

# REGIONE BASILICATA

PROVINCIA DI MATERA

## COMUNE DI IRSINA

LOCALITÀ SAN MARCO FORGIONE

Oggetto:

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI IRSINA COSTITUITO DA 8 AEROGENERATORI DI POTENZA TOTALE PARI A 36,0 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE**

Sezione:

**SEZIONE A - PROGETTO DEFINITIVO DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE**

Elaborato:

**ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI**

Nome file stampa:

**EO.IRS01.PD.A.7.pdf**

Codifica Regionale:

EO.IRS01.PD.A.7

Scala:

**A4**

Formato di stampa:

**A4**

Nome elaborato:

**EO.IRS01.PD.A.7**

Tipologia:

**R**

Proponente:

**E-WAY GREEN S.r.l.**

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4  
00186 ROMA (RM)  
P.IVA. 16774521005



**E-WAY GREEN S.R.L.**  
P.zza di San Lorenzo in Lucina, 4  
00186 - Roma  
C.F./P.Iva 16774521005  
PEC: e-waygreensrl@legalmail.it

Progettista:

**E-WAY GREEN S.r.l.**

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4  
00186 ROMA (RM)  
P.IVA. 16774521005



CODICE	REV. n.	DATA REV.	REDAZIONE	VERIFICA	VALIDAZIONE
EO.IRS01.PD.A.7	00	04/2023	M. Valente	A. Bottone	A. Bottone

E-WAY GREEN S.r.l.

Sede legale  
Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4  
00186 ROMA (RM)  
PEC: e-waygreensrl@legalmail.it tel. +39 0694414500



**ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA  
ROTTURA DEGLI ORGANI  
ROTANTI**

CODICE	EO.IRS01.PD.A.7
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	1 di 18

## INDICE

<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>1 DESCRIZIONE ED UBICAZIONE DELL'IMPIANTO.....</b>	<b>5</b>
1.1 Inquadramento territoriale e catastale .....	5
1.2 Layout d'impianto .....	6
1.2.1 Aerogeneratori.....	7
<b>2 RIFERIMENTI NORMATIVI .....</b>	<b>8</b>
<b>3 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>9</b>
3.1 Procedure per la costruzione e l'esercizio degli impianti eolici .....	9
<b>4 IPOTESI DI CALCOLO .....</b>	<b>11</b>
<b>5 ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI: CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA .....</b>	<b>12</b>
5.1 Calcolo della gittata massima per angolo compreso tra 0° e 90° .....	12
5.2 Calcolo della gittata massima per angolo compreso tra 270° e 360° .....	14
5.3 Risultati .....	16
<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>18</b>



**ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA  
ROTTURA DEGLI ORGANI  
ROTANTI**

CODICE	EO.IRS01.PD.A.7
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	2 di 18

## **INDICE DELLE FIGURE**

<i>Figura 1- Inquadramento generale degli aerogeneratori di progetto e cavidotto su IGM 1:25.000. ....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2 – Schema della gittata per angolo compreso tra 0° e 90°. ....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 3 – Schema della gittata per angolo compreso tra 270° e 360° ....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 4 – Evidenza dell’area di gittata degli aerogeneratori di progetto (in rosso), dei ricettori e delle vie stradali.....</i>	<i>18</i>



**ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA  
ROTTURA DEGLI ORGANI  
ROTANTI**

CODICE	EO.IRS01.PD.A.7
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	3 di 18

## **INDICE DELLE TABELLE**

---

<i>Tabella 1 – Caratteristiche e le coordinate degli aerogeneratori di progetto. ....</i>	<i>6</i>
<i>Tabella 2 – Riferimenti catastali degli aerogeneratori. ....</i>	<i>6</i>
<i>Tabella 3 – Caratteristiche degli aerogeneratori di progetto. ....</i>	<i>11</i>
<i>Tabella 4 – Tabulato di calcolo settore 0°-90°. ....</i>	<i>16</i>
<i>Tabella 5 – Tabulato di calcolo settore 270°-°. ....</i>	<i>17</i>



**ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA  
ROTTURA DEGLI ORGANI  
ROTANTI**

CODICE	EO.IRS01.PD.A.7
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	4 di 18

## PREMESSA

Il presente elaborato è riferito al progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, ed opere di connessione annesse, denominato "San Marco Forgione", sito nel Comune di Irsina (MT).

In particolare, il progetto è relativo ad un impianto eolico di potenza totale pari a 36,0 MW e costituito da:

- 8 aerogeneratori di potenza nominale 4,5 MW, diametro di rotore 163 m e altezza al mozzo 113 m (del tipo Vestas V163 o assimilabili);
- una cabina di raccolta e smistamento;
- linee elettriche a 36 kV in cavo interrato necessarie per l'interconnessione degli aerogeneratori alla cabina di raccolta e misura;
- linee elettriche a 36 kV in cavo interrato necessarie per l'interconnessione della cabina di raccolta e smistamento alla sezione a 36 kV del futuro ampliamento della stazione elettrica 380/150/36 kV RTN situata nel Comune di Oppido Lucano (PZ).

Titolare dell'iniziativa proposta è la società E-Way Green S.r.l., avente sede legale in Piazza di San Lorenzo in Lucina 4, 00186 Roma, P.IVA 16774521005.

## 1 DESCRIZIONE ED UBICAZIONE DELL'IMPIANTO

### 1.1 Inquadramento territoriale e catastale

L'impianto eolico di progetto è situato nel Comune di Irsina (MT) e si costituisce di n. 8 aerogeneratori, denominati rispettivamente da WTG01 a WTG08. Gli aerogeneratori hanno potenza nominale 4.5 MW per una potenza complessiva di 36.0 MW, con altezza al mozzo 113 m e diametro di rotore di 163 m.

