



Indirizzo Sede legale PESCARA (PE)  
VIA CARAVAGGIO 125 CAP 65125  
Domicilio digitale/PEC windenergymafalda@legpec.it  
Numero REA PE – 424846 - P.iva 02372300687

COMUNI DI MAFALDA E MONTENERO DI BISACCIA (CB)

## PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI **IMPIANTO EOLICO** **“MAFALDA”**

REDAZIONE / PROGETTISTA:



**CUBE SRL**  
SOCIETA' DI INGEGNERIA

Via Turati,2  
63074 - San Benedetto del Tronto (AP) - Italy  
(+39) 0735 431388  
MAIL: [Cubesbt@gmail.com](mailto:Cubesbt@gmail.com)

TIMBRO E FIRMA PROGETTISTA:



TITOLO ELABORATO:

**Relazione di gittata degli elementi rotanti**

CODICE ELABORATO:

**PD004**

FORMATO

**A4**

Nr. EL.:

**2.4**

FASE:

**PROGETTO DEFINITIVO**

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Prima emissione	24/07/2023	S.C.	S.C.	M.S.
01					
02					
03					
04					

<b>Wind Energy Mafalda srl</b> <b>Impianto Eolico “Mafalda”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: PD004
		Data: 03/08/2023
	<b>RELAZIONE DI GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</b>	Revisione: 00
		Pagina: 2 di 20

## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>SCOPO</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>PROPONENTE</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO ED UBICAZIONE</b> .....	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>SPECIFICHE TECNICHE</b> .....	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>DISTACCO DI UNA DELLE PALE DAL ROTORE</b> .....	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>ROTTURA DELL'ESTREMITA' DI UNA PALA</b> .....	<b>8</b>
<b>7.1</b>	<b>CALCOLO DELLA GITTATA DELLA PALA</b> .....	<b>9</b>
<b>7.1.1</b>	<b>Calcolo del baricentro</b> .....	<b>10</b>
<b>7.1.2</b>	<b>Calcolo della velocità periferica</b> .....	<b>11</b>
<b>7.1.3</b>	<b>Calcolo di hG</b> .....	<b>11</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>18</b>

## Elenco delle Figure

<b>Figura 1</b>	<b>Inquadramento su base satellitare ESRI con layout di intervento</b> .....	<b>5</b>
<b>Figura 2</b>	<b>Schema strutturale di una pala eolica 1</b> .....	<b>7</b>
<b>Figura 3</b>	<b>Schema strutturale di una pala eolica 2</b> .....	<b>7</b>
<b>Figura 4</b>	<b>Sistema di coordinate di una pala</b> .....	<b>8</b>
<b>Figura 5</b>	<b>Schema aerogeneratore per il calcolo</b> .....	<b>10</b>
<b>Figura 6</b>	<b>Schematizzazione geometria e calcolo della gittata</b> .....	<b>12</b>
<b>Figura 7</b>	<b>Calcolo della gittata in funzione dell'angolo con velocità di rotazione 12,5 RPM (0-46°)</b> .....	<b>14</b>
<b>Figura 8</b>	<b>Calcolo della gittata in funzione dell'angolo con velocità di rotazione 12,5 RPM (47-90°)</b> .....	<b>15</b>
<b>Figura 9</b>	<b>Calcolo della gittata in funzione dell'angolo con velocità di rotazione 12,5 RPM (270-307°)</b> .....	<b>16</b>
<b>Figura 10</b>	<b>Calcolo della gittata in funzione dell'angolo con velocità di rotazione 12,5 RPM (308-360°)</b> .....	<b>17</b>
<b>Figura 11</b>	<b>Evidenza del buffer calcolato relativo alla gittata massima (250m) ed i recettori individuati</b> .....	<b>19</b>
<b>Figura 12</b>	<b>Evidenza delle distanze delle WTG dai centri abitati</b> .....	<b>20</b>

<b>Wind Energy Mafalda srl</b> <b>Impianto Eolico “Mafalda”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: PD004
		Data: 03/08/2023
	<b>RELAZIONE DI GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</b>	Revisione: 00
		Pagina: 3 di 20

## 1 PREMESSA

La società **WIND ENERGY MAFALDA SRL**, d'ora in avanti il proponente, intende realizzare un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nella provincia di Campobasso, nei comuni di Mafalda e Montenero di Bisaccia.

L'impianto, denominato “Mafalda”, sarà costituito da 7 aerogeneratori di potenza unitaria nominale fino a 6,0 MW, per una potenza complessiva di 42,0 MW integrato da un sistema di accumulo.

Data la potenza dell'impianto, superiore ai 10.000 kW, il servizio di connessione sarà erogato in alta tensione (AT), ai sensi della Deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 23 luglio 2008 n.99 e s.m.i.

Gli aerogeneratori forniscono energia elettrica in bassa tensione (690V) e sono pertanto dotati di un trasformatore MT/BT ciascuno, alloggiato all'interno dell'aerogeneratore stesso e in grado di elevare la tensione a quella della rete del parco. La rete del parco è costituita da un cavidotto interrato in media tensione (30kV), tramite il quale l'energia elettrica viene convogliata dagli aerogeneratori alla sottostazione elettrica (SSE) di trasformazione AT/MT di proprietà del proponente che sarà collegata in antenna ad una nuova stazione elettrica (SE) di smistamento a 150 kV della RTN, da inserirsi in modalità entra-esce sulla linea a 150 kV “Montecilfone”, previa realizzazione degli interventi previsti nell'area di cui al Piano di Sviluppo Terna (421-P).

Le opere progettuali sono quindi sintetizzate nel seguente elenco:

- parco eolico composto da 7 aerogeneratori, da 6,0 MW ciascuno, con torre di altezza fino a 105 m e diametro del rotore fino a 150 m e dalle relative opere civili connesse quali strade di accesso, piazzole e fondazioni;
- impianto di rete, consistente in una nuova SE di smistamento a 150 kV della RTN da inserirsi in modalità entra-esce sulla futura linea a 150 kV “Montecilfone”;
- impianto di utenza per la connessione alla RTN, consistente nella rete di terra, nella rete di comunicazione in fibra ottica, nel cavidotto in media tensione (30kV) interamente interrato e sviluppato principalmente sotto strade esistenti, nella SSE di trasformazione 150/30 kV di proprietà del Proponente e nell'elettrodotto di collegamento tra la SSE e la nuova SE.

I progetti del tipo in esame rispondono a finalità di interesse pubblico (riduzione dei gas ad effetto serra, risparmio di fonti fossili scarse ed importate) ed in quanto tali sono indifferibili ed urgenti, come stabilito dalla legge 1° giugno 2002, n. 120, concernente “Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l'11 dicembre 1997” e dal D.Lgs. 29 dicembre 2003, n.387 “Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità” e s.m.i..

L'utilizzo di fonti rinnovabili comporta infatti beneficio a livello ambientale, in termini di tonnellate equivalenti di petrolio (TEP) risparmiate e mancate emissioni di gas serra, polveri e inquinanti. Per il progetto in esame si stima una producibilità del parco eolico superiore a 84 GWh/anno, che consente di risparmiare almeno 15.710 TEP/anno (fonte ARERA: 0,187 TEP/MWh) e di evitare almeno 41.480 ton/anno di emissioni di CO<sub>2</sub> (fonte ISPRA,2020: 493,80 g [CO]<sub>2</sub>/kWh).

<b>Wind Energy Mafalda srl</b> <b>Impianto Eolico “Mafalda”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato:	PD004
		Data:	03/08/2023
	<b>RELAZIONE DI GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</b>	Revisione:	00
		Pagina:	4 di 20

## 2 SCOPO

Scopo della presente relazione è la descrizione degli aspetti tecnici relativi alla progettazione del parco eolico in oggetto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile di tipo eolica, e la conseguente immissione dell'energia prodotta, attraverso la dedicata rete di connessione, sino alla Rete di Trasmissione Nazionale.

L'impianto, denominato “Mafalda”, sarà costituito da 7 aerogeneratori di potenza unitaria nominale fino a 6,0 MW, per una potenza complessiva di 42 MW, e integrato da un sistema di accumulo.

## 3 PROPONENTE

I dati del proponente sono i seguenti:

### **WIND ENERGY MAFALDA Srl**

Indirizzo Sede legale PESCARA (PE)

VIA CARAVAGGIO 125 CAP 65125

Domicilio digitale/PEC: windenergymafalda@legpec.it

Numero REA PE – 424846 - P.iva 02372300687

## 4 INQUADRAMENTO ED UBICAZIONE

Come detto, il progetto prevede l'installazione di 7 aerogeneratori di potenza pari a 6,0 MW per una capacità complessiva di 42,0 MW.

Gli aerogeneratori ricadono:

- Nel comune di Mafalda, nello specifico le torri WTG1, WTG2, WTG4, WTG5, WTG6, WTG7
- Nel comune di Montenero di Bisaccia la torre WTG3

Le aree d'impianto sono servite dalla viabilità esistente costituita da strade statali, provinciali, comunali e da strade interpoderali e sterrate da adeguare.

Il tracciato del cavidotto esterno attraversa il territorio dell'agro di Mafalda e di Montenero di Bisaccia in provincia di Campobasso.

La sottostazione elettrica Utente (SSEU) e la stazione elettrica Terna (SE) ricadono sul territorio di Montecilfone (CB).

