

Regione BASILICATA
Provincia di Matera
COMUNE di IRSINA



IMPIANTO EOLICO
"Sant'Eufemia"

PROGETTO DEFINITIVO

Cod. Prog : IRS 2

Cod. Elab.: A.7

SCALA =
DATA: Agosto 2023

Relazione specialistica
*Analisi degli effetti della rottura degli
organi rotanti*

PROPONENTE

WINDERG

Winderg s.r.l.

via Trento, 64
20871 - Vimercate (MB)
P.IVA 04702520968

WINDERG s.r.l.
Presidente e Amministratore Delegato
Dott. Michele Giambelli

INCARICO



Via Enrico Fermi, 38
85021 Avigliano (PZ)
Tel. 0971.700637
mail: adr_srls@virgilio.it
A.U : Ing. Rocco Sileo

A.D.R. srls
Via Enrico Fermi, 38
85021 AVIGLIANO (PZ)
C.F. e P.IVA 02022800763

PROGETTISTA:

Dott. Ing. Rocco SILEO



Rev	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	01/08/2023	I emissione	Romaniello	Sileo	Winderg S.r.l

Indice generale

A.7.1	Premessa.....	2
A.7.2	Calcolo della gittata.....	4

A.7.1 Premessa

La tecnologia costruttiva degli aerogeneratori è alquanto sofisticata e di chiara derivazione aeronautica, per cui, la valutazione della gittata massima degli elementi di un aerogeneratore, in caso di rottura accidentale, comporta lo sviluppo di modelli di calcolo articolati e complessi.

I modelli teorici che meglio possono caratterizzare il moto nello spazio dei frammenti di pala o dell'intera pala possono essere ricondotti ai casi seguenti:

Primo caso: traiettoria a giavellotto con minore resistenza aerodinamica;

Calcolo della gittata massima del generico frammento di ala, in assenza di moto rotazionale intorno ad un asse qualsiasi, con traiettoria del frammento complanare al rotore.

Secondo caso: traiettoria a giavellotto con maggiore resistenza aerodinamica;

Calcolo della gittata massima del generico frammento di ala, sempre in assenza di moto rotazionale, intorno ad un asse qualsiasi, con traiettoria complanare al rotore e frammento ortogonale rispetto al piano del rotore.

Terzo caso: calcolo della gittata massima in presenza di moti di rotazione intorno a ciascuno dei tre assi principali del frammento stesso.

In caso di rottura, infatti, per il principio di conservazione del momento angolare, il generico spezzone di pala tende a ruotare intorno all'asse ortogonale al proprio piano; inoltre, a causa delle diverse pressioni cinetiche esercitate dal vento, lo spezzone di pala tende anche a ruotare intorno a ciascuno dei due assi principali appartenenti al proprio piano.

Le condizioni prese in considerazione nel 3° caso, permettono senza dubbio un calcolo più preciso e maggiormente corrispondente al reale moto di una pala staccatasi dal rotore per cause accidentali e forniscono, sperimentalmente, un valore di gittata di circa il 20% in meno di quella fornita dal primo caso.

Come già accennato precedentemente, la risoluzione del 3° caso è però più complessa e richiede la conoscenza di alcune caratteristiche degli aerogeneratori, non sempre fornite dai produttori, poiché oggetto di brevetto.

Si è, pertanto, deciso di utilizzare il primo caso, di facile soluzione e che fornisce un risultato maggiorato di circa il 20%, garantendo così un ulteriore margine di sicurezza.

GEOMETRIA DEL PROBLEMA E CALCOLO DELLA GITTATA (1° caso)

Le equazioni del moto di un punto materiale soggetto solo alla forza di gravità sono:

$$\ddot{x} = 0$$

$$\ddot{y} = -g$$

Dove $g = 9.82 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità.