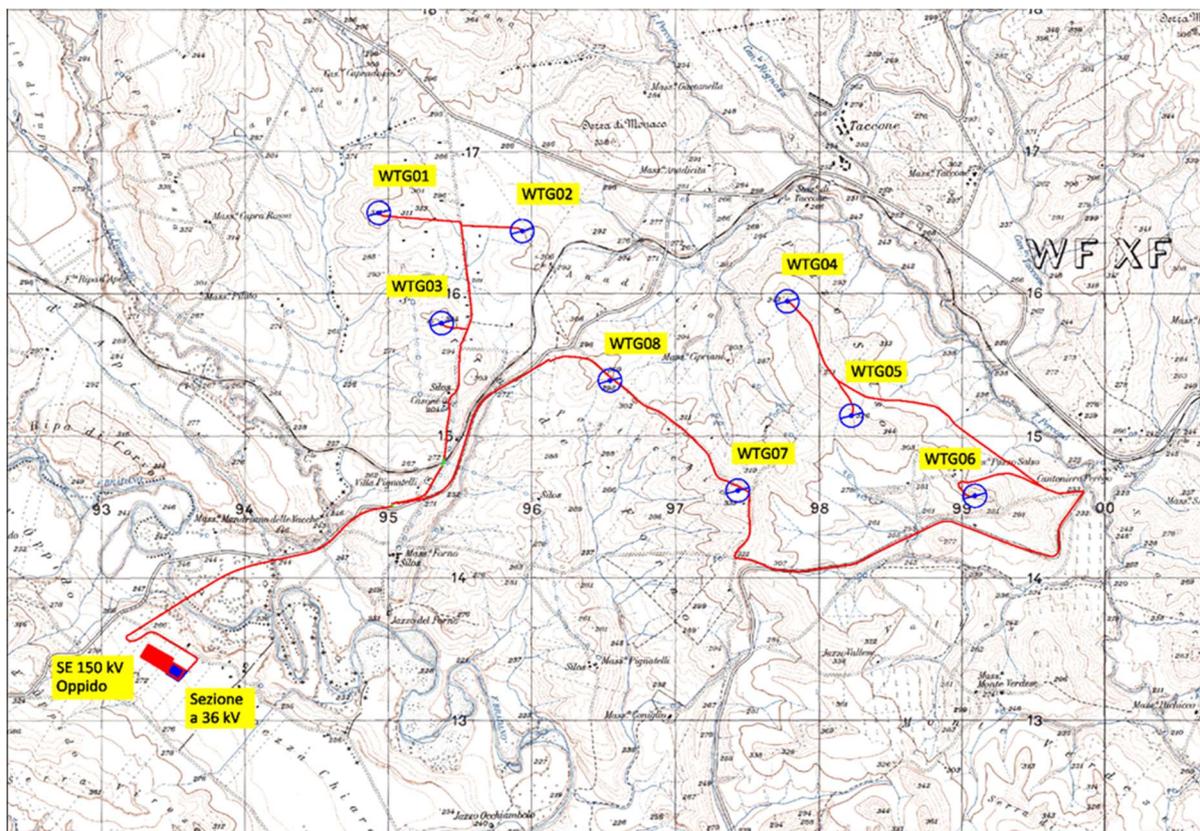


Figura 1- Inquadramento generale degli aerogeneratori di progetto e cavidotto su IGM 1:25.000.

Si riportano di seguito Tabella 1 le coordinate degli aerogeneratori nei vari sistemi di riferimento.

**Tabella 1 – Caratteristiche e le coordinate degli aerogeneratori di progetto.**

<u>ID WTG</u>	<u>LONGITUDINE</u>	<u>LATITUDINE</u>
WTG01	16,124468°	40,792939°
WTG02	16,136642°	40,791397°
WTG03	16,129538°	40,785907°
WTG04	16,158154°	40,787007°
WTG05	16,163341°	40,779716°
WTG06	16,173468°	40,774531°
WTG07	16,153910°	40,775131°
WTG08	16,143406°	40,782133°

Per quanto riguarda l'inquadramento catastale, le particelle interessate dagli aerogeneratori di progetto sono riportate in Tabella 2:

**Tabella 2 – Riferimenti catastali degli aerogeneratori.**

<u>ID WTG</u>	<u>COMUNE</u>	<u>FOGLIO</u>	<u>PARTICELLA</u>
WTG01	IRSINA (MT)	12	19
WTG02	IRSINA (MT)	12	73
WTG03	IRSINA (MT)	12	31
WTG04	IRSINA (MT)	14	30
WTG05	IRSINA (MT)	15	23
WTG06	IRSINA (MT)	15	146
WTG07	IRSINA (MT)	14	168
WTG08	IRSINA (MT)	14	79

L'elenco completo delle particelle interessate dalle opere e delle relative fasce di asservimento è riportato negli elaborati di progetto "A.13 PIANO PARTICELLARE DI ESPROPRIO DESCRITTIVO" ed "A.16.a.18 PIANO PARTICELLARE DI ESPROPRIO GRAFICO".

## **1.2 Layout d'impianto**

L'impianto eolico di progetto prevede la realizzazione di:

- n. 8 aerogeneratori;
- n. 8 cabine all'interno della torre di ogni aerogeneratore;
- n. 8 opere di fondazione su plinto per gli aerogeneratori;
- n. 8 piazzole di montaggio, con adiacenti piazzole temporanee di stoccaggio;
- opere temporanee per il montaggio del braccio gru;
- viabilità di progetto interna all'impianto e che conduce agli aerogeneratori;
- un cavidotto interrato interno, in media tensione, per il collegamento tra gli aerogeneratori;

- un cavidotto interrato esterno, in media tensione, per il collegamento del campo eolico alla futura stazione elettrica RTN.