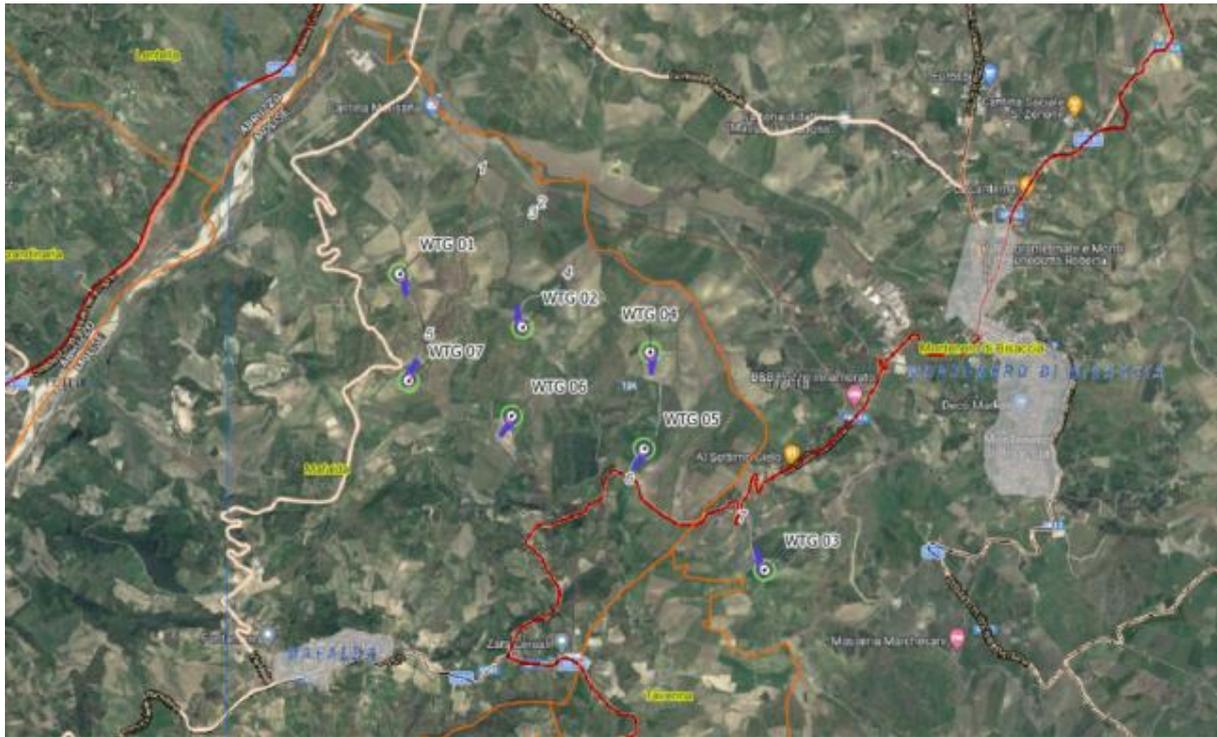
Gli aerogeneratori ricadono su un'area posta a nord-est del centro urbano di Mafalda ad una distanza di circa 2,1 km (WTG06).

Il parco eolico è circoscritto dalle seguenti strade statali:

- SS 157 a sud

L'accesso alle torri è garantito in particolare dalla Strada Statale 157 passando per il centro abitato di Montenero di Bisaccia. La viabilità da realizzare non prevede opere di impermeabilizzazione. Sono inoltre previste piazzole in prossimità degli aerogeneratori sempre in materiale arido drenante.

<b>Wind Energy Mafalda srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“Mafalda”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: PD004
		Data: 03/08/2023
	<b>RELAZIONE DI GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</b>	Revisione: 00
		Pagina: 5 di 20



**Figura 1** : Inquadramento su base satellitare ESRI con layout di intervento

Gli aerogeneratori sono localizzabili alle coordinate riportate in Tab. 1:

WTG	Comune	x	y	Altitudine
1	Mafalda	478794	4645061	224,8243943
2	Mafalda	478844	4645867	129,5295735
3	Montenero di Bisaccia	477786	4646073	151,5218382
4	Mafalda	477696	4645334	178,8958804
5	Mafalda	476841	4645629	194,7432027
6	Mafalda	476770	4646520	181,5101565
7	Mafalda	479790	4644050	227,506209

**Tab. 1** – Coordinate degli aerogeneratori

Le turbine sono identificate agli estremi catastali riportati in Tab. 2:

WTG	FOGLIO	PARTICELLA	Comune
1	4	73	Mafalda
2	5	44	Mafalda
3	62	54	Montenero di Bisaccia
4	11	10	Mafalda
5	12	3	Mafalda
6	10	54	Mafalda
7	9	171	Mafalda

**Tab. 2** – Estremi catastali degli aerogeneratori

<b>Wind Energy Mafalda srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“Mafalda”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: PD004
		Data: 03/08/2023
	<b>RELAZIONE DI GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</b>	Revisione: 00
		Pagina: 6 di 20

## 5 SPECIFICHE TECNICHE

Per il calcolo della massima gittata si considerano le seguenti ipotesi in relazione alle caratteristiche dimensionali e di potenza dell'aerogeneratore considerato:

- Il moto del sistema considerato è quello di un sistema rigido non vincolato (modello che approssima la pala nel momento del distacco);
- Si è considerata la riduzione della velocità periferica pari al 30% per tener conto degli effetti della resistenza dovuta al mezzo in cui si svolge il moto (aria) e per considerare le forze di resistenza che si generano al momento di rottura della pala;
- Il calcolo della gittata è stato determinato per diversi valori dell'angolo  $\theta$ ;
- La velocità massima del rotore sarà limitata elettronicamente.

I dati geometrici e cinematici sui quali è basato il calcolo sono i seguenti.

- Altezza della torre  $H = 105$  m
- Diametro del rotore  $D = 150$  m, quindi lunghezza della pala 75 m
- Velocità di rotazione  $V$  (RPM):

**RPM Rotor Max : 12.5 giri/minuto**

## 6 DISTACCO DI UNA DELLE PALE DAL ROTORE

Questo tipo di 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 ad 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.

<b>Wind Energy Mafalda srl</b> <b>Impianto Eolico “Mafalda”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato:	PD004
		Data:	03/08/2023
	<b>RELAZIONE DI GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</b>	Revisione:	00
		Pagina:	7 di 20

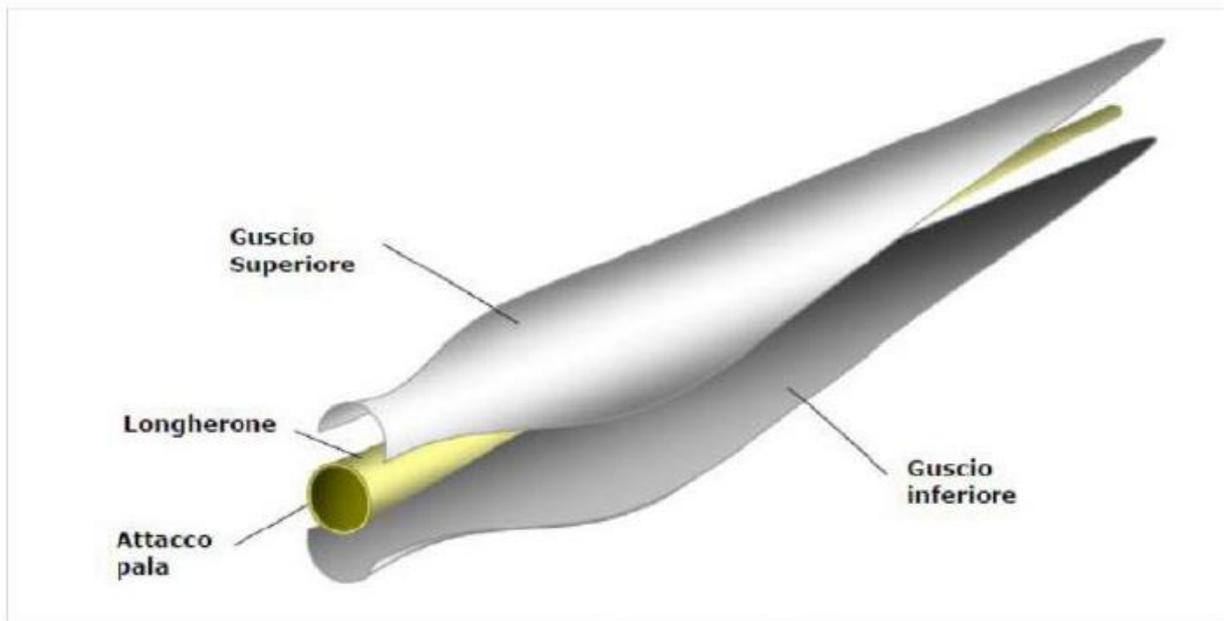


Figura 2 : Schema strutturale di una pala eolica 1

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.

