

REGIONE SICILIA

Provincia di Siracusa

COMUNE DI CARLENTINI

PROGETTO

POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI



PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE

ERG Wind 2000

Una società del Gruppo ERG

ERG Wind Sicilia 3

Una società del Gruppo ERG

SOCIETA' DI PROGETTAZIONE:



UTIP
s.r.l.

Viale Garrone, 37 - Loc. Città Giardino - 96010 Melilli (SR)
Tel.: 0931 744764/744003 - Fax: 0931 744722
info@utip srl.it - www.utipsrl.it

CONSULENZA SPECIALISTICA:



Sede Legale: Via Sabotino, 8 - 96013 Carlentini (SR)
Tel.: 0931.340985 - 335.8259689
info@antexgroup.it - www.antexgroup.it

TECNICO PROFESSIONISTA RESP. DEL SERVIZIO:



OGGETTO DELL'ELABORATO:

RELAZIONE GITTATA MASSIMA ELEMENTI ROTANTI

NOME FILE:	DATA	SCALA	FOGLIO	FORMATO	CODICE DOCUMENTO				
					IMP..	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.
CAR-ENG-REL-008_00.docx	Marzo 2019	/	1/16	A4	CAR	ENG	REL	008	00

ERG Wind 2000 S.r.l. e ERG Wind Sicilia 3 S.r.l. si riservano tutti i diritti su questo documento che non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI CALCOLO GITTATA MASSIMA ELEMENTI ROTANTI	2
CAR	ENG	REL	008	00		

Storia delle revisioni del progetto:

Rev.	Data	Descrizione revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	marzo 2019	Emissione per Enti Esterni	C.Furno	A.Nastasi	G.Di Modica

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI CALCOLO GITTATA MASSIMA ELEMENTI ROTANTI	3
CAR	ENG	REL	008	00		

INDICE

1. PREMESSA	4
2. TIPOLOGIE DI INCIDENTI.....	5
3. ROTTURA ELEMENTI ROTANTI E CALCOLO DELLA RELATIVA GITTATA	6
4. FORZE AGENTI SULLA TRAIETTORIA.....	8
5. ROTTURA DELLA PALA ALLA RADICE	9
6. CONCLUSIONI	16

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV		
CAR	ENG	REL	008	00	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI CALCOLO GITTATA MASSIMA ELEMENTI ROTANTI	4

1. PREMESSA

Su incarico di ERG Power, la società UTIP srl ha redatto il progetto definitivo relativo al potenziamento dell'esistente impianto eolico di Carlentini, nella provincia di Siracusa.

L'attuale impianto è composto da n. 57 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 0,85 MW, per una potenza complessiva di 48,45 MW, interamente ubicato in agro del comune di Carlentini.

L'impianto esistente è attualmente in esercizio, giusta Concessione edilizia n.5 del 31/01/2003, rilasciata dal Comune di Carlentini (SR).

Il progetto definitivo, relativo al potenziamento dell'impianto in oggetto, consiste nella dismissione di n.38 aerogeneratori dei 57 in essere, rimanendone così installati n.19. Gli aerogeneratori dismessi verranno sostituiti con n. 18 nuovi aerogeneratori della potenza massima fino a 5,5 MW per una potenza complessiva di nuova installazione pari a 99 MW e di 115,15 MW dell'intero impianto.

L'installazione del più moderno tipo di generatore comporterà la riduzione del numero di torri eoliche, dalle 57 esistenti alle future 37 consistenti in 18 proposte e 19 aerogeneratori già installati, riducendo in maniera sensibile l'effetto selva.

Inoltre, l'incremento di efficienza delle turbine previste rispetto a quelle in esercizio, porterà ad un ampliamento del tempo di generazione ed un aumento della produzione unitaria media.