### **1.2.1 Aerogeneratori**

Per gli aerogeneratori di progetto si considera diametro di rotore 163 m e altezza al mozzo 125 m. Tra i modelli di aerogeneratore con le seguenti caratteristiche, si assimilano quelli di progetto al modello Vestas V163, e quindi con diametro 163 m e altezza al mozzo 113 m. Non si esclude, nelle fasi successive della progettazione, la possibilità di variare la tipologia di aerogeneratore, ferme restando le caratteristiche dimensionali indicate nel presente elaborato. Gli aerogeneratori sono connessi tra loro per mezzo del cavidotto interno in MT e le cabine interne alle torri.

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Si riportano di seguito i riferimenti normativi utilizzati per la redazione della seguente relazione:

- *Allegato 4, D. Lgs. n. 152/2006, Testo Unico in materia ambientale.* In particolare al punto 7.1 "Analisi dei possibili incidenti" indica che andrebbe valutata la gittata massima in caso di rottura accidentale. La stessa inoltre suggerisce alcune possibili misure di mitigazione: "la distanza di ogni turbina eolica da una strada provinciale o nazionale deve essere superiore all'altezza massima dell'elica comprensiva del rotore e comunque non inferiore a 150 m dalla base della torre" (*punto 7.2, lett. a) Misure di mitigazione.*
- *Decreto Dirigenziale del 12 febbraio 2021, avente come oggetto il Decreto del Ministero dello sviluppo economico 10 settembre 2010 – Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili – Allegato 4 – punto 7 "Studio sulla gittata massima degli elementi rotanti nel caso di rottura accidentale"* per gli impianti di produzione di energia rinnovabile da fonte eolica.

### 3 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'IMPIANTO

---

#### 3.1 Procedure per la costruzione e l'esercizio degli impianti eolici

Ai sensi di quanto previsto dal Piano di Indirizzo Energetico Ambientale Regionale della Regione Basilicata per l'implementazione degli impianti eolici sul territorio bisogna rispettare una serie di criteri tecnici affinché questo sia impiegato in maniera efficace per lo sfruttamento delle fonti di rinnovabili.

##### 1.2.1.4. Requisiti di sicurezza

*Per poter avviare l'iter autorizzativo, i progetti devono rispettare i seguenti requisiti di sicurezza inderogabili:*

*a) Distanza minima di ogni aerogeneratore dal limite dell'ambito urbano previsto dai regolamenti urbanistici redatti ai sensi della L.R. n. 23/99 determinata in base ad una verifica di compatibilità acustica e tale da garantire l'assenza di effetti di Shadow-Flickering in prossimità delle abitazioni, e comunque non inferiore a 1000 metri;*

*a-bis) Distanza minima di ogni aerogeneratore dalle abitazioni determinata in base ad una verifica di compatibilità acustica (relativi a tutte le frequenze emesse), di Shadow-Flickering, di sicurezza in caso di rottura accidentale degli organi rotanti. In ogni caso, tale distanza non deve essere inferiore a 2,5 volte l'altezza massima della pala (altezza della torre più lunghezza della pala) o 300 metri;*

*b) Distanza minima da edifici subordinata a studi di compatibilità acustica, di Shadow-Flickering, di sicurezza in caso di rottura accidentale degli organi rotanti. In ogni caso, tale distanza non deve essere inferiore a 300 metri;*

*c) Distanza minima da strade statali ed autostrade subordinata a studi di sicurezza in caso di rottura accidentale degli organi rotanti, in ogni caso tale distanza non deve essere inferiore a 300 metri;*

*d) Distanza minima da strade provinciali subordinata a studi di sicurezza in caso di rottura accidentale degli organi rotanti e comunque non inferiore a 200 metri;*

*d-bis) Distanza minima da strade di accesso alle abitazioni subordinata a studi di sicurezza in caso di rottura accidentale degli organi rotanti e comunque non inferiore a 200 metri;*

*e) È inoltre necessario nella progettazione, con riferimento al rischio sismico, osservare quanto previsto dall'Ordinanza n. 3274/03 e sue successive modifiche, nonché al DM 14 gennaio 2008 ed alla Circolare Esplicativa del Ministero delle Infrastrutture n.617 del 02/02/2009 e, con riferimento al rischio idrogeologico, osservare le prescrizioni previste dai Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) delle competenti Autorità di Bacino;*

*f) Distanza tale da non interferire con le attività dei centri di osservazioni astronomiche e di rilevazioni di dati spaziali, da verificare con specifico studio da allegare al progetto.*

*Ai fini della sicurezza deve essere elaborato un apposito studio sulla gittata massima degli elementi rotanti nel caso di rottura accidentale.*

Quanto previsto dal paragrafo "1.2.1.4. Requisiti di sicurezza" è dettagliatamente descritto ed argomentato negli elaborati di progetto A.5 RELAZIONE SPECIALISTICA – STUDIO ANEMOLOGICO e RELAZIONE SPECIALISTICA – ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI, e in tutti gli elaborati grafici della sezione A.17.5.b – ANALISI DI COMPATIBILITÀ RISPETTO AL PIEAR.

## 4 IPOTESI DI CALCOLO

Ai fini del calcolo della gittata massima sono state prese in considerazione le condizioni al contorno ritenute più gravose, in modo tale da ottenere dei risultati quanto più cautelativi possibili. Il calcolo della gittata massima è stato condotto non considerando la massima riduzione della velocità periferica dovuta all'effetto d'attrito dell'area così da non ridurre la velocità angolare.

Per il calcolo della massima gittata si considerano le seguenti ipotesi:

- Il moto del sistema considerato è quello di un sistema rigido non vincolato (modello che approssima la pala nel momento del distacco);
- Il calcolo della gittata è stato determinato per diversi valori dell'angolo  $\alpha$ ;
- La velocità massima del rotore sarà limitata elettronicamente.