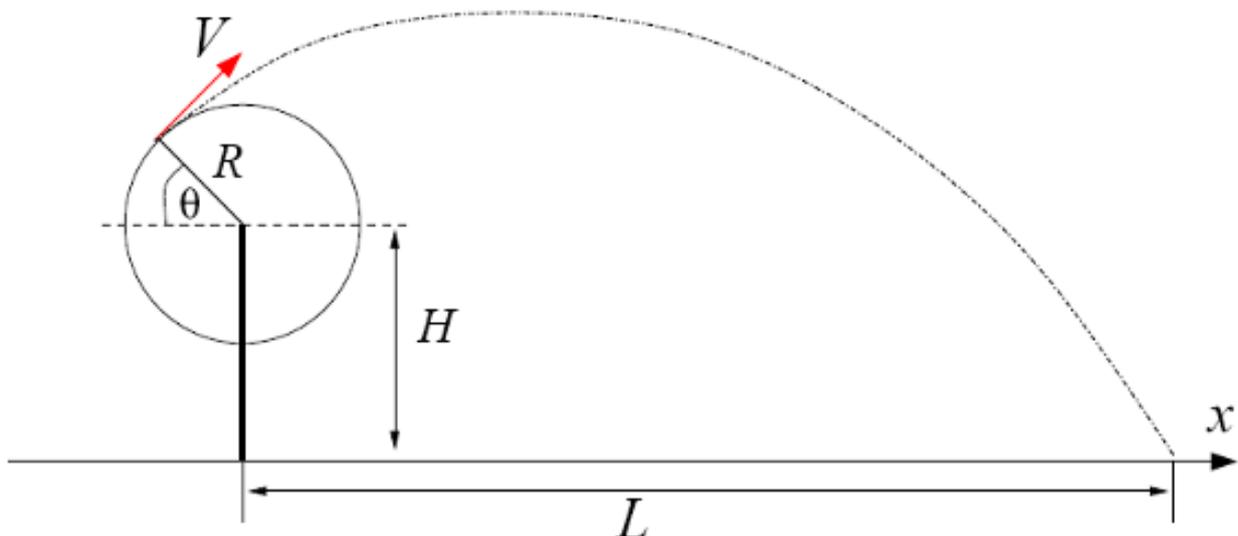
La legge del moto che costituisce soluzione di queste equazioni è:

$$x(t) = x_0 + v_x t$$
$$y(t) = y_0 + v_y t - \frac{1}{2} g t^2$$

Dove (x_0, y_0) è la posizione iniziale del punto materiale, e (v_x, v_y) è la sua velocità.
La traiettoria del punto materiale intercetta il suolo al tempo T tale che $y(T)=0$.
Dalla legge del moto, scartando la soluzione con tempi negativi, si ottiene:

$$T = \frac{v_y}{g} + \frac{1}{g} \sqrt{v_y^2 + 2y_0 g}$$

GEOMETRIA DEL PROBLEMA E CALCOLO DELLA GITTATA



La posizione e la velocità iniziale sono determinate dall'angolo θ e dalla velocità iniziale V del frammento di pala al momento del distacco. Esse sono legate alla posizione ed alla velocità iniziale dalle relazioni:

$$x_0 = -R \cos(\theta)$$
$$y_0 = H + R \sin(\theta)$$
$$v_x = V \sin(\theta)$$
$$v_y = V \cos(\theta)$$

La gittata L è la distanza dal palo del punto di impatto al suolo della pala.

Dalla legge del moto si ottiene:

$$L = x(T)$$

Sostituendo l'espressione per T ricavato sopra, si ricava la gittata L in funzione di V e di θ :

$$L = \frac{V \sin(\theta)}{g} \left[V \cos(\theta) + \sqrt{V^2 \cos^2(\theta) + 2(H + R \sin(\theta))g} \right] - R \cos(\theta)$$

A.7.2 Calcolo della gittata

Come già precedentemente indicato, il calcolo della gittata massima richiede la conoscenza dei valori:

- H (altezza del mozzo),
- R (distanza dal mozzo del baricentro del frammento staccatosi dal rotore)
- V (velocità di distacco del frammento di pala).