In relazione ai due Proponenti, ERG Wind 2000 Srl ed ERG Wind Sicilia 3 Srl, della presente istanza, si precisa che:

- il parco tutt'ora in essere è stato autorizzato sulla base della normativa a quel tempo vigente, mediante la concessione edilizia n.5 del 31/01/2003 del Comune di Carlentini, rilasciata all'allora Società IVPC 2000 Srl, IVPC Sicilia Srl, IVPC Sicilia 3 Srl e IVPC Sicilia 4 Srl e interessava inizialmente i comuni di Carlentini e Sortino;
- In seguito all'abbandono dell'iniziativa nel comune di Sortino, le società IVPC Sicilia Srl e IVPC Sicilia 4 Srl rinunciano all'iniziativa venendo realizzato il parco dalle società IVPC 2000 Srl e IVPC Sicilia 3 Srl solo nel comune di Carlentini, società successivamente denominate "IP Maestrale 2000 Srl e IP Maestrale Sicilia 3 Srl" e oggi "ERG Wind 2000 Srl e ERG Wind Sicilia 3 Srl";

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV		
CAR	ENG	REL	008	00	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI CALCOLO GITTATA MASSIMA ELEMENTI ROTANTI	5

- il progetto esistente ha altresì ottenuto giudizio positivo di compatibilità ambientale, ai sensi dell'allora D.P.R. 12/04/1996, mediante Decreto dell'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Siciliana n. 2 del 07/01/2003, anch'esso rilasciato alle Società IVPC 2000 Srl, IVPC Sicilia Srl, IVPC Sicilia 3 Srl e IVPC Sicilia 4 Srl;

Le due menzionate società, IP Maestrale 2000 Srl e IP Maestrale Sicilia 3 Srl, sono entrate a far parte del gruppo ERG, assumendo l'attuale denominazione di ERG Wind 2000 Srl ed ERG Wind Sicilia 3 Srl, nell'ambito di una più complessa operazione societaria che ha interessato anche le loro società controllante. Sulla base di quanto sopra descritto e trattandosi di un progetto unitario la cui valutazione ambientale non può che essere svolta in maniera univoca e integrata, le Società ERG Wind 2000 Srl ed ERG Wind Sicilia 3 Srl sono le due Proponenti del progetto di integrale ricostruzione del parco esistente ed hanno pertanto presentato istanza a firma congiunta.

Il presente documento si propone di fornire una descrizione generale completa del Progetto definitivo dell'impianto eolico, volto al rilascio da parte delle Autorità competenti, delle autorizzazioni e concessioni necessarie alla sua realizzazione.

Le attività di progettazione definitiva sono state sviluppate dalla società di ingegneria UTIP Srl, con la consulenza specialistica della Società ANTEX Group Srl.

Il gruppo UTIP-ANTEX pone a fondamento delle attività, quale elemento essenziale della propria esistenza come unità economica organizzata ed a garanzia di un futuro sviluppo, i principi della qualità, dell'ambiente e della sicurezza come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e ISO 18001 nelle loro ultime edizioni.

Le aziende del Gruppo, in un'ottica di sviluppo sostenibile proprio e per i propri clienti, posseggono un proprio Sistema di Gestione Integrato Qualità-Sicurezza-Ambiente.

Il rispetto per il controllo dei servizi richiesti, comporta un ovvio impiego di personale qualificato, mezzi adatti, strumenti efficienti e tarati, nonché qualsiasi altro onere per la fornitura dei servizi richiesti, in Qualità, in Sicurezza e nel rispetto dell'Ambiente.

2. TIPOLOGIE DI INCIDENTI

Presenza ed esercizio di un parco eolico, come di qualunque altra attività di produzione industriale,

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV		
CAR	ENG	REL	008	00	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI CALCOLO GITTATA MASSIMA ELEMENTI ROTANTI	6

sono inevitabilmente connessi alla probabilità di rischi per le persone o le cose che si trovano nelle sue immediate vicinanze.

Lo scopo sarebbe quello di ridurre i danni, causati da incidenti derivanti da tali installazioni, sino ad un rischio residuale non eliminabile o che si possa considerare accettabile. Nelle considerazioni entrerebbero sostanzialmente, se non esclusivamente, i requisiti di sicurezza che l'impianto deve assicurare in tutte le fasi della propria vita.

