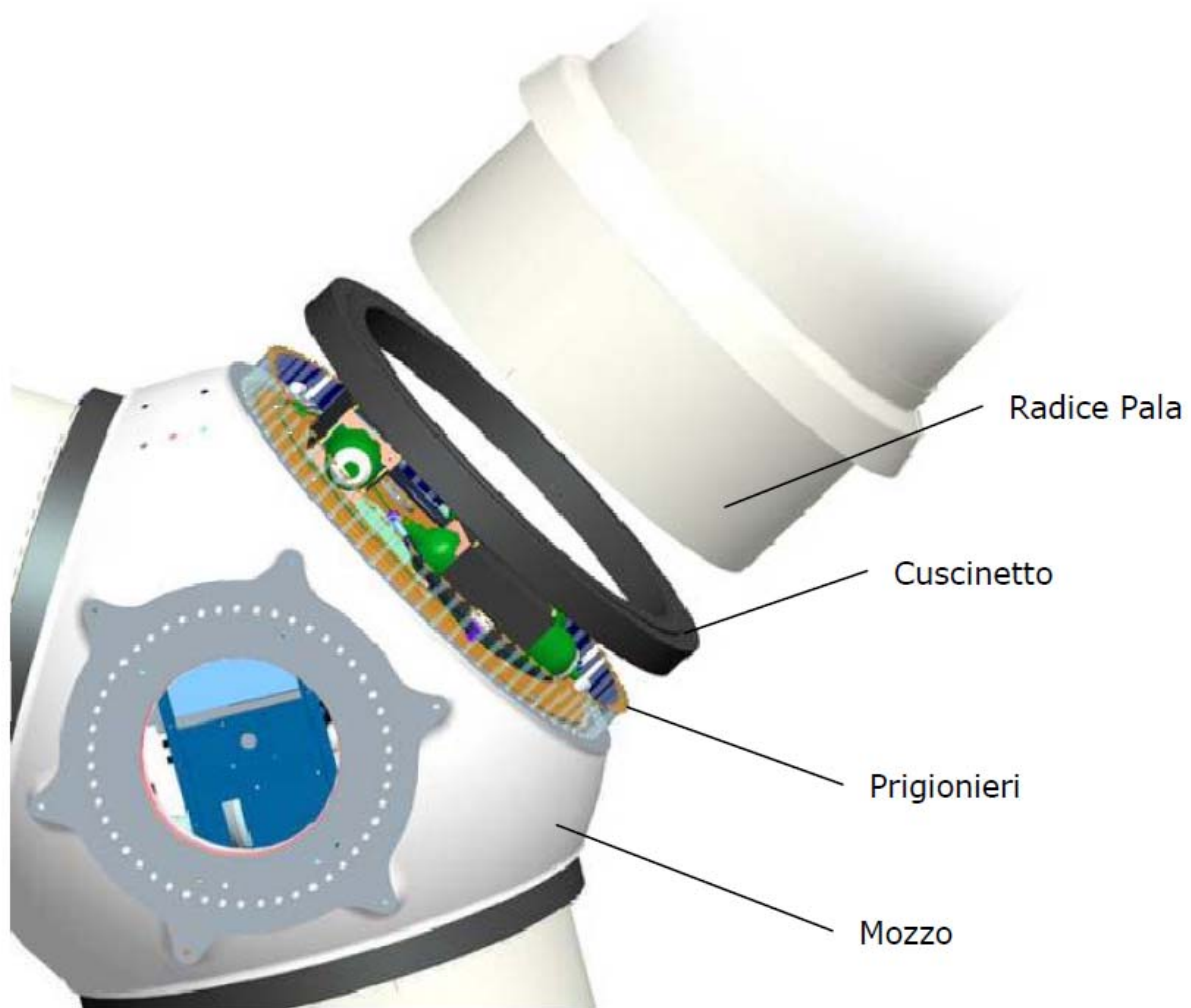


Figura 2: Dettagli dell'attacco di una pala al mozzo

8.2 ROTTURA (APERTURA) DELL'ESTREMITÀ DI PALA

Questo tipo di incidente si è quasi sempre manifestato in concomitanza di fulminazioni di natura atmosferica.

Tutte le pale prodotte dalla Vestas sono dotate di un sistema di drenaggio della corrente di fulmine costituito da recettori metallici posti all'estremità di pala e lungo l'apertura della pala, da un cavo che collega i recettori alla radice pala e da un sistema di messa a terra. In questo modo si riesce a drenare una buona parte delle correnti indotte dalle fulminazioni atmosferiche senza danni alle pale.

In qualche caso, in cui la corrente di fulmine ha presumibilmente ecceduto i limiti progettuali (fissati dalle norme internazionali) si può manifestare un danneggiamento all'estremità di pala che si apre per la separazione dei due gusci, ma che, normalmente, non si distacca dal corpo della pala.

Eventuali residui o frammenti di guscio dovuti ad un evento ceraunico hanno dimensioni e pesi così esigui da non permettere valutazioni circa eventuali traiettorie e gittate. Queste sono comunque determinate quasi esclusivamente dal trasporto degli stessi ad opera del vento.