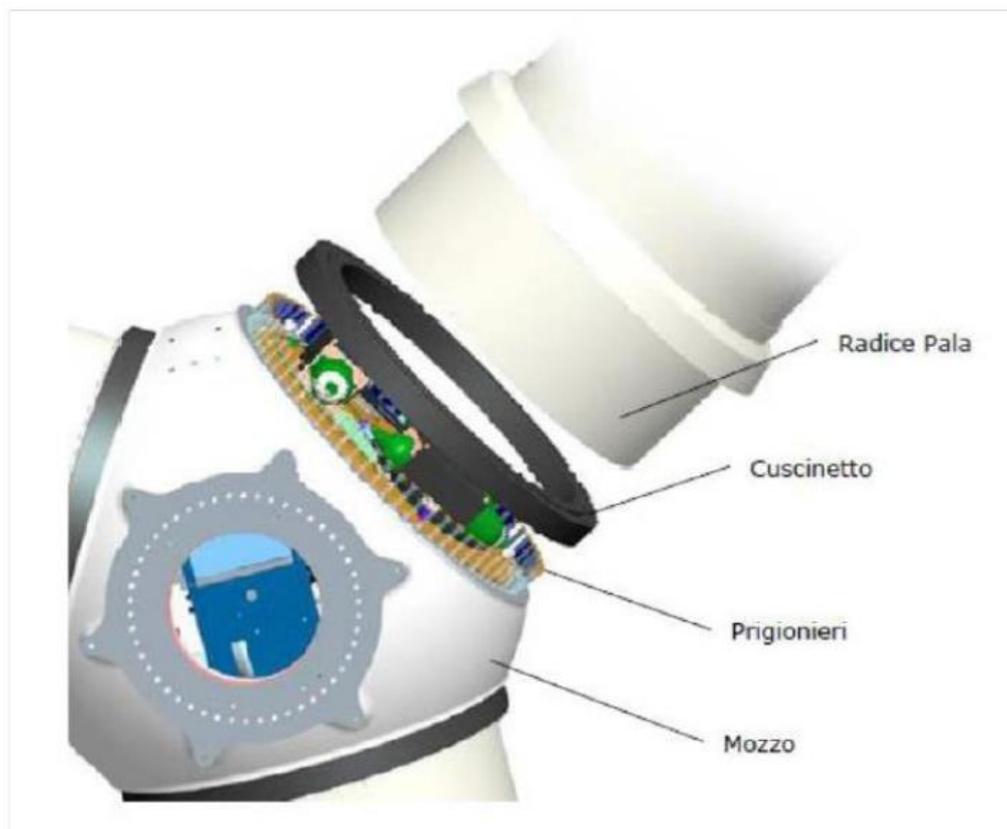


Figura 3 : Schema strutturale di una pala eolica 2

<b>Wind Energy Mafalda srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“Mafalda”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: PD004
		Data: 03/08/2023
	<b>RELAZIONE DI GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</b>	Revisione: 00
		Pagina: 8 di 20

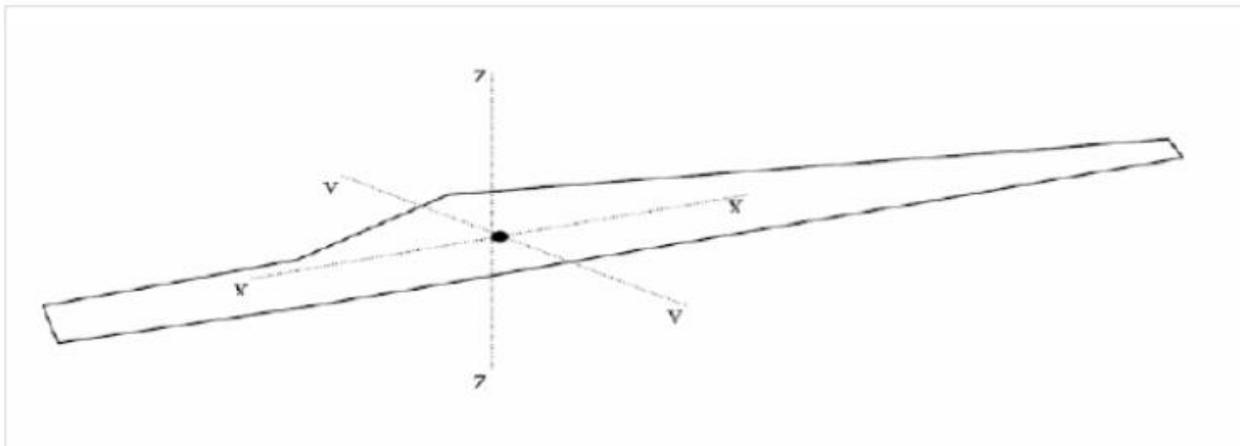
## 7 ROTTURA DELL'ESTREMITA' DI UNA PALA

La rottura dell'estremità della pala si manifesta quasi sempre in concomitanza di fulminazioni di natura atmosferica. Tutte le pale in commercio 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 un fulmine ecceda 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.

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, ossia l'attacco bullonato che unisce la pala al mozzo, ed esiste un'ipotesi, seppur remota, sulla possibilità di cedimento di tale attacco. È da escludere invece, considerate le caratteristiche meccaniche della pala, l'effetto di distacco di una porzione della stessa, in quanto si tratta di una struttura monolitica con la trave di sostegno che rimane vincolata al mozzo attraverso un collegamento bullonato.



**Figura 4 :** *Sistema di coordinate di una pala*

Il calcolo di gittata nei casi di distacco di frammenti o porzioni di guscio, per le ragioni spiegate in precedenza, risulta problematico e privo di basi computazionali, in quanto lo stabilire le dimensioni del pezzo di guscio distaccato è del tutto aleatorio e non dipende da una causa specifica come quelle collegabili ad una discontinuità, un difetto di progettazione o di realizzazione della pala.

Il caso di distacco di porzioni di pala si potrebbe trattare effettuando un'analisi del rischio che è dato dal prodotto fra la probabilità di occorrenza della specifica rottura e la gravità delle conseguenze. Una simile analisi comporterebbe comunque delle assunzioni arbitrarie fra le quali le dimensioni del pezzo di pala interessato al distacco e uno studio probabilistico sull'occorrenza e la gravità delle conseguenze.

Per effettuare queste valutazioni è necessaria la conoscenza di tutta una serie di circostanze circa gli eventi di questo tipo e la base statistica degli eventi incidentali dovrebbe essere notevolmente ampia, la qual cosa non è verificata nella realtà.

<b>Wind Energy Mafalda srl</b> <b>Impianto Eolico "Mafalda"</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: PD004
		Data: 03/08/2023
	<b>RELAZIONE DI GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</b>	Revisione: 00
		Pagina: 9 di 20

## 7.1 CALCOLO DELLA GITTATA DELLA PALA

Qualora dovesse verificarsi il distacco della pala dal rotore, il moto della stessa può essere scomposto in un moto traslatorio del centro di massa e da un moto rotatorio intorno al centro stesso.

La determinazione delle forze agenti sulla pala al momento della rottura è estremamente complesso in quanto, oltre al moto rotatorio, sono da considerarsi anche le tensioni interne determinate dalla flessione della pala, la forza del vento non perfettamente ortogonale al piano del rotore e le sollecitazioni indotte dalla rotazione della navicella (yawing). Inoltre, durante la fase di volo sarebbero da considerarsi anche i fenomeni resistivi dati dalla densità dell'aria e dalla portanza del profilo alare.

Per semplificare il problema rimanendo nelle condizioni conservative vengono fatte le seguenti ipotesi:

- moto irrotazionale: la pala non ruota intorno al proprio baricentro;
- forze resistenti nulle;
- forze inerziali: si considera solamente la forza di gravità;

Si considera inoltre che:

il distacco della totalità della pala in modo istantaneo, non considerando la resistenza posta dalla pala;

la rotazione massima (massimi giri al minuto) per la turbina al momento del distaccamento, coincidente con il regime rotazionale massimo ammissibile;

Lo schema adottato per il calcolo è il seguente, avendo indicato con G il baricentro del sistema avremo:

$R_g$  = raggio del baricentro

$V_g$  = velocità periferica del baricentro

<b>Wind Energy Mafalda srl</b> <b>Impianto Eolico "Mafalda"</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato:	PD004
		Data:	03/08/2023
	<b>RELAZIONE DI GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</b>	Revisione:	00
		Pagina:	10 di 20