Per raggiungere tale scopo bisogna prima individuare le cause che potrebbero innescare eventuali incidenti. Come ampiamente descritto dagli studi di settore, nel caso di un impianto eolico le cause che influiscono maggiormente sulla probabilità di incidenti sono imputabili ad eventi naturali di straordinaria entità, più raramente ad errore umano, quindi bisogna contestualizzare l'analisi alle peculiarità meteorologiche della zona di impianto. Individuate le possibili cause e limitando l'analisi alle tipologie di incidenti legati puramente alla fase di esercizio dell'impianto, più che a quelli legati alla fase costruttiva o di dismissione che verranno trattati in specifici documenti in fase esecutiva, si può affermare che la tipologia di incidente di nostro interesse è la rottura degli elementi rotanti come distacco di un'intera pala.

La *perdita di integrità strutturale* per rotture (di pale, di torre, etc.) in un aerogeneratore può essere ingenerata da

- *carenze interne* alla macchina per mancato od insufficiente controllo o regolazione dei regimi di funzionamento del rotore durante temporali o tempeste di vento più o meno vigorose;
- *eventi esterni*, come fulminazioni o eccessivi carichi eolici, che sempre si manifestano in concomitanza con condizioni meteorologiche complesse o molto forti o, addirittura, eccezionali, pur con i sistemi di controllo e di sicurezza dell'unità perfettamente operativi.

3. ROTTURA ELEMENTI ROTANTI E CALCOLO DELLA RELATIVA GITTATA

La seguente analisi scaturisce dai potenziali rischi dovuti alla presenza di componenti di grandi dimensioni in movimento e consiste nello stimare la distanza dall'aerogeneratore all'interno della quale, in presenza di un'eventuale rottura dell'organo rotante della torre eolica, un distacco con

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI CALCOLO GITTATA MASSIMA ELEMENTI ROTANTI	7
CAR	ENG	REL	008	00		

lancio di una pala possa rappresentare un rischio. Queste possono essere strappate dalla loro sede e lanciate con una quantità di moto abbastanza elevata da raggiungere distanze abbastanza importanti. La traiettoria dipende dall'energia cinetica iniziale al momento del rilascio, dalle condizioni anemologiche, dalle proprietà aerodinamiche dell'elemento e dal punto della circonferenza di rotazione da cui si stacca, oltre dall'altezza della torre e dalla potenza della macchina eolica. Nella trattazione che segue si adopereranno delle semplificazioni come, per esempio, considerare all'interno del calcolo il contributo degli effetti gravitazionali ed escludere, invece, i contributi aerodinamici. Tener conto di questi ultimi significherebbe considerare un numero significativo di variabili come, tra le tante, la pala che viene lanciata sia in termini di massa sia in termini di contributi aerodinamici oltre a dover fissare le condizioni di vento all'atto della rottura, alla distribuzione delle velocità lungo il pezzo staccato e la distribuzione delle velocità del vento lungo la traiettoria. È vero che i contributi aerodinamici potrebbero aumentare il tempo di volo e quindi la gittata ma è anche vero che, per compensare, non varrà tenuto conto della presenza dell'aria che genera comunque delle forze di resistenza viscosa che agendo sulla superficie della pala ne riducono, di conseguenza, tempo di volo e distanza. Inoltre, queste ipotesi risultano conservative considerando che in letteratura si registra, a causa degli effetti di attrito, una diminuzione del tempo di volo anche del 20% ("Blade throw calculation under normal operating conditions" VESTAS AS Denmark July 2001), ponendoci in una situazione di maggiore sicurezza.

Le pale di un aerogeneratore sono fissate al mozzo e vi è un sistema di controllo che ne modifica costantemente l'orientamento rispetto alla direzione del vento, per offrire allo stesso sempre il medesimo profilo alare garantendo, indipendentemente dalla direzione del vento, un verso orario di rotazione.