Figura 3: Estremità di pala danneggiata da fulminazione atmosferica

9 Conclusioni

I Casi 1, 2a, 2b e 2c dimostrano che, se la traiettoria di volo è ‘irrotazionale’, allora la distanza raggiunta dalla pala da 25,3m (V52-850kW) sarà di circa 130m, dalla pala da 39m (V802,0MW) sarà di ca. 125 m, dalla pala da 40m (V82-1,65MW) sarà di circa 105m e da 44m (V90-1,8MW-2,0MW) sarà di ca. 117 m, dalla pala da 44m (V90-3MW) sarà di ca. 76m, dalla pala da 49m (V100-1,8MW) sarà di ca. 104m, dalla pala da 49m (V100-2,0MW) sarà di ca. 98m, dalla pala da 49m (V100-2,6MW) sarà di ca. 77,4m mentre dalla pala da 54.6m (V112 3,0 MW) sarà di ca. 147m. Il caso peggiore per la gittata è il caso 1 (2a) per il tempo invece è il 2c. Il Caso 3 mostra che, quando il flusso è rotazionale, la distanza raggiunta dalla pala sarà di ca. 99.6m per la V80-2,0MW.

Il caso reale da considerare è il caso 3 per cui si può concludere che la gittata di una pala V52-850kW (25,3m di lunghezza) è di circa 104 m, di una V80-2,0MW (39 m di lunghezza) è di ca. 99.6m, di una V82-1,65MW sarà di ca. 82.5m, di una V90-1.8MW2,0MW (44 m di lunghezza) sarà di ca. 94m, di una V90-3,0MW sarà di ca. 61.4m, di una V100-1,8MW sarà di ca. 83m, di una V100-2.0MW sarà di ca. 78, di una V100-2.6MW sarò di ca. 62 e di una V112-3,0MW sarà di ca. 118m (20% in meno della gittata nel caso ideale, caso 1).

Dalle note operative esposte si può concludere che ha senso effettuare un calcolo di gittata della pala intera in quanto esiste un punto di discontinuità, l’attacco bullonato che unisce la pala al mozzo, ed esiste un’ipotesi, seppur remota, sulla possibilità di cedimento di tale attacco. Mentre l’effetto di distacco di una porzione della pala è escluso, considerate le caratteristiche meccaniche della pala, ovvero, una struttura monolitica della trave di sostegno che rimane vincolata al mozzo attraverso una collegamento bullonato.

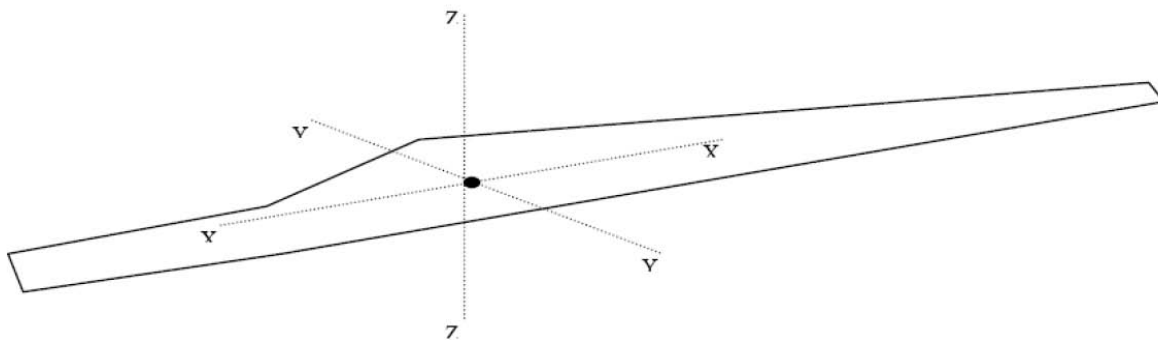


Figura 4: Sistema di coordinate usato per la pala
(YY – Flapwise; XX – Pitchwise; ZZ – Edgewise)

10 Riferimenti

“Blade throw calculation under normal operating conditions” VESTAS AS Denmark July 2001

Vestas Italia S.r.l.

Via Tirso 14, 00198 Roma, Italy
Tel: +39 099 4606 111, Fax: +39 099 4606 333, vestas-italia@vestas.com, www.vestas.com
Capital share: EUR 3,000,000.00 i.v., Company Reg. No.: 02170340737 presso il Registro Imprese di Roma N., REA 1192488
C.F./P.IVA 02170340737, Company Reg. Name: Vestas Italia S.r.l.
Società a socio unico soggetta a direzione e coordinamento di Vestas Wind Systems A/S ex c.c. artt. 2497 ss
Company with a sole quota holder subject to direction & coordination of Vestas Wind Systems A/S per Article 2497 ff. of the Italian Civil Code

11 Appendice

Caso 3	Pala V80 2,0MW	Pala V90 1,8MW	Pala V82 1,65MW	Pala V52 850kW	Pala V90 2,0MW	Pala V90 3,0MW	Pala V100 1,8MW	Pala V100 2,0MW	Pala V100 2,6MW	Pala V112 3,0MW
Velocità di rotazione	20	16,39	15,84	31	16,39	15,7	17,4	15,6	14,1	18,4
Tempo di volo	7,6	7,76	6,27	7,63	7,76	6,84	6,7	7	6	7,7
Distanza Vettoriale	99,6	94	82,5	104	94	61,4	83	78	62	118

Gli altri casi sono stati studiati solo per la V80-2,0MW quindi non sono rilevanti per il caso in questione.