I dati geometrici e cinematici sui quali è basato il calcolo sono riportati in Tabella 3:

*Tabella 3 – Caratteristiche degli aerogeneratori di progetto.*

Altezza al mozzo "H" [m]	113
Diametro di rotore "D" [m]	163
Limite di velocità [rpm]	12,7

Nel caso in esame si suppone che l'eventuale rottura della pala avvenga alle peggiori condizioni possibili ovvero:

- alla velocità massima del rotore, pari a circa 12,7 giri/minuto;
- nel punto di ascissa e ordinata in cui la gittata è massima;
- con il centro di massa posizionato ad  $1/3$  della lunghezza della pala.

## 5 ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI: CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA

Il calcolo della gittata è stato condotto in funzione dell'angolo di inclinazione della pala rispetto all'orizzontale, nello specifico ponendolo in senso orario ed in modo tale da ottenere che lo 0° sia fra il 3° ed il 4° quadrante, con ciò sostanzialmente si considerano quegli angoli che restituiscono i casi più sfavorevoli.

L'ipotesi che considera è di un caso notevole di un proiettile non puntiforme. Le equazioni che governano il moto sono rispettivamente la prima e la seconda equazione della dinamica:

$$M_G = M a_G$$

$$0 = I \frac{d\omega}{dt}$$

Supponendo di concentrare tutto il peso nel centro di massa della pala, il momento della forza peso è nullo, avendo scelto G come polo per il calcolo dei momenti. Pertanto, la seconda equazione afferma che il corpo durante la traiettoria che percorre, si mette a girare indisturbato intorno al suo asse principale di inerzia. La soluzione al problema ci viene allora dalla risoluzione della prima equazione. Questa ci evidenzia che la pala si muoverà con il moto di un proiettile puntiforme, pertanto ne compirà il caratteristico moto parabolico. Per calcolare l'equazione della traiettoria, bisogna proiettare le caratteristiche dinamiche sui tre assi, integrarle tenendo conto delle condizioni iniziali (velocità del baricentro al momento del distacco) e giungere al valore della gittata espresso dalla seguente formula:

$$G = \frac{v_{x_0} \left( v_{y_0} \sqrt{(v_{y_0})^2 + 2gH_g} \right)}{g} \pm x_g$$

### 5.1 Calcolo della gittata massima per angolo compreso tra 0° e 90°

I parametri necessari per il calcolo della gittata nel 1° quadrante sono:

- il baricentro ( $r_g$ ), pari ad 1/3 della lunghezza della pala più raggio mozzo:

$$r_g = \frac{D}{2} - L + \frac{L}{3}$$

- la proiezione del baricentro sull'asse verticale ( $H_g$ ):

$$H_g = H_{torre} + Y_g$$

dove:

$$Y_g = r_g \sin \alpha$$

- la posizione del baricentro della pala rispetto all'asse della torre:

$$x_g = r_g \cos \alpha$$

- la velocità periferica che rappresenta la velocità di un punto situato sulla periferia di un corpo in movimento circolare. Nel moto circolare uniforme (approssimazione utilizzata per la descrizione in esame) essa è direttamente proporzionale al raggio e al numero di giri al secondo. Si avrà dunque:

$$v_{x_0} = v_x \cos(90 - \alpha) = v_x \sin \alpha$$

$$v_{y_0} = v_y \sin(90 - \alpha) = v_y \cos \alpha$$

dove:

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

$$G = \frac{v_{x_0} \left( v_{y_0} \sqrt{(v_{y_0})^2 + 2gHg} \right)}{g} - x_g$$

Prendendo in considerazione l'ipotesi più pericolosa, ossia quella in cui la pala cadendo si disponga con la parte più lontana dal baricentro (la punta) verso l'esterno, sommando a  $G_{\max}$  per ogni tipo di aerogeneratore rispettivamente i due 2/3 della pala, si ottiene:

$$G_{eff} = G + L_g$$

dove:

$$L_g = L - \left(\frac{L}{3}\right)$$

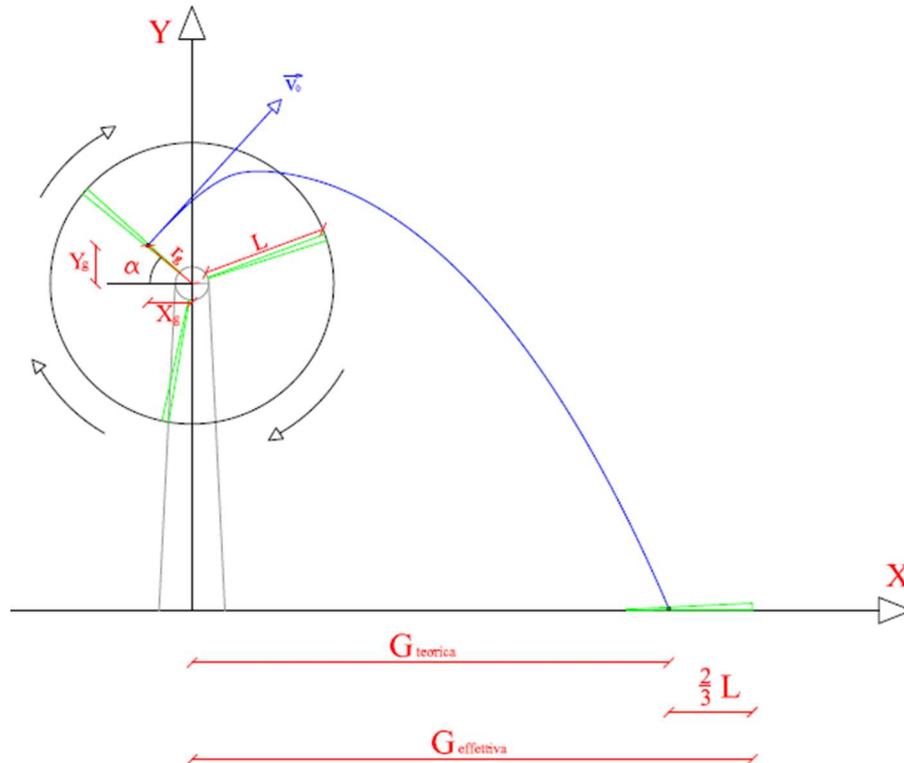


Figura 2 – Schema della gittata per angolo compreso tra 0° e 90°.