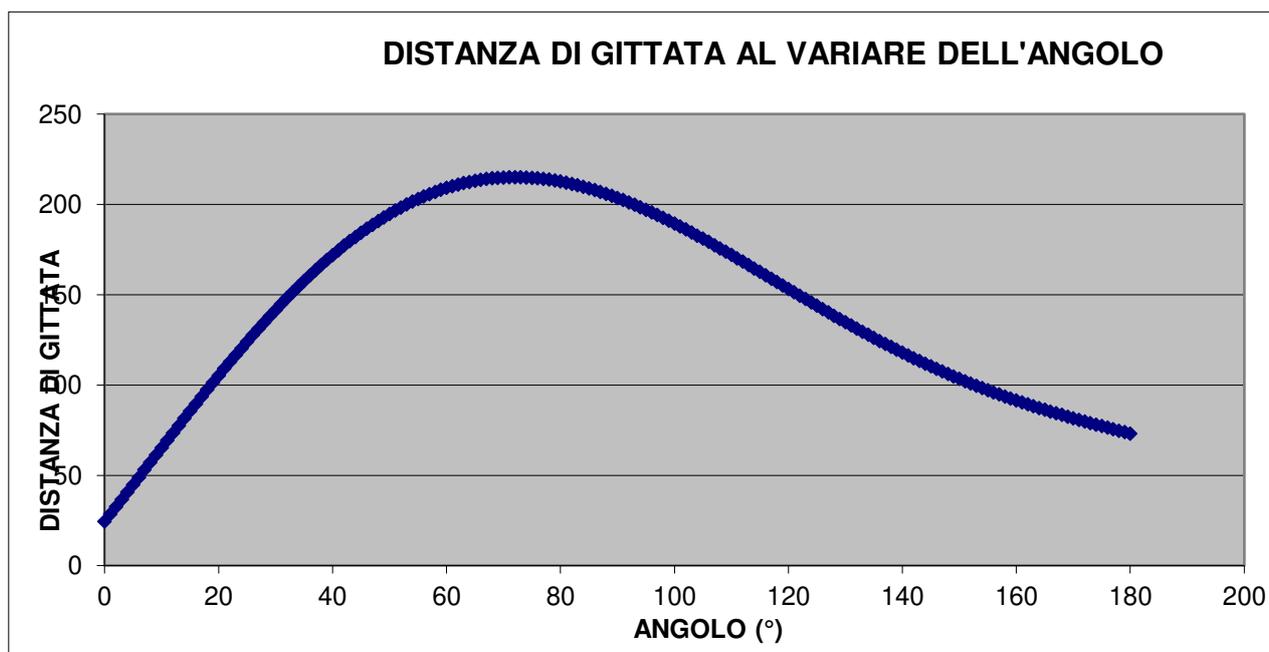
I valori di H e R sono rispettivamente H=125,00 m e R=172,00/6 m e per il calcolo della velocità di distacco del frammento di pala si ricorre alla seguente formula:

$$V = 2 \times \pi \times R \times \text{rpm} / 60.$$

Il massimo numero di giri per minuto che l'aerogeneratore compie è pari 10,85 quindi supponendo che la rottura della pala avvenga vicino al mozzo e considerando R=28,67 (lunghezza pala/3), si ottiene una velocità di distacco di circa 32,56 m/s nel baricentro della pala. Al calcolo della "L" come da formula precedente occorre aggiungere i 2/3 della lunghezza della pala (nel caso in questione 57,33 mt).

Il risultato finale sarà corretto mediante un coefficiente pari a 0,85 che tiene conto dell'attrito e del peso della pala stessa.

Nel grafico seguente si riporta l'andamento della distanza della gittata massima al variare dell'angolo di rottura.



COME RISULTA ANCHE VISIBILE NEL PRECEDENTE GRAFICO, IL CALCOLO DELLA GITTATA È PROSSIMO A 215,00 MT.

Il Tecnico

Dott. Ing. Rocco Sileo