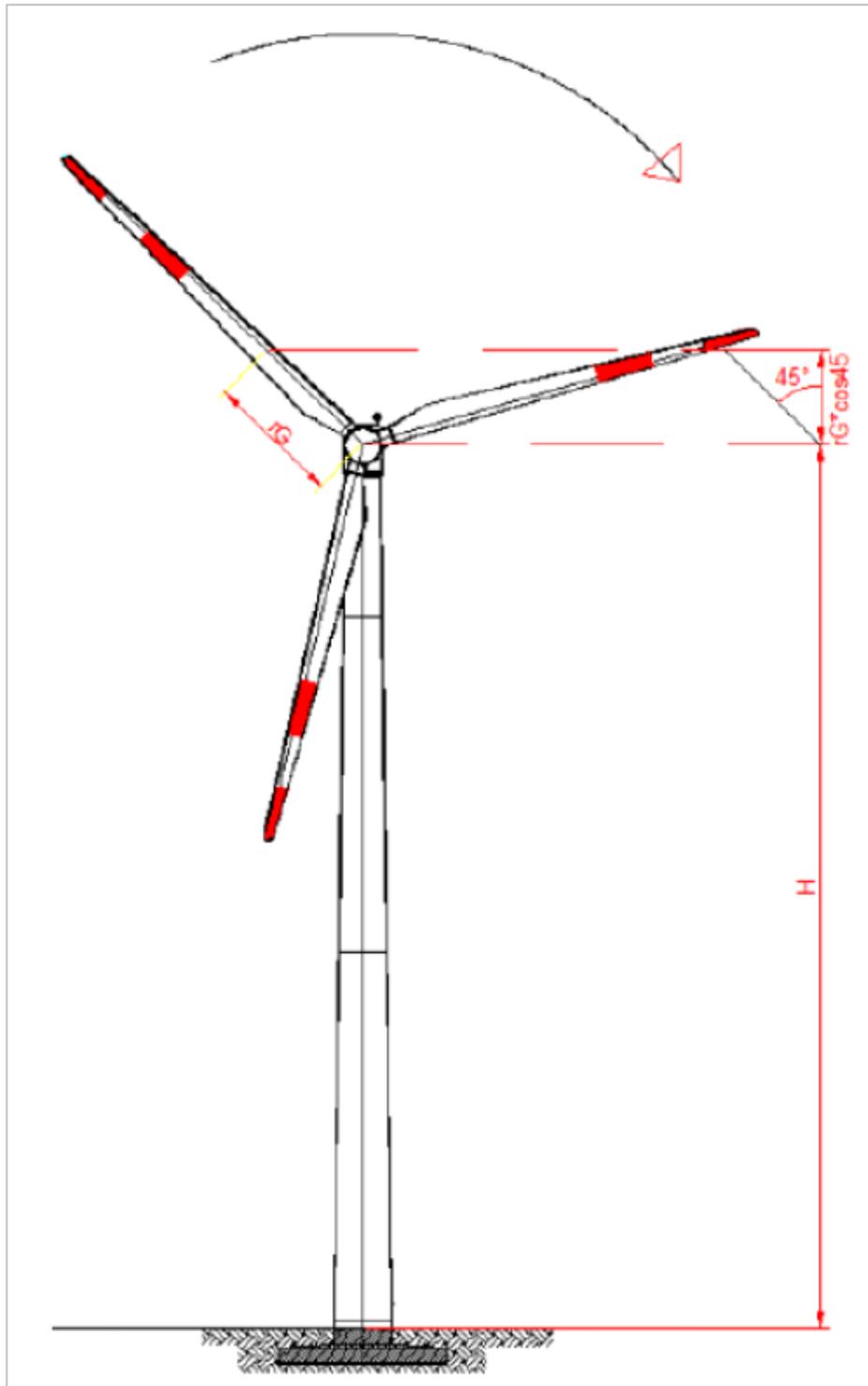


Figura 5 : Schema aerogeneratore per il calcolo

### 7.1.1 Calcolo del baricentro

Date le caratteristiche geometriche della pala, e considerata la distribuzione dei pesi lungo il profilo della stessa, possiamo ritenere con buona approssimazione che il baricentro sia posizionato ad un terzo rispetto alla lunghezza della pala, tale ipotesi non considera effetti di attrito e il moto rotazionale complesso, portando quindi a sovrastimare il valore della gittata a favore di sicurezza, come calcolato nel foglio analitico di seguito riportato (valore  $X_g$ ).

<b>Wind Energy Mafalda</b> <b>srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“Mafalda”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: PD004
		Data: 03/08/2023
	<b>RELAZIONE DI GITTATA DEGLI</b> <b>ELEMENTI ROTANTI</b>	Revisione: 00
		Pagina: 11 di 20

### 7.1.2 Calcolo della velocità periferica

Il dato di partenza è Rpm = 12,5 giri/min che corrisponde ad una velocità angolare:

$$\omega = 2\pi n / 60$$

Pari nel caso in esame a : 1,2874

Nel moto circolare uniforme, la velocità periferica è direttamente proporzionale al raggio. Ad ogni giro il punto G di raggio R percorre la circonferenza  $2\pi R$ ; dopo n giri al minuto lo spazio percorso sarà  $2\pi n R$  metri/minuto. E questo sarà lo spazio percorso da tutti i punti situati sulla periferia del corpo in movimento circolare. Dunque, la velocità periferica in metri al secondo di un corpo rotante (considerando la velocità massima del rotore pari a 12,5 giri al minuto), corrisponde a:

$$v_0 = \omega r_g = (2\pi n r_g) / 60$$

Pari quindi nel caso in esame a: 32,72 m/s

Tenendo conto dell'attrito dell'aria e delle forze di resistenza, il valore della velocità del baricentro ridotta del 30% rispetto all'assenza di resistenze, sarebbe pari a 22,90 m/s.

### 7.1.3 Calcolo di hG

Il calcolo della proiezione del baricentro sull'asse verticale, che si ritiene con buona approssimazione posizionato ad un terzo rispetto alla lunghezza della pala, ossia  $r_g = 25,00$  m, essendo il raggio di ciascuna pala uguale a 75 m, viene valutato all'altezza dell'intera torre più il valore della proiezione di Rg sulla verticale ossia:

$$h_g = H + (R_g * \sin \alpha)$$

Dove H è l'altezza della torre e il calcolo della proiezione del baricentro sull'asse verticale, viene valutato per i diversi valori dell'angolo  $\alpha$ .

Fatte tali ipotesi, la traiettoria dalla pala è una parabola dipendente dalle seguenti variabili:

- velocità di lancio (V): espressa come costante dalle caratteristiche dell'aerogeneratore;
- Angolo sotteso dalla pala con il piano ( $\alpha$ );
- Altezza di lancio (h): funzione dell'altezza della torre e dell'angolo  $\alpha$ .

La gittata massima sarà quindi calcolata in funzione dell'angolo  $\alpha$  che ne massimizza l'effetto.

Tutte le considerazioni sono state svolte considerando una velocità di rotazione del rotore (MAX) pari a 12,5 rpm.

<b>Wind Energy Mafalda srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“Mafalda”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: PD004
		Data: 03/08/2023
	<b>RELAZIONE DI GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</b>	Revisione: 00
		Pagina: 12 di 20

Possiamo ritenere con buona approssimazione che il baricentro della pala (R), date le caratteristiche geometriche della pala e considerata la distribuzione dei pesi lungo il profilo della stessa, sia posizionato a circa un terzo della lunghezza della pala stessa, corrispondente a 25,00 m dal centro di rotazione.

La posizione e la velocità iniziale sono determinati dall'angolo  $\alpha$  e dalla velocità tangenziale  $V$  al momento del distacco. Essi sono legati alla posizione ed alla velocità iniziale dalle seguenti relazioni:

$$x_0 = -R \cos(\alpha)$$

$$y_0 = H + R \sin(\alpha)$$

$$\omega = V * \left(\frac{2\pi}{60}\right) = 1.32 \text{ rad/s}$$

$$v_x = V \sin(\alpha)$$

$$v_y = V \cos(\alpha)$$

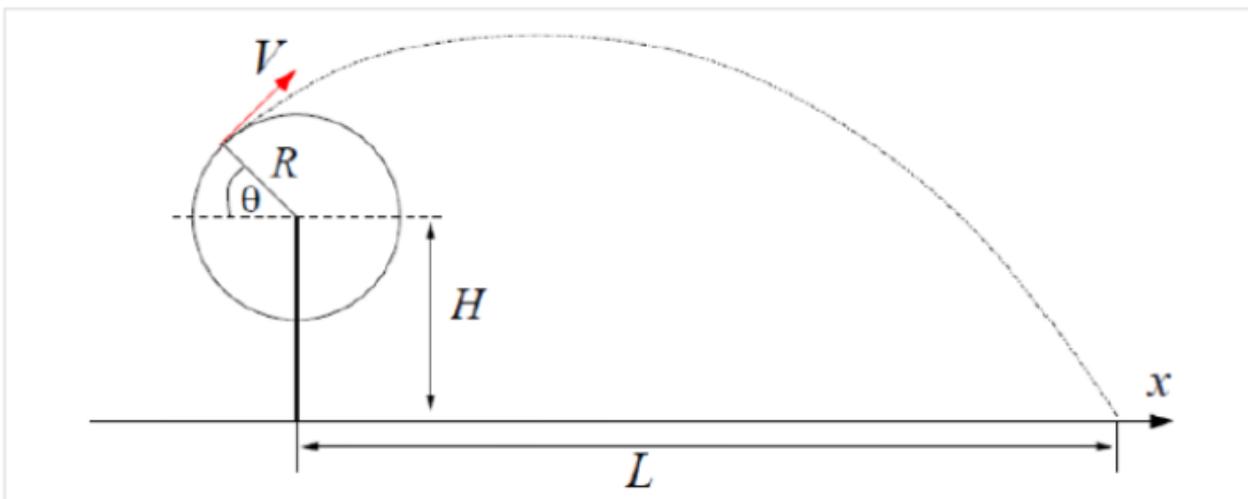


Figura 6 : Schematizzazione geometria e calcolo della gittata

Considerando la legge del moto nel piano si ha:

$$x(t) = x_0 + v_x t$$

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

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

<b>Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: PD004
		Data: 03/08/2023
	<b>RELAZIONE DI GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</b>	Revisione: 00
		Pagina: 13 di 20

È quindi possibile determinare la distanza di caduta (d) in funzione dell'angolo  $\alpha$ :

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

Pertanto in relazione alla velocità di rotazione nei casi analizzati (MAX) 12,50 rpm si avranno i seguenti valori ottenuti e tabellati come segue al variare dell'angolo della pala rispetto all'orizzontale.

<b>Wind Energy Mafalda srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“Mafalda”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>		Codice Elaborato: PD004
			Data: 03/08/2023
	<b>RELAZIONE DI GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</b>		Revisione: 00
			Pagina: 14 di 20