## 5.2 Calcolo della gittata massima per angolo compreso tra 270° e 360°

Avendo posto l'angolo 0° tra il 3° ed il 4° quadrante, il segno di  $v_{x0}$  e di  $x_g$ :

- baricentro ( $r_g$ ), pari ad 1/3 della lunghezza della pala più raggio mozzo:

$$r_g = \frac{D}{2} - L + \frac{L}{3}$$

- proiezione del baricentro sull'asse verticale (H<sub>g</sub>):

$$H_g = H_{torre} - Y_g$$

dove:

$$Y_g = r_g \sin(360 - \alpha)$$

- posizione del baricentro della pala rispetto all'asse della torre

$$x_g = -r_g \cos \alpha$$

- velocità periferica che rappresenta la velocità di un punto situato sulla periferia di un corpo in movimento circolare. Nel moto circolare uniforme (approssimazione utilizzata per la descrizione in esame) essa è direttamente proporzionale al raggio e al numero di giri al secondo. Si avrà dunque:

$$v_{x_0} = v_0 \sin \alpha$$

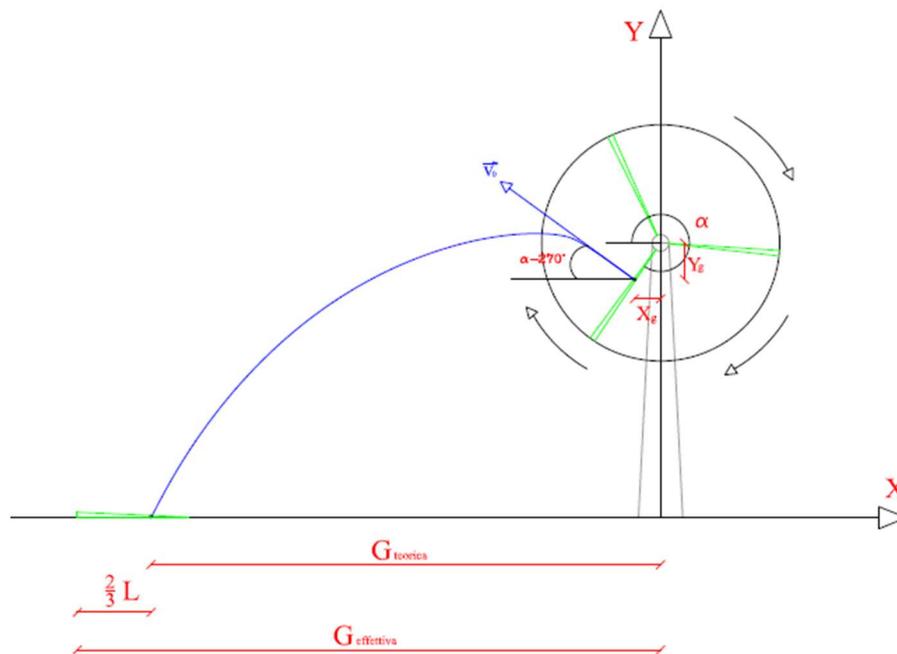
$$v_{y_0} = v_0 \cos \alpha$$

dove:

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

$$G = \frac{v_{x_0} \left( v_{y_0} \sqrt{(v_{y_0})^2 + 2gHg} \right)}{g} + x_g$$

Prendendo in considerazione l'ipotesi più pericolosa, ossia quella in cui la pala cadendo si disponga con la parte più lontana dal baricentro (la punta) verso l'esterno, sommando a  $G_{max}$  per ogni tipo di aerogeneratore rispettivamente i due  $2/3$  della pala, si ottiene:



**Figura 3 – Schema della gittata per angolo compreso tra 270° e 360°**

$$G_{eff} = G - L_g$$

dove:

$$L_g = L - \left( \frac{L}{3} \right)$$



**ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA  
ROTTURA DEGLI ORGANI  
ROTANTI**

CODICE	EO.IRS01.PD.A.7
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	16 di 18

### 5.3 Risultati

Effettuando i calcoli in modo iterativo, al variare dell'angolo  $\alpha$ , risulta che i valori massimi di gittata si ottengono in corrispondenza di  $\alpha$  pari  $64^\circ$  per il quale si ottiene un valore di gittata pari a 284,12 m, che verrà approssimato a 285 m. Tale valore rappresenta il punto più distante di caduta della pala. È comunque presumibile che il valore reale, ossia quello calcolato tenendo conto della resistenza dell'aria sia inferiore. Per ulteriori approfondimenti, in allegato, si riporta la tabella di calcolo completa dei valori di gittata effettiva ottenuti in corrispondenza di valori diversi dell'angolo  $\alpha$ .