La macchina di riferimento per il nostro calcolo avrà le seguenti caratteristiche:

Altezza al Mozzo	105 m
Diametro Rotore	150 m
Lunghezza singola Pala	73.7 m

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI CALCOLO GITTATA MASSIMA ELEMENTI ROTANTI	8
CAR	ENG	REL	008	00		

Area Spazzata	17671 m ²
Numero Pale	3
Senso di Rotazione	Orario
Velocità di Rotazione Max a regime del Rotore	12,0 rpm
Potenza Nominale Turbina	4,2 MW
Cut-Out	22,5 m/s

Le modalità di rottura della pala possono essere assai diverse. Essendo un organo in rotazione è soggetto alla forza centripeta che va equilibrata con l'azione della struttura della torre stessa. Per minimizzare tale forza, la pala è costruita in materiale leggero; normalmente si utilizzano materiali compositi che sfruttano le caratteristiche meccaniche così da far fronte ai carichi aerodinamici imposti.

Le modalità di rottura che potrebbe verificarsi è del tipo "Rottura alla Radice".

4. FORZE AGENTI SULLA TRAIETTORIA

La determinazione delle forze e dei momenti agenti sulla pala a causa di una rottura istantanea durante il moto rotazionale, come detto precedentemente, è molto complessa.

La traiettoria iniziale è determinata principalmente dall'angolo di lancio e dalle forze generalizzate inerziali agenti sulla pala. 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.

Non prendendo in considerazione le caratteristiche aerodinamiche proprie della pala, la gittata

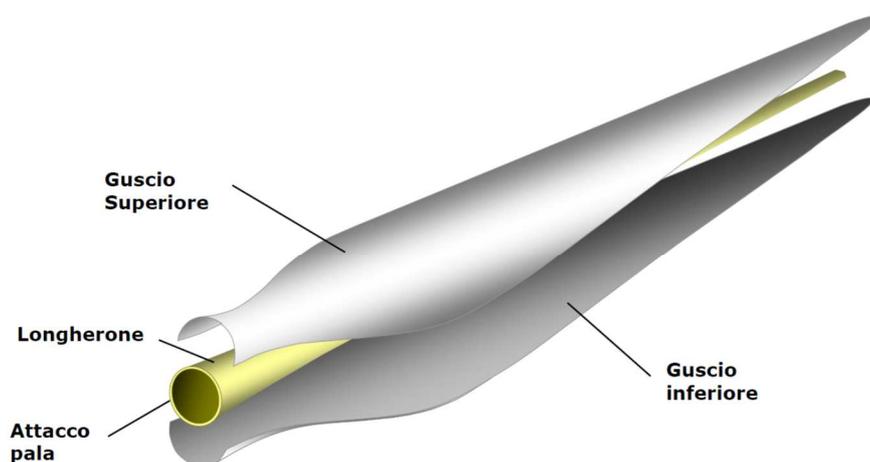
CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV		
CAR	ENG	REL	008	00	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI CALCOLO GITTATA MASSIMA ELEMENTI ROTANTI	9

maggiore si avrebbe nel caso di distacco in corrispondenza della posizione a 45 gradi e di moto “a giavellotto” del frammento. Nella realtà la pala ha una complessità aerodinamica tale per cui il verificarsi di queste condizioni è praticamente impossibile: le forze di resistenza viscosa, le azioni del vento ed il moto di rotazione complesso dovuto al profilo aerodinamico della pala, si oppongono al moto riducendone tempo e distanza di volo.

5. ROTTURA DELLA PALA ALLA RADICE

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 ed in mozzo.