Numero di giri al minuto del rotore	n =	12.5	Se non è disponibile il valore di D, inserire almeno D=2L												
Lunghezza della pala in metri	L =	75	Diametro del rotore	D =	150										
Altezza del mozzo in metri	H <sub>torre</sub> =	105	Gittata massima in metri		238										
Angolo α	n	L	H <sub>torre</sub>	v <sub>0</sub>	v <sub>x0</sub>	v <sub>y0</sub>	H <sub>g</sub>	D	r <sub>g</sub>	g	Gittata teorica	X <sub>g</sub>	L <sub>g</sub>	Gittata Effettiva	
0	12.50	75.00	105.00	32.72	0.00	32.72	105.00	150	25.00	9.81	-25.00	25.00	50.00	25.00	
1	12.50	75.00	105.00	32.72	0.57	32.72	105.44	150	25.00	9.81	-19.83	25.00	50.00	30.17	
2	12.50	75.00	105.00	32.72	1.14	32.70	105.87	150	25.00	9.81	-14.65	24.98	50.00	35.35	
3	12.50	75.00	105.00	32.72	1.71	32.68	106.31	150	25.00	9.81	-9.46	24.97	50.00	40.54	
4	12.50	75.00	105.00	32.72	2.28	32.65	106.74	150	25.00	9.81	-4.26	24.94	50.00	45.74	
5	12.50	75.00	105.00	32.72	2.85	32.60	107.18	150	25.00	9.81	0.93	24.90	50.00	50.93	
6	12.50	75.00	105.00	32.72	3.42	32.55	107.61	150	25.00	9.81	6.12	24.86	50.00	56.12	
7	12.50	75.00	105.00	32.72	3.99	32.48	108.05	150	25.00	9.81	11.30	24.81	50.00	61.30	
8	12.50	75.00	105.00	32.72	4.55	32.41	108.48	150	25.00	9.81	16.46	24.76	50.00	66.46	
9	12.50	75.00	105.00	32.72	5.12	32.32	108.91	150	25.00	9.81	21.61	24.69	50.00	71.61	
10	12.50	75.00	105.00	32.72	5.68	32.23	109.34	150	25.00	9.81	26.73	24.62	50.00	76.73	
11	12.50	75.00	105.00	32.72	6.24	32.12	109.77	150	25.00	9.81	31.83	24.54	50.00	81.83	
12	12.50	75.00	105.00	32.72	6.80	32.01	110.20	150	25.00	9.81	36.90	24.45	50.00	86.90	
13	12.50	75.00	105.00	32.72	7.36	31.89	110.62	150	25.00	9.81	41.93	24.36	50.00	91.93	
14	12.50	75.00	105.00	32.72	7.92	31.75	111.05	150	25.00	9.81	46.93	24.26	50.00	96.93	
15	12.50	75.00	105.00	32.72	8.47	31.61	111.47	150	25.00	9.81	51.88	24.15	50.00	101.88	
16	12.50	75.00	105.00	32.72	9.02	31.46	111.89	150	25.00	9.81	56.78	24.03	50.00	106.78	
17	12.50	75.00	105.00	32.72	9.57	31.29	112.31	150	25.00	9.81	61.64	23.91	50.00	111.64	
18	12.50	75.00	105.00	32.72	10.11	31.12	112.73	150	25.00	9.81	66.44	23.78	50.00	116.44	
19	12.50	75.00	105.00	32.72	10.65	30.94	113.14	150	25.00	9.81	71.18	23.64	50.00	121.18	
20	12.50	75.00	105.00	32.72	11.19	30.75	113.55	150	25.00	9.81	75.87	23.49	50.00	125.87	
21	12.50	75.00	105.00	32.72	11.73	30.55	113.96	150	25.00	9.81	80.48	23.34	50.00	130.48	
22	12.50	75.00	105.00	32.72	12.26	30.34	114.37	150	25.00	9.81	85.03	23.18	50.00	135.03	
23	12.50	75.00	105.00	32.72	12.79	30.12	114.77	150	25.00	9.81	89.51	23.01	50.00	139.51	
24	12.50	75.00	105.00	32.72	13.31	29.90	115.17	150	25.00	9.81	93.92	22.84	50.00	143.92	
25	12.50	75.00	105.00	32.72	13.83	29.66	115.57	150	25.00	9.81	98.24	22.66	50.00	148.24	
26	12.50	75.00	105.00	32.72	14.35	29.41	115.96	150	25.00	9.81	102.49	22.47	50.00	152.49	
27	12.50	75.00	105.00	32.72	14.86	29.16	116.35	150	25.00	9.81	106.65	22.28	50.00	156.65	
28	12.50	75.00	105.00	32.72	15.36	28.89	116.74	150	25.00	9.81	110.73	22.07	50.00	160.73	
29	12.50	75.00	105.00	32.72	15.87	28.62	117.12	150	25.00	9.81	114.72	21.87	50.00	164.72	
30	12.50	75.00	105.00	32.72	16.36	28.34	117.50	150	25.00	9.81	118.61	21.65	50.00	168.61	
31	12.50	75.00	105.00	32.72	16.85	28.05	117.88	150	25.00	9.81	122.42	21.43	50.00	172.42	
32	12.50	75.00	105.00	32.72	17.34	27.75	118.25	150	25.00	9.81	126.13	21.20	50.00	176.13	
33	12.50	75.00	105.00	32.72	17.82	27.45	118.62	150	25.00	9.81	129.74	20.97	50.00	179.74	
34	12.50	75.00	105.00	32.72	18.30	27.13	118.98	150	25.00	9.81	133.25	20.73	50.00	183.25	
35	12.50	75.00	105.00	32.72	18.77	26.81	119.34	150	25.00	9.81	136.66	20.48	50.00	186.66	
36	12.50	75.00	105.00	32.72	19.24	26.48	119.69	150	25.00	9.81	139.96	20.23	50.00	189.96	
37	12.50	75.00	105.00	32.72	19.69	26.14	120.05	150	25.00	9.81	143.16	19.97	50.00	193.16	
38	12.50	75.00	105.00	32.72	20.15	25.79	120.39	150	25.00	9.81	146.26	19.70	50.00	196.26	
39	12.50	75.00	105.00	32.72	20.59	25.43	120.73	150	25.00	9.81	149.24	19.43	50.00	199.24	
40	12.50	75.00	105.00	32.72	21.04	25.07	121.07	150	25.00	9.81	152.12	19.15	50.00	202.12	
41	12.50	75.00	105.00	32.72	21.47	24.70	121.40	150	25.00	9.81	154.89	18.87	50.00	204.89	
42	12.50	75.00	105.00	32.72	21.90	24.32	121.73	150	25.00	9.81	157.55	18.58	50.00	207.55	
43	12.50	75.00	105.00	32.72	22.32	23.93	122.05	150	25.00	9.81	160.10	18.28	50.00	210.10	
44	12.50	75.00	105.00	32.72	22.73	23.54	122.37	150	25.00	9.81	162.53	17.98	50.00	212.53	
45	12.50	75.00	105.00	32.72	23.14	23.14	122.68	150	25.00	9.81	164.86	17.68	50.00	214.86	
46	12.50	75.00	105.00	32.72	23.54	22.73	122.98	150	25.00	9.81	167.07	17.37	50.00	217.07	

Figura 7 : Calcolo della gittata in funzione dell'angolo con velocità di rotazione 12,5 RPM (0-46°)

<b>Wind Energy Mafalda srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“Mafalda”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>								<b>Codice Elaborato:</b> PD004	
									<b>Data:</b> 03/08/2023	
	<b>RELAZIONE DI GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</b>								<b>Revisione:</b> 00	
									<b>Pagina:</b> 15 di 20	

Angolo $\alpha$	n	L	H <sub>torre</sub>	v <sub>0</sub>	v <sub>x0</sub>	v <sub>y0</sub>	H <sub>g</sub>	D	r <sub>g</sub>	g	Gittata teorica	X <sub>g</sub>	L <sub>g</sub>	Gittata Effettiva
47	12.50	75.00	105.00	32.72	23.93	22.32	123.28	150	25.00	9.81	169.17	17.05	50.00	219.17
48	12.50	75.00	105.00	32.72	24.32	21.90	123.58	150	25.00	9.81	171.15	16.73	50.00	221.15
49	12.50	75.00	105.00	32.72	24.70	21.47	123.87	150	25.00	9.81	173.02	16.40	50.00	223.02
50	12.50	75.00	105.00	32.72	25.07	21.04	124.15	150	25.00	9.81	174.78	16.07	50.00	224.78
51	12.50	75.00	105.00	32.72	25.43	20.59	124.43	150	25.00	9.81	176.43	15.73	50.00	226.43
52	12.50	75.00	105.00	32.72	25.79	20.15	124.70	150	25.00	9.81	177.97	15.39	50.00	227.97
53	12.50	75.00	105.00	32.72	26.14	19.69	124.97	150	25.00	9.81	179.39	15.05	50.00	229.39
54	12.50	75.00	105.00	32.72	26.48	19.24	125.23	150	25.00	9.81	180.71	14.69	50.00	230.71
55	12.50	75.00	105.00	32.72	26.81	18.77	125.48	150	25.00	9.81	181.91	14.34	50.00	231.91
56	12.50	75.00	105.00	32.72	27.13	18.30	125.73	150	25.00	9.81	183.01	13.98	50.00	233.01
57	12.50	75.00	105.00	32.72	27.45	17.82	125.97	150	25.00	9.81	184.00	13.62	50.00	234.00
58	12.50	75.00	105.00	32.72	27.75	17.34	126.20	150	25.00	9.81	184.89	13.25	50.00	234.89
59	12.50	75.00	105.00	32.72	28.05	16.85	126.43	150	25.00	9.81	185.66	12.88	50.00	235.66
60	12.50	75.00	105.00	32.72	28.34	16.36	126.65	150	25.00	9.81	186.34	12.50	50.00	236.34
61	12.50	75.00	105.00	32.72	28.62	15.87	126.87	150	25.00	9.81	186.91	12.12	50.00	236.91
62	12.50	75.00	105.00	32.72	28.89	15.36	127.07	150	25.00	9.81	187.39	11.74	50.00	237.39
63	12.50	75.00	105.00	32.72	29.16	14.86	127.28	150	25.00	9.81	187.76	11.35	50.00	237.76
64	12.50	75.00	105.00	32.72	29.41	14.35	127.47	150	25.00	9.81	188.04	10.96	50.00	238.04
65	12.50	75.00	105.00	32.72	29.66	13.83	127.66	150	25.00	9.81	188.23	10.57	50.00	238.23
66	12.50	75.00	105.00	32.72	29.90	13.31	127.84	150	25.00	9.81	188.32	10.17	50.00	238.32
67	12.50	75.00	105.00	32.72	30.12	12.79	128.01	150	25.00	9.81	188.32	9.77	50.00	238.32
68	12.50	75.00	105.00	32.72	30.34	12.26	128.18	150	25.00	9.81	188.23	9.37	50.00	238.23
69	12.50	75.00	105.00	32.72	30.55	11.73	128.34	150	25.00	9.81	188.05	8.96	50.00	238.05
70	12.50	75.00	105.00	32.72	30.75	11.19	128.49	150	25.00	9.81	187.79	8.55	50.00	237.79
71	12.50	75.00	105.00	32.72	30.94	10.65	128.64	150	25.00	9.81	187.45	8.14	50.00	237.45
72	12.50	75.00	105.00	32.72	31.12	10.11	128.78	150	25.00	9.81	187.02	7.73	50.00	237.02
73	12.50	75.00	105.00	32.72	31.29	9.57	128.91	150	25.00	9.81	186.52	7.31	50.00	236.52
74	12.50	75.00	105.00	32.72	31.46	9.02	129.03	150	25.00	9.81	185.95	6.89	50.00	235.95
75	12.50	75.00	105.00	32.72	31.61	8.47	129.15	150	25.00	9.81	185.30	6.47	50.00	235.30
Angolo $\alpha$	n	L	H <sub>torre</sub>	v <sub>0</sub>	v <sub>x0</sub>	v <sub>y0</sub>	H <sub>g</sub>	D	r <sub>g</sub>	g	Gittata teorica	X <sub>g</sub>	L <sub>g</sub>	Gittata Effettiva
76	12.50	75.00	105.00	32.72	31.75	7.92	129.26	150	25.00	9.81	184.58	6.05	50.00	234.58
77	12.50	75.00	105.00	32.72	31.89	7.36	129.36	150	25.00	9.81	183.79	5.62	50.00	233.79
78	12.50	75.00	105.00	32.72	32.01	6.80	129.45	150	25.00	9.81	182.94	5.20	50.00	232.94
79	12.50	75.00	105.00	32.72	32.12	6.24	129.54	150	25.00	9.81	182.02	4.77	50.00	232.02
80	12.50	75.00	105.00	32.72	32.23	5.68	129.62	150	25.00	9.81	181.05	4.34	50.00	231.05
81	12.50	75.00	105.00	32.72	32.32	5.12	129.69	150	25.00	9.81	180.01	3.91	50.00	230.01
82	12.50	75.00	105.00	32.72	32.41	4.55	129.76	150	25.00	9.81	178.92	3.48	50.00	228.92
83	12.50	75.00	105.00	32.72	32.48	3.99	129.81	150	25.00	9.81	177.78	3.05	50.00	227.78
84	12.50	75.00	105.00	32.72	32.55	3.42	129.86	150	25.00	9.81	176.58	2.61	50.00	226.58
85	12.50	75.00	105.00	32.72	32.60	2.85	129.90	150	25.00	9.81	175.34	2.18	50.00	225.34
86	12.50	75.00	105.00	32.72	32.65	2.28	129.94	150	25.00	9.81	174.05	1.74	50.00	224.05
87	12.50	75.00	105.00	32.72	32.68	1.71	129.97	150	25.00	9.81	172.71	1.31	50.00	222.71
88	12.50	75.00	105.00	32.72	32.70	1.14	129.98	150	25.00	9.81	171.34	0.87	50.00	221.34
89	12.50	75.00	105.00	32.72	32.72	0.57	130.00	150	25.00	9.81	169.92	0.44	50.00	219.92
90	12.50	75.00	105.00	32.72	32.72	0.00	130.00	150	25.00	9.81	168.47	0.00	50.00	218.47