**Tabella 4 – Tabulato di calcolo settore  $0^\circ$ - $90^\circ$ .**

$\alpha$	n	L	H <sub>arre</sub>	v <sub>0</sub>	v <sub>0</sub>	v <sub>y0</sub>	H <sub>g</sub>	D	F <sub>g</sub>	g	G <sub>acc</sub>	X <sub>g</sub>	L <sub>g</sub>	G <sub>eff</sub>
0	12,7	80,10	113,00	37,37	0,00	37,37	113,00	163,00	28,10	9,81	-28,10	28,10	53,40	25,30
1	12,7	80,10	113,00	37,37	0,65	37,37	113,49	163,00	28,10	9,81	-21,61	28,10	53,40	31,79
2	12,7	80,10	113,00	37,37	1,30	37,35	113,98	163,00	28,10	9,81	-15,11	28,08	53,40	38,29
3	12,7	80,10	113,00	37,37	1,96	37,32	114,47	163,00	28,10	9,81	-8,59	28,06	53,40	44,81
4	12,7	80,10	113,00	37,37	2,61	37,28	114,96	163,00	28,10	9,81	-2,08	28,03	53,40	51,32
5	12,7	80,10	113,00	37,37	3,26	37,23	115,45	163,00	28,10	9,81	4,43	27,99	53,40	57,83
6	12,7	80,10	113,00	37,37	3,91	37,17	115,94	163,00	28,10	9,81	10,93	27,95	53,40	64,33
7	12,7	80,10	113,00	37,37	4,55	37,09	116,42	163,00	28,10	9,81	17,42	27,89	53,40	70,82
8	12,7	80,10	113,00	37,37	5,20	37,01	116,91	163,00	28,10	9,81	23,88	27,83	53,40	77,28
9	12,7	80,10	113,00	37,37	5,85	36,91	117,40	163,00	28,10	9,81	30,32	27,75	53,40	83,72
10	12,7	80,10	113,00	37,37	6,49	36,80	117,88	163,00	28,10	9,81	36,73	27,67	53,40	90,13
11	12,7	80,10	113,00	37,37	7,13	36,68	118,36	163,00	28,10	9,81	43,11	27,58	53,40	96,51
12	12,7	80,10	113,00	37,37	7,77	36,55	118,84	163,00	28,10	9,81	49,44	27,49	53,40	102,84
13	12,7	80,10	113,00	37,37	8,41	36,41	119,32	163,00	28,10	9,81	55,72	27,38	53,40	109,12
14	12,7	80,10	113,00	37,37	9,04	36,26	119,80	163,00	28,10	9,81	61,95	27,27	53,40	115,35
15	12,7	80,10	113,00	37,37	9,67	36,10	120,27	163,00	28,10	9,81	68,12	27,14	53,40	121,52
16	12,7	80,10	113,00	37,37	10,30	35,92	120,75	163,00	28,10	9,81	74,23	27,01	53,40	127,63
17	12,7	80,10	113,00	37,37	10,93	35,74	121,22	163,00	28,10	9,81	80,27	26,87	53,40	133,67
18	12,7	80,10	113,00	37,37	11,55	35,54	121,68	163,00	28,10	9,81	86,24	26,72	53,40	139,64
19	12,7	80,10	113,00	37,37	12,17	35,34	122,15	163,00	28,10	9,81	92,14	26,57	53,40	145,54
20	12,7	80,10	113,00	37,37	12,78	35,12	122,61	163,00	28,10	9,81	97,95	26,41	53,40	151,35
21	12,7	80,10	113,00	37,37	13,39	34,89	123,07	163,00	28,10	9,81	103,67	26,23	53,40	157,07
22	12,7	80,10	113,00	37,37	14,00	34,65	123,53	163,00	28,10	9,81	109,31	26,05	53,40	162,71
23	12,7	80,10	113,00	37,37	14,60	34,40	123,98	163,00	28,10	9,81	114,85	25,87	53,40	168,25
24	12,7	80,10	113,00	37,37	15,20	34,14	124,43	163,00	28,10	9,81	120,29	25,67	53,40	173,69
25	12,7	80,10	113,00	37,37	15,79	33,87	124,88	163,00	28,10	9,81	125,62	25,47	53,40	179,02
26	12,7	80,10	113,00	37,37	16,38	33,59	125,32	163,00	28,10	9,81	130,85	25,26	53,40	184,25
27	12,7	80,10	113,00	37,37	16,97	33,30	125,76	163,00	28,10	9,81	135,98	25,04	53,40	189,38
28	12,7	80,10	113,00	37,37	17,54	33,00	126,19	163,00	28,10	9,81	140,98	24,81	53,40	194,38
29	12,7	80,10	113,00	37,37	18,12	32,69	126,62	163,00	28,10	9,81	145,87	24,58	53,40	199,27
30	12,7	80,10	113,00	37,37	18,69	32,36	127,05	163,00	28,10	9,81	150,64	24,34	53,40	204,04
31	12,7	80,10	113,00	37,37	19,25	32,03	127,47	163,00	28,10	9,81	155,29	24,09	53,40	208,69
32	12,7	80,10	113,00	37,37	19,80	31,69	127,89	163,00	28,10	9,81	159,81	23,83	53,40	213,21
33	12,7	80,10	113,00	37,37	20,35	31,34	128,30	163,00	28,10	9,81	164,20	23,57	53,40	217,60
34	12,7	80,10	113,00	37,37	20,90	30,98	128,71	163,00	28,10	9,81	168,47	23,30	53,40	221,87
35	12,7	80,10	113,00	37,37	21,44	30,61	129,12	163,00	28,10	9,81	172,59	23,02	53,40	225,99
36	12,7	80,10	113,00	37,37	21,97	30,23	129,52	163,00	28,10	9,81	176,59	22,73	53,40	229,99
37	12,7	80,10	113,00	37,37	22,49	29,85	129,91	163,00	28,10	9,81	180,44	22,44	53,40	233,84
38	12,7	80,10	113,00	37,37	23,01	29,45	130,30	163,00	28,10	9,81	184,16	22,14	53,40	237,56
39	12,7	80,10	113,00	37,37	23,52	29,04	130,68	163,00	28,10	9,81	187,74	21,84	53,40	241,14
40	12,7	80,10	113,00	37,37	24,02	28,63	131,06	163,00	28,10	9,81	191,17	21,53	53,40	244,57
41	12,7	80,10	113,00	37,37	24,52	28,20	131,44	163,00	28,10	9,81	194,46	21,21	53,40	247,86
42	12,7	80,10	113,00	37,37	25,01	27,77	131,80	163,00	28,10	9,81	197,61	20,88	53,40	251,01
43	12,7	80,10	113,00	37,37	25,49	27,33	132,16	163,00	28,10	9,81	200,61	20,55	53,40	254,01
44	12,7	80,10	113,00	37,37	25,96	26,88	132,52	163,00	28,10	9,81	203,47	20,21	53,40	256,87
45	12,7	80,10	113,00	37,37	26,43	26,43	132,87	163,00	28,10	9,81	206,18	19,87	53,40	259,58
46	12,7	80,10	113,00	37,37	26,88	25,96	133,21	163,00	28,10	9,81	208,74	19,52	53,40	262,14
47	12,7	80,10	113,00	37,37	27,33	25,49	133,55	163,00	28,10	9,81	211,16	19,16	53,40	264,56
48	12,7	80,10	113,00	37,37	27,77	25,01	133,88	163,00	28,10	9,81	213,44	18,80	53,40	266,84
49	12,7	80,10	113,00	37,37	28,20	24,52	134,21	163,00	28,10	9,81	215,56	18,44	53,40	268,96
50	12,7	80,10	113,00	37,37	28,63	24,02	134,53	163,00	28,10	9,81	217,54	18,06	53,40	270,94
51	12,7	80,10	113,00	37,37	29,04	23,52	134,84	163,00	28,10	9,81	219,38	17,68	53,40	272,78
52	12,7	80,10	113,00	37,37	29,45	23,01	135,14	163,00	28,10	9,81	221,08	17,30	53,40	274,48
53	12,7	80,10	113,00	37,37	29,85	22,49	135,44	163,00	28,10	9,81	222,63	16,91	53,40	276,03
54	12,7	80,10	113,00	37,37	30,23	21,97	135,73	163,00	28,10	9,81	224,04	16,52	53,40	277,44
55	12,7	80,10	113,00	37,37	30,61	21,44	136,02	163,00	28,10	9,81	225,31	16,12	53,40	278,71
56	12,7	80,10	113,00	37,37	30,98	20,90	136,30	163,00	28,10	9,81	226,44	15,71	53,40	279,84
57	12,7	80,10	113,00	37,37	31,34	20,35	136,57	163,00	28,10	9,81	227,43	15,30	53,40	280,83
58	12,7	80,10	113,00	37,37	31,69	19,80	136,83	163,00	28,10	9,81	228,29	14,89	53,40	281,69
59	12,7	80,10	113,00	37,37	32,03	19,25	137,09	163,00	28,10	9,81	229,01	14,47	53,40	282,41
60	12,7	80,10	113,00	37,37	32,36	18,69	137,34	163,00	28,10	9,81	229,61	14,05	53,40	283,01



**ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA  
ROTTURA DEGLI ORGANI  
ROTANTI**

CODICE	EO.IRS01.PD.A.7
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	17 di 18

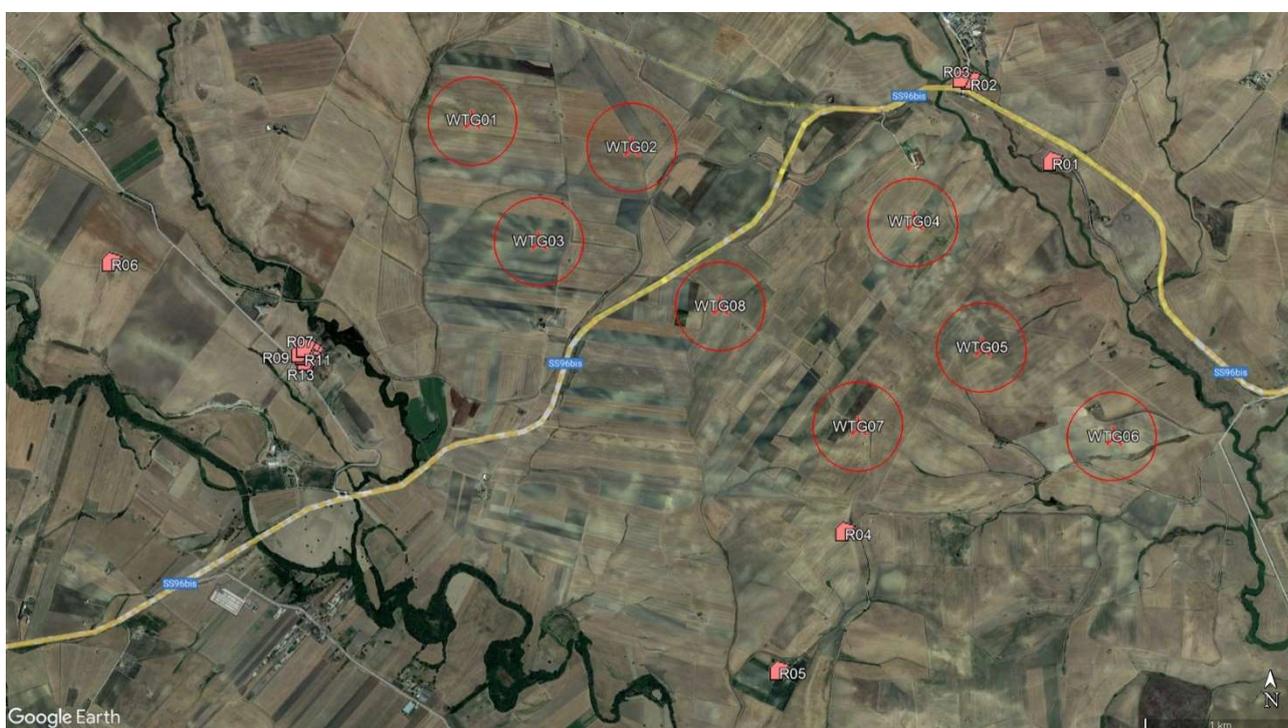
**Tabella 5 – Tabulato di calcolo settore 270°-°.**