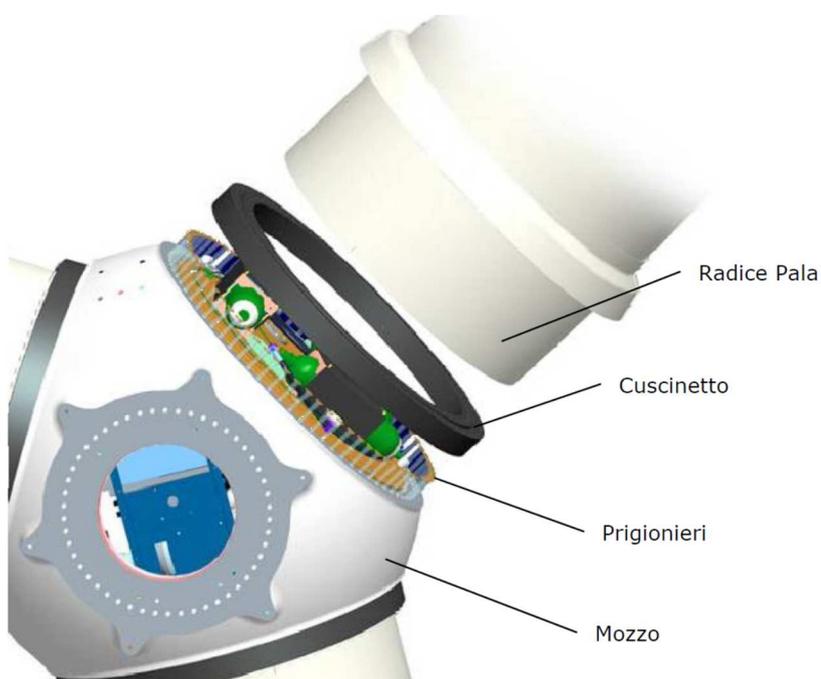
Le pale sono costituite da una parte strutturale (longherone) posizionata all'interno della pala e da una parte esterna (gusci) che ha sostanzialmente compiti di forma. Le tre parti, il longherone e i due gusci, sono uniti fra loro mediante incollaggio e, alla fine del processo produttivo, costituiscono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



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, per questo motivo è previsto un controllo di tale serraggio durante le

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI CALCOLO GITTATA MASSIMA ELEMENTI ROTANTI	10
CAR	ENG	REL	008	00		

operazioni di manutenzione programmata della turbina. L'errata verifica del serraggio ed una plausibile riduzione del precarico possono determinare la rottura per fatica dei bulloni e al distacco della pala.



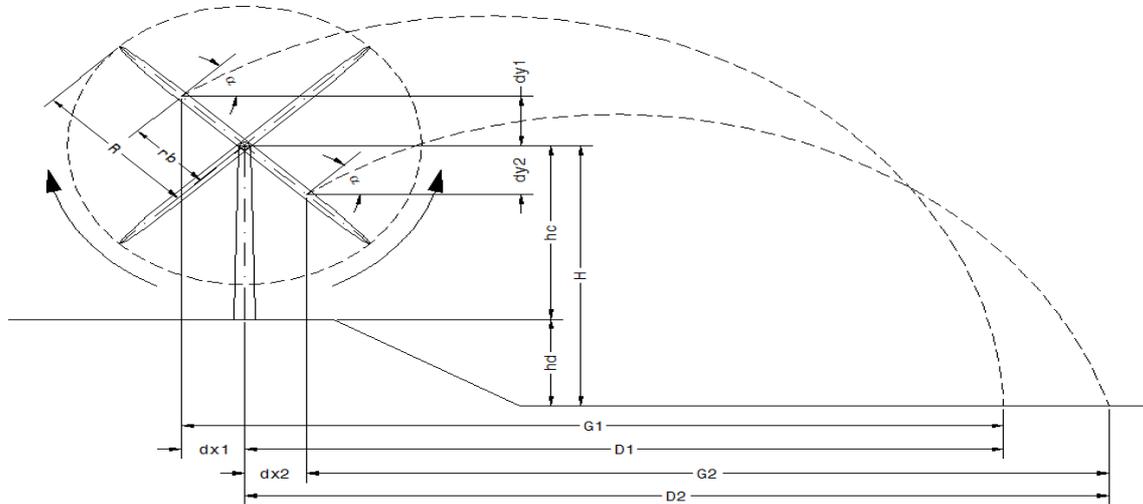
CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI CALCOLO GITTATA MASSIMA ELEMENTI ROTANTI	11
CAR	ENG	REL	008	00		



Per la stima della gittata massima dell'intera pala si impongono alcune ipotesi semplificative:

- distacco netto ed istantaneo di una intera pala alla sua radice;
- baricentro posizionato ad $1/3$ della lunghezza della pala;
- assenza di attriti viscosi durante il volo;
- distacco alla rotazione di funzionamento massima;
- vento presente durante tutto il volo della pala con velocità corrispondente alla velocità massima di funzionamento;
- assenza di effetti di "portanza" del profilo alare.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV		
CAR	ENG	REL	008	00	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI CALCOLO GITTATA MASSIMA ELEMENTI ROTANTI	12