Figura 8 : Calcolo della gittata in funzione dell'angolo con velocità di rotazione 12,5 RPM (47-90°)

<b>Wind Energy Mafalda srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“Mafalda”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>		Codice Elaborato: PD004
			Data: 03/08/2023
	<b>RELAZIONE DI GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</b>		Revisione: 00
			Pagina: 16 di 20

Per un angolo compreso tra 270° e 360° il valore della Gittata sarà negativo perché verso sinistra														
Angolo $\alpha$	n	L	H <sub>Torre</sub>	v <sub>0</sub>	v <sub>x0</sub>	v <sub>y0</sub>	H <sub>g</sub>	D	r <sub>g</sub>	g	Gittata teorica	X <sub>g</sub>	L <sub>g</sub>	Gittata Effettiva
270	12.50	75.00	105.00	32.72	-32.72	0.00	80.00	150	25.00	9.81	-132.16	0.00	50.00	-182.16
271	12.50	75.00	105.00	32.72	-32.72	0.57	80.00	150	25.00	9.81	-134.50	0.44	50.00	-184.50
272	12.50	75.00	105.00	32.72	-32.70	1.14	80.02	150	25.00	9.81	-136.83	0.87	50.00	-186.83
273	12.50	75.00	105.00	32.72	-32.68	1.71	80.03	150	25.00	9.81	-139.15	1.31	50.00	-189.15
274	12.50	75.00	105.00	32.72	-32.65	2.28	80.06	150	25.00	9.81	-141.45	1.74	50.00	-191.45
275	12.50	75.00	105.00	32.72	-32.60	2.85	80.10	150	25.00	9.81	-143.73	2.18	50.00	-193.73
276	12.50	75.00	105.00	32.72	-32.55	3.42	80.14	150	25.00	9.81	-146.00	2.61	50.00	-196.00
277	12.50	75.00	105.00	32.72	-32.48	3.99	80.19	150	25.00	9.81	-148.24	3.05	50.00	-198.24
278	12.50	75.00	105.00	32.72	-32.41	4.55	80.24	150	25.00	9.81	-150.46	3.48	50.00	-200.46
Angolo $\alpha$	n	L	H <sub>Torre</sub>	v <sub>0</sub>	v <sub>x0</sub>	v <sub>y0</sub>	H <sub>g</sub>	D	r <sub>g</sub>	g	Gittata teorica	X <sub>g</sub>	L <sub>g</sub>	Gittata Effettiva
279	12.50	75.00	105.00	32.72	-32.32	5.12	80.31	150	25.00	9.81	-152.65	3.91	50.00	-202.65
280	12.50	75.00	105.00	32.72	-32.23	5.68	80.38	150	25.00	9.81	-154.80	4.34	50.00	-204.80
281	12.50	75.00	105.00	32.72	-32.12	6.24	80.46	150	25.00	9.81	-156.92	4.77	50.00	-206.92
282	12.50	75.00	105.00	32.72	-32.01	6.80	80.55	150	25.00	9.81	-159.00	5.20	50.00	-209.00
283	12.50	75.00	105.00	32.72	-31.89	7.36	80.64	150	25.00	9.81	-161.04	5.62	50.00	-211.04
284	12.50	75.00	105.00	32.72	-31.75	7.92	80.74	150	25.00	9.81	-163.03	6.05	50.00	-213.03
285	12.50	75.00	105.00	32.72	-31.61	8.47	80.85	150	25.00	9.81	-164.97	6.47	50.00	-214.97
286	12.50	75.00	105.00	32.72	-31.46	9.02	80.97	150	25.00	9.81	-166.86	6.89	50.00	-216.86
287	12.50	75.00	105.00	32.72	-31.29	9.57	81.09	150	25.00	9.81	-168.69	7.31	50.00	-218.69
288	12.50	75.00	105.00	32.72	-31.12	10.11	81.22	150	25.00	9.81	-170.46	7.73	50.00	-220.46
289	12.50	75.00	105.00	32.72	-30.94	10.65	81.36	150	25.00	9.81	-172.17	8.14	50.00	-222.17
290	12.50	75.00	105.00	32.72	-30.75	11.19	81.51	150	25.00	9.81	-173.81	8.55	50.00	-223.81
291	12.50	75.00	105.00	32.72	-30.55	11.73	81.66	150	25.00	9.81	-175.38	8.96	50.00	-225.38
292	12.50	75.00	105.00	32.72	-30.34	12.26	81.82	150	25.00	9.81	-176.88	9.37	50.00	-226.88
293	12.50	75.00	105.00	32.72	-30.12	12.79	81.99	150	25.00	9.81	-178.30	9.77	50.00	-228.30
294	12.50	75.00	105.00	32.72	-29.90	13.31	82.16	150	25.00	9.81	-179.64	10.17	50.00	-229.64
295	12.50	75.00	105.00	32.72	-29.66	13.83	82.34	150	25.00	9.81	-180.89	10.57	50.00	-230.89
296	12.50	75.00	105.00	32.72	-29.41	14.35	82.53	150	25.00	9.81	-182.06	10.96	50.00	-232.06
297	12.50	75.00	105.00	32.72	-29.16	14.86	82.72	150	25.00	9.81	-183.14	11.35	50.00	-233.14
298	12.50	75.00	105.00	32.72	-28.89	15.36	82.93	150	25.00	9.81	-184.12	11.74	50.00	-234.12
299	12.50	75.00	105.00	32.72	-28.62	15.87	83.13	150	25.00	9.81	-185.01	12.12	50.00	-235.01
300	12.50	75.00	105.00	32.72	-28.34	16.36	83.35	150	25.00	9.81	-185.80	12.50	50.00	-235.80
301	12.50	75.00	105.00	32.72	-28.05	16.85	83.57	150	25.00	9.81	-186.48	12.88	50.00	-236.48
302	12.50	75.00	105.00	32.72	-27.75	17.34	83.80	150	25.00	9.81	-187.07	13.25	50.00	-237.07
303	12.50	75.00	105.00	32.72	-27.45	17.82	84.03	150	25.00	9.81	-187.54	13.62	50.00	-237.54
304	12.50	75.00	105.00	32.72	-27.13	18.30	84.27	150	25.00	9.81	-187.91	13.98	50.00	-237.91
305	12.50	75.00	105.00	32.72	-26.81	18.77	84.52	150	25.00	9.81	-188.16	14.34	50.00	-238.16
306	12.50	75.00	105.00	32.72	-26.48	19.24	84.77	150	25.00	9.81	-188.30	14.69	50.00	-238.30
307	12.50	75.00	105.00	32.72	-26.14	19.69	85.03	150	25.00	9.81	-188.32	15.05	50.00	-238.32

Figura 9 : Calcolo della gittata in funzione dell'angolo con velocità di rotazione 12,5 RPM (270-307°)