$\alpha$	n	L	H <sub>torre</sub>	v <sub>0</sub>	v <sub>00</sub>	v <sub>y0</sub>	H <sub>g</sub>	D	r <sub>g</sub>	g	G <sub>tor</sub>	X <sub>g</sub>	L <sub>g</sub>	G <sub>eff</sub>
61	12,7	80,10	113,00	37,37	32,69	18,12	137,58	163,00	28,10	9,81	230,07	13,62	53,40	283,47
62	12,7	80,10	113,00	37,37	33,00	17,54	137,81	163,00	28,10	9,81	230,41	13,19	53,40	283,81
63	12,7	80,10	113,00	37,37	33,30	16,97	138,04	163,00	28,10	9,81	230,63	12,76	53,40	284,03
64	12,7	80,10	113,00	37,37	33,59	16,38	138,26	163,00	28,10	9,81	230,72	12,32	53,40	284,12
65	12,7	80,10	113,00	37,37	33,87	15,79	138,47	163,00	28,10	9,81	230,69	11,88	53,40	284,09
66	12,7	80,10	113,00	37,37	34,14	15,20	138,67	163,00	28,10	9,81	230,55	11,43	53,40	283,95
67	12,7	80,10	113,00	37,37	34,40	14,60	138,87	163,00	28,10	9,81	230,29	10,98	53,40	283,69
68	12,7	80,10	113,00	37,37	34,65	14,00	139,05	163,00	28,10	9,81	229,92	10,53	53,40	283,32
69	12,7	80,10	113,00	37,37	34,89	13,39	139,23	163,00	28,10	9,81	229,45	10,07	53,40	282,85
70	12,7	80,10	113,00	37,37	35,12	12,78	139,41	163,00	28,10	9,81	228,87	9,61	53,40	282,27
71	12,7	80,10	113,00	37,37	35,34	12,17	139,57	163,00	28,10	9,81	228,19	9,15	53,40	281,59
72	12,7	80,10	113,00	37,37	35,54	11,55	139,72	163,00	28,10	9,81	227,41	8,68	53,40	280,81
73	12,7	80,10	113,00	37,37	35,74	10,93	139,87	163,00	28,10	9,81	226,54	8,22	53,40	279,94
74	12,7	80,10	113,00	37,37	35,92	10,30	140,01	163,00	28,10	9,81	225,58	7,75	53,40	278,98
75	12,7	80,10	113,00	37,37	36,10	9,67	140,14	163,00	28,10	9,81	224,53	7,27	53,40	277,93
76	12,7	80,10	113,00	37,37	36,26	9,04	140,27	163,00	28,10	9,81	223,39	6,80	53,40	276,79
77	12,7	80,10	113,00	37,37	36,41	8,41	140,38	163,00	28,10	9,81	222,17	6,32	53,40	275,57
78	12,7	80,10	113,00	37,37	36,55	7,77	140,49	163,00	28,10	9,81	220,87	5,84	53,40	274,27
79	12,7	80,10	113,00	37,37	36,68	7,13	140,58	163,00	28,10	9,81	219,50	5,36	53,40	272,90
80	12,7	80,10	113,00	37,37	36,80	6,49	140,67	163,00	28,10	9,81	218,06	4,88	53,40	271,46
81	12,7	80,10	113,00	37,37	36,91	5,85	140,75	163,00	28,10	9,81	216,55	4,40	53,40	269,95
82	12,7	80,10	113,00	37,37	37,01	5,20	140,83	163,00	28,10	9,81	214,97	3,91	53,40	268,37
83	12,7	80,10	113,00	37,37	37,09	4,55	140,89	163,00	28,10	9,81	213,34	3,42	53,40	266,74
84	12,7	80,10	113,00	37,37	37,17	3,91	140,95	163,00	28,10	9,81	211,64	2,94	53,40	265,04
85	12,7	80,10	113,00	37,37	37,23	3,26	140,99	163,00	28,10	9,81	209,89	2,45	53,40	263,29
86	12,7	80,10	113,00	37,37	37,28	2,61	141,03	163,00	28,10	9,81	208,09	1,96	53,40	261,49
87	12,7	80,10	113,00	37,37	37,32	1,96	141,06	163,00	28,10	9,81	206,25	1,47	53,40	259,65
88	12,7	80,10	113,00	37,37	37,35	1,30	141,08	163,00	28,10	9,81	204,35	0,98	53,40	257,75
89	12,7	80,10	113,00	37,37	37,37	0,65	141,10	163,00	28,10	9,81	202,41	0,49	53,40	255,81
90	12,7	80,10	113,00	37,37	37,37	0,00	141,10	163,00	28,10	9,81	200,44	0,00	53,40	253,84

## CONCLUSIONI

Dai calcoli eseguiti si evince che nelle condizioni più gravose il vertice della pala del rotore può raggiungere una distanza di circa 284,12 m dalla base di ogni aerogeneratore. In maniera cautelativa la distanza di gittata è stata considerata pari a 285 m.

Si precisa che la distanza di gittata risulta verificata dalle strade e dalle strutture abitative come evidenziato dalla seguente immagine:



**Figura 4 – Evidenza dell'area di gittata degli aerogeneratori di progetto (in rosso), dei ricettori e delle vie stradali.**