Il moto considerato è di tipo rotazionale, cioè quello fisicamente più probabile. Non viene considerata la possibilità, puramente teorica, che il corpo assuma una traiettoria “a giavellotto”. Inoltre, ponendosi nelle condizioni peggiori possibili e come precedentemente illustrato, viene trascurata la presenza dell’aria che nella realtà genera forze di resistenza al moto che ne ridurrebbero tempo di volo e distanza di caduta.

$$\left\{ \begin{array}{l} z = -g \text{ nella direzione verticale} \\ x = 0 \text{ nella direzione orizzontale} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} z = h + vt \sin \alpha - \frac{1}{2} gt^2 \\ x = vt \cos \alpha \end{array} \right.$$

Il corpo tocca terra per $z=0$ per cui risulta:

$$h + vt \sin \alpha - \frac{1}{2} gt^2 = 0$$

La soluzione dell’equazione di secondo grado per tempi positivi è:

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI CALCOLO GITTATA MASSIMA ELEMENTI ROTANTI	13
CAR	ENG	REL	008	00		

$$t = \frac{1}{g} \left(v \sin \alpha + \sqrt{v^2 \sin^2 \alpha + 2gh} \right)$$

Pertanto, quando il corpo raggiunge terra è:

$$x = \frac{v}{g} \cos \alpha \left(v \sin \alpha + \sqrt{v^2 \sin^2 \alpha + 2gh} \right)$$

Ovvero:

$$\frac{x}{h} = \frac{v^2}{2gh} 2 \cos \alpha \sin \alpha \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2gh}{v^2 \sin^2 \alpha}} \right)$$

Il valore massimo di x_G (indicato nel grafico precedente con G e rappresentante la massima gittata del baricentro del corpo), dipende dall'angolo di lancio α e bisognerà quindi trovare il massimo della funzione:

$$x_G(\alpha) = \frac{\omega^2 L^2 \sin 2\alpha}{2g} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{2g(H + L \cos \alpha)}{\omega^2 L^2 \sin^2 \alpha}} \right] + L \sin \alpha$$

Chiamiamo con “n” il numero di giri al minuto primo compiuti dal corpo in movimento circolare. Tenuto conto che ad ogni giro l'angolo descritto dal corpo in movimento è pari a 2π radianti, per n giri avremo $2\pi n$ radianti/minuto, che è appunto la velocità angolare ω del corpo in movimento. Volendo esprimere la velocità angolare in radianti al secondo avremo:

$$\omega = 2\pi n / 60 \text{ rad/sec}$$

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI CALCOLO GITTATA MASSIMA ELEMENTI ROTANTI	14
CAR	ENG	REL	008	00		

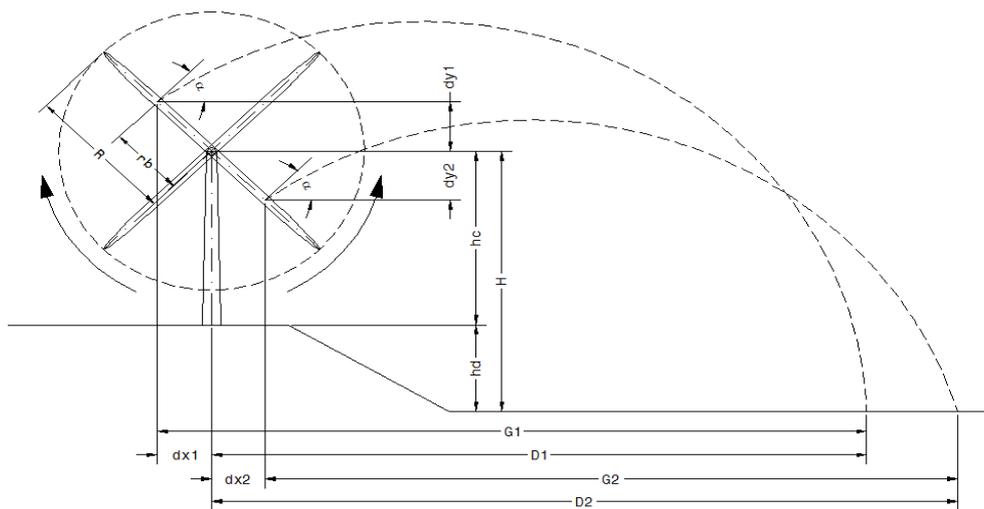
Date le caratteristiche geometriche della pala, e considerata la distribuzione dei pesi lungo il profilo della stessa, si ritiene con buona approssimazione che il baricentro sia posizionato ad un terzo rispetto alla lunghezza della pala, ad una distanza dal centro di rotazione pari a circa $r_b = 25$ m essendo il diametro del rotore pari a 150 m, il raggio rotore $R = 75$ m e la lunghezza di ciascuna pala pari a 73,7 m.