<b>Wind Energy Mafalda srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“Mafalda”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>		Codice Elaborato: PD004
			Data: 03/08/2023
	<b>RELAZIONE DI GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</b>		Revisione: 00
			Pagina: 17 di 20

Angolo $\alpha$	n	L	H <sub>torre</sub>	v <sub>0</sub>	v <sub>x0</sub>	v <sub>y0</sub>	H <sub>g</sub>	D	r <sub>g</sub>	g	Gittata teorica	X <sub>g</sub>	L <sub>g</sub>	Gittata Effettiva
308	12.50	75.00	105.00	32.72	-25.79	20.15	85.30	150	25.00	9.81	-188.23	15.39	50.00	-238.23
309	12.50	75.00	105.00	32.72	-25.43	20.59	85.57	150	25.00	9.81	-188.01	15.73	50.00	-238.01
310	12.50	75.00	105.00	32.72	-25.07	21.04	85.85	150	25.00	9.81	-187.67	16.07	50.00	-237.67
311	12.50	75.00	105.00	32.72	-24.70	21.47	86.13	150	25.00	9.81	-187.21	16.40	50.00	-237.21
312	12.50	75.00	105.00	32.72	-24.32	21.90	86.42	150	25.00	9.81	-186.63	16.73	50.00	-236.63
313	12.50	75.00	105.00	32.72	-23.93	22.32	86.72	150	25.00	9.81	-185.92	17.05	50.00	-235.92
314	12.50	75.00	105.00	32.72	-23.54	22.73	87.02	150	25.00	9.81	-185.08	17.37	50.00	-235.08
315	12.50	75.00	105.00	32.72	-23.14	23.14	87.32	150	25.00	9.81	-184.12	17.68	50.00	-234.12
316	12.50	75.00	105.00	32.72	-22.73	23.54	87.63	150	25.00	9.81	-183.03	17.98	50.00	-233.03
317	12.50	75.00	105.00	32.72	-22.32	23.93	87.95	150	25.00	9.81	-181.80	18.28	50.00	-231.80
318	12.50	75.00	105.00	32.72	-21.90	24.32	88.27	150	25.00	9.81	-180.45	18.58	50.00	-230.45
319	12.50	75.00	105.00	32.72	-21.47	24.70	88.60	150	25.00	9.81	-178.97	18.87	50.00	-228.97
320	12.50	75.00	105.00	32.72	-21.04	25.07	88.93	150	25.00	9.81	-177.36	19.15	50.00	-227.36
321	12.50	75.00	105.00	32.72	-20.59	25.43	89.27	150	25.00	9.81	-175.63	19.43	50.00	-225.63
322	12.50	75.00	105.00	32.72	-20.15	25.79	89.61	150	25.00	9.81	-173.76	19.70	50.00	-223.76
323	12.50	75.00	105.00	32.72	-19.69	26.14	89.95	150	25.00	9.81	-171.76	19.97	50.00	-221.76
324	12.50	75.00	105.00	32.72	-19.24	26.48	90.31	150	25.00	9.81	-169.64	20.23	50.00	-219.64
325	12.50	75.00	105.00	32.72	-18.77	26.81	90.66	150	25.00	9.81	-167.39	20.48	50.00	-217.39
326	12.50	75.00	105.00	32.72	-18.30	27.13	91.02	150	25.00	9.81	-165.01	20.73	50.00	-215.01
327	12.50	75.00	105.00	32.72	-17.82	27.45	91.38	150	25.00	9.81	-162.51	20.97	50.00	-212.51
328	12.50	75.00	105.00	32.72	-17.34	27.75	91.75	150	25.00	9.81	-159.88	21.20	50.00	-209.88
329	12.50	75.00	105.00	32.72	-16.85	28.05	92.12	150	25.00	9.81	-157.13	21.43	50.00	-207.13
330	12.50	75.00	105.00	32.72	-16.36	28.34	92.50	150	25.00	9.81	-154.26	21.65	50.00	-204.26
331	12.50	75.00	105.00	32.72	-15.87	28.62	92.88	150	25.00	9.81	-151.27	21.87	50.00	-201.27
332	12.50	75.00	105.00	32.72	-15.36	28.89	93.26	150	25.00	9.81	-148.17	22.07	50.00	-198.17
333	12.50	75.00	105.00	32.72	-14.86	29.16	93.65	150	25.00	9.81	-144.95	22.28	50.00	-194.95
334	12.50	75.00	105.00	32.72	-14.35	29.41	94.04	150	25.00	9.81	-141.61	22.47	50.00	-191.61
335	12.50	75.00	105.00	32.72	-13.83	29.66	94.43	150	25.00	9.81	-138.17	22.66	50.00	-188.17
336	12.50	75.00	105.00	32.72	-13.31	29.90	94.83	150	25.00	9.81	-134.61	22.84	50.00	-184.61
Angolo $\alpha$	n	L	H <sub>torre</sub>	v <sub>0</sub>	v <sub>x0</sub>	v <sub>y0</sub>	H <sub>g</sub>	D	r <sub>g</sub>	g	Gittata teorica	X <sub>g</sub>	L <sub>g</sub>	Gittata Effettiva
337	12.50	75.00	105.00	32.72	-12.79	30.12	95.23	150	25.00	9.81	-130.95	23.01	50.00	-180.95
338	12.50	75.00	105.00	32.72	-12.26	30.34	95.63	150	25.00	9.81	-127.19	23.18	50.00	-177.19
339	12.50	75.00	105.00	32.72	-11.73	30.55	96.04	150	25.00	9.81	-123.32	23.34	50.00	-173.32
340	12.50	75.00	105.00	32.72	-11.19	30.75	96.45	150	25.00	9.81	-119.36	23.49	50.00	-169.36
341	12.50	75.00	105.00	32.72	-10.65	30.94	96.86	150	25.00	9.81	-115.30	23.64	50.00	-165.30
342	12.50	75.00	105.00	32.72	-10.11	31.12	97.27	150	25.00	9.81	-111.15	23.78	50.00	-161.15
343	12.50	75.00	105.00	32.72	-9.57	31.29	97.69	150	25.00	9.81	-106.92	23.91	50.00	-156.92
344	12.50	75.00	105.00	32.72	-9.02	31.46	98.11	150	25.00	9.81	-102.60	24.03	50.00	-152.60
345	12.50	75.00	105.00	32.72	-8.47	31.61	98.53	150	25.00	9.81	-98.19	24.15	50.00	-148.19
346	12.50	75.00	105.00	32.72	-7.92	31.75	98.95	150	25.00	9.81	-93.71	24.26	50.00	-143.71
347	12.50	75.00	105.00	32.72	-7.36	31.89	99.38	150	25.00	9.81	-89.16	24.36	50.00	-139.16
348	12.50	75.00	105.00	32.72	-6.80	32.01	99.80	150	25.00	9.81	-84.53	24.45	50.00	-134.53
349	12.50	75.00	105.00	32.72	-6.24	32.12	100.23	150	25.00	9.81	-79.84	24.54	50.00	-129.84
350	12.50	75.00	105.00	32.72	-5.68	32.23	100.66	150	25.00	9.81	-75.09	24.62	50.00	-125.09
351	12.50	75.00	105.00	32.72	-5.12	32.32	101.09	150	25.00	9.81	-70.28	24.69	50.00	-120.28
352	12.50	75.00	105.00	32.72	-4.55	32.41	101.52	150	25.00	9.81	-65.41	24.76	50.00	-115.41
353	12.50	75.00	105.00	32.72	-3.99	32.48	101.95	150	25.00	9.81	-60.49	24.81	50.00	-110.49
354	12.50	75.00	105.00	32.72	-3.42	32.55	102.39	150	25.00	9.81	-55.53	24.86	50.00	-105.53
355	12.50	75.00	105.00	32.72	-2.85	32.60	102.82	150	25.00	9.81	-50.52	24.90	50.00	-100.52
356	12.50	75.00	105.00	32.72	-2.28	32.65	103.26	150	25.00	9.81	-45.47	24.94	50.00	-95.47
357	12.50	75.00	105.00	32.72	-1.71	32.68	103.69	150	25.00	9.81	-40.40	24.97	50.00	-90.40
358	12.50	75.00	105.00	32.72	-1.14	32.70	104.13	150	25.00	9.81	-35.29	24.98	50.00	-85.29
359	12.50	75.00	105.00	32.72	-0.57	32.72	104.56	150	25.00	9.81	-30.15	25.00	50.00	-80.15
360	12.50	75.00	105.00	32.72	0.00	32.72	105.00	150	25.00	9.81	-25.00	25.00	50.00	-75.00

Figura 10 : Calcolo della gittata in funzione dell'angolo con velocità di rotazione 12,5 RPM (308-360°)

<b>Wind Energy Mafalda</b> <b>srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“Mafalda”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: PD004
		Data: 03/08/2023
	<b>RELAZIONE DI GITTATA DEGLI</b> <b>ELEMENTI ROTANTI</b>	Revisione: 00
		Pagina: 18 di 20

## 8 CONCLUSIONI

Ponendoci nella condizione peggiore che un frammento o l'intera pala si staccasse dal mozzo, si è dimostrato che l'impatto della stessa avviene a distanze molto contenute.

Infatti, nel caso si staccasse l'intera pala il suo valore massimo di gittata del baricentro è di 238,00 mt alla velocità nominale di rotazione di 12,50 rpm (32,72 m/s), nella direzione prevalente di vento e trascurando l'attrito dell'aria.

A proposito della sicurezza in riferimento tale analisi si sottolinea che:

- la stima della gittata massima dell'elemento è stata effettuata con approssimazioni in evidente margine di sicurezza, si sottolinea infatti che per il calcolo della gittata massima sono state considerate le seguenti ipotesi particolarmente cautelative:

sono stati considerati solamente gli effetti gravitazionali sul moto e non gli effetti di attrito di aria e vento,

si è ipotizzata una caduta della pala sempre orizzontale per tutta la lunghezza trascurando gli effetti di moto rotazionale complesso o effetti tangenziali,

è stata considerata una velocità di rotazione al momento del distacco coincidente con quella massima ammissibile dell'aerogeneratore che nella realtà non dovrebbe mai essere raggiunta grazie ai meccanismi di cut-out.”;

- 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 sistema navicella-rotore-torre tubolare sarà protetto dalla fulminazione in accordo alla norma IEC 61400-24 – livello I.

I valori risultanti dai calcoli sono perfettamente in linea con quanto dichiarato nel gennaio 2012 da esperti dei Dipartimenti di Protezione ambientale e Sanità Pubblica del Massachusetts che hanno affermato “nella maggior parte dei casi la gittata è limitata ad un raggio non superiore all'altezza della pala”.

Si tenga presente che tale valore nella realtà risulta inferiore; difatti è giusto considerare agire simultaneamente le condizioni peggiori di velocità del vento, di angolo di lancio, velocità di rotazione, azione di portanza sul profilo alare dopo il distacco ma le cause che porterebbero ad un eventuale distacco della pala o parte di essa sono rappresentate da un colpo di fulmine o da un urto accidentale di notevole intensità agente alla base della torre.

L'accadimento di tali fenomeni ha un valore di rischio molto basso, resi ancora più bassi dal fattore di contemporaneità. Si tenga conto che tutte le turbine eoliche sono dotate di un complesso sistema parafulmine, e per quanto riguarda l'urto non è pensabile potersi tutelare da un incidente, quale un velivolo o altro, che impatta sul rotore di una turbina o alla base della torre.

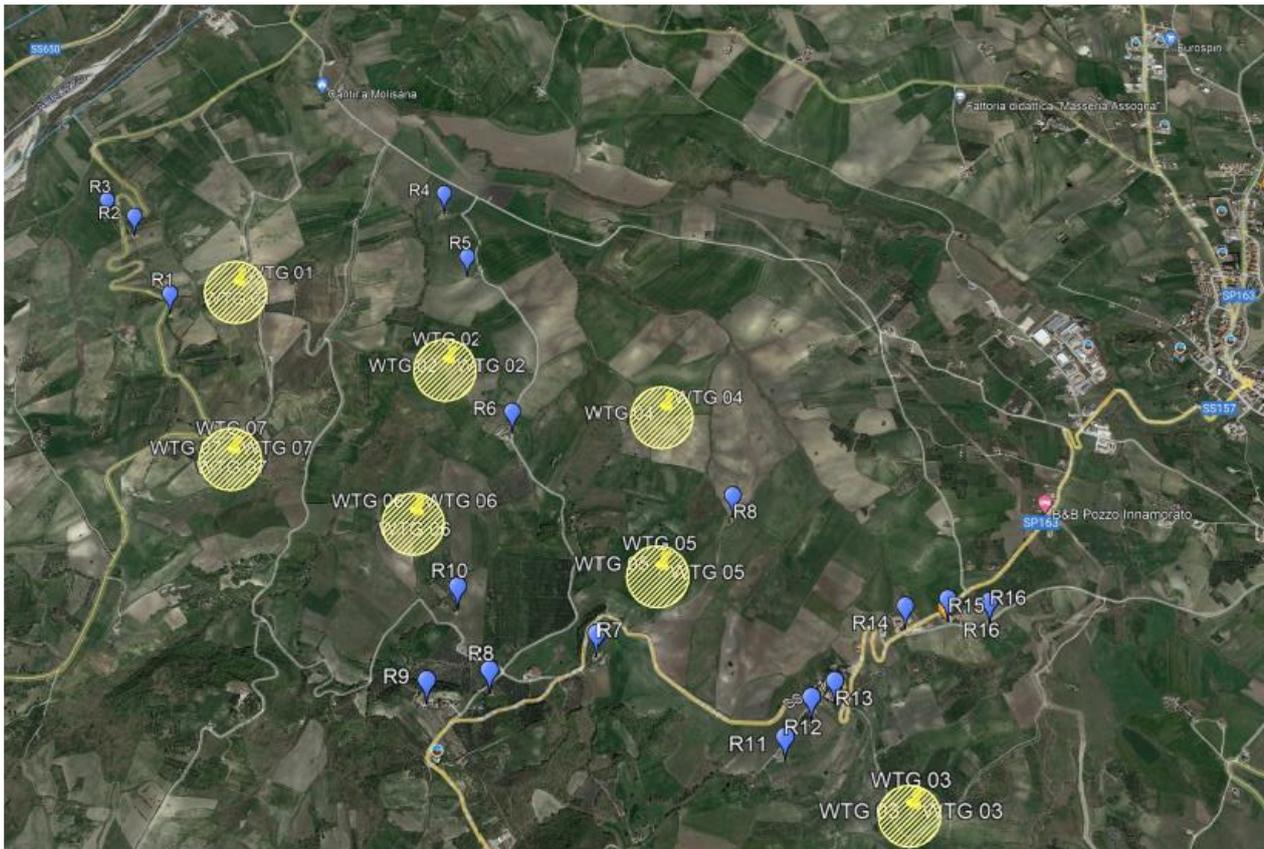
Sulla base del valore della gittata massima desunto nella presente relazione si conferma che tutti gli aerogeneratori in progetto si collocano a una distanza superiore a quella della gittata massima stimata (238m) rispetto a tutte le strutture e abitazioni rilevate nei dintorni dell'area di progetto,

<b>Wind Energy Mafalda srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“Mafalda”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: PD004
		Data: 03/08/2023
	<b>RELAZIONE DI GITTATA DEGLI</b> <b>ELEMENTI ROTANTI</b>	Revisione: 00
		Pagina: 19 di 20

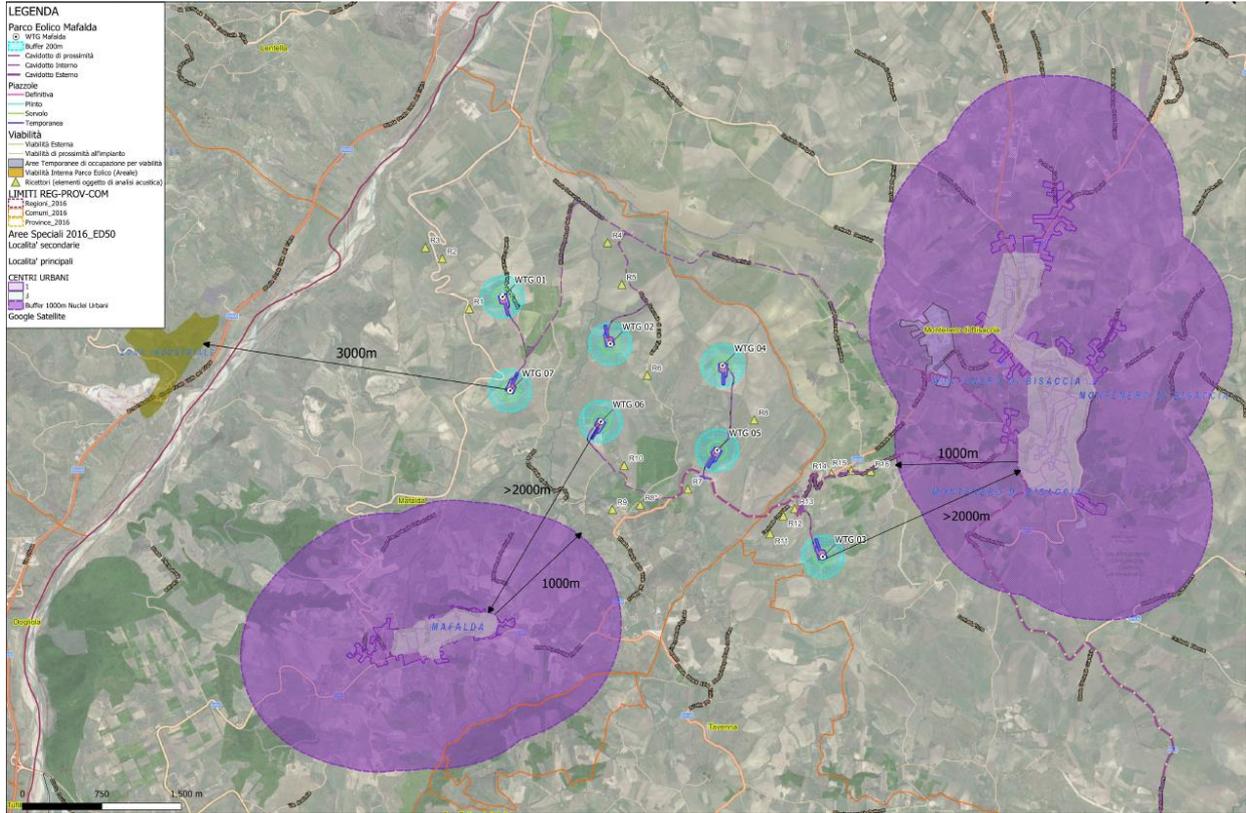
come mostrato nella figura 11 di seguito, dove la presenza degli edifici è segnalata con l'acronimo R.

Altresì la progettazione del parco eolico è stata effettuata nel rispetto delle distanze fissate dall'allegato 4 del DM 10/09/2010.

Non esiste inoltre alcuna interferenza anche con tutti i rimanenti fabbricati o agglomerati o nuclei abitativi residenziali che per maggiore chiarezza vengono rappresentati negli stralci cartografici di seguito riportati da nord verso sud come recettori confrontati con il buffer rispetto alle WTG pari cautelativamente a 250 m.



**Figura 11 :** *Evidenza del buffer calcolato relativo alla gittata massima (250m) ed i recettori individuati*



**Figura 12 : Evidenza delle distanze delle WTG dai centri abitati**