Il produttore dichiara che la velocità massima del rotore a regime è di $n = 12$ rpm.

Per determinare la velocità del baricentro della pala basta moltiplicare la distanza del baricentro dal centro di rotazione per la velocità angolare. Per questa velocità angolare, la velocità periferica del baricentro della pala risulta pari a:

$$v_o = \omega r_b = 2\pi n / 60 r_b = 31.4 \text{ m/sec}$$

posizione e velocità iniziale sono determinati anche dall'angolo α (angolo con l'orizzontale e la normale al moto) della pala al momento del distacco. Sostituendo all'espressione ricavata per T e interpolandola con i diversi valori assunti dall'angolo di lancio α , si ottiene il valore massimo di gittata del baricentro del corpo:



CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI CALCOLO GITTATA MASSIMA ELEMENTI ROTANTI	15
CAR	ENG	REL	008	00		

g	V. pale	R	rb	hc	hd
[m/s ²]	[giri/min]	[m]	[m]	[m]	[m]
9,81	12,00	75,00	25,00	105,00	0,00

Vo	H
[m/s]	[m]
31,42	105,00

H + rb	D (SIA)
[m]	[m]
130,00	161,73

Gamma
[Adim]
0,170

α	Vox	Voy	dx1	dy1	H1	t1	G1	D1
[°]	[m/s]	[m/s]	[m]	[m]	[m]	[s]	[m]	[m]
32,95	26,36	17,09	20,98	13,60	118,60	6,96	183,44	162,46

α	Vox	Voy	dx2	dy2	H2	t2	G2	D2
[°]	[m/s]	[m/s]	[m]	[m]	[m]	[s]	[m]	[m]
25,67	28,32	13,61	22,53	10,83	94,17	5,98	169,42	191,95

t1	x1	y1
[s]	[m]	[m]
0,00	-20,98	118,60
0,07	-19,14	119,76
0,14	-17,31	120,88
0,21	-15,48	121,95
0,28	-13,64	122,97
0,35	-11,81	123,95
0,42	-9,97	124,88
0,49	-8,14	125,76
0,56	-6,30	126,59
0,63	-4,47	127,38
0,70	-2,63	128,11
0,77	-0,80	128,80
0,84	1,03	129,45
0,90	2,87	130,04
0,97	4,70	130,59
1,04	6,54	131,09
1,11	8,37	131,54
1,18	10,21	131,95
1,25	12,04	132,31
1,32	13,88	132,62
1,39	15,71	132,88
1,46	17,54	133,09
1,53	19,38	133,26
1,60	21,21	133,38
1,67	23,05	133,45
1,74	24,88	133,48
1,81	26,72	133,46
1,88	28,55	133,39
1,95	30,39	133,27
2,02	32,22	133,11
2,09	34,05	132,89
2,16	35,89	132,63
2,23	37,72	132,33
2,30	39,56	131,97
2,37	41,39	131,57
2,44	43,23	131,12
2,51	45,06	130,62
2,57	46,89	130,08

t2	x2	y2
[s]	[m]	[m]
0,00	22,53	94,17
0,06	24,23	94,97
0,12	25,92	95,73
0,18	27,62	96,46
0,24	29,31	97,15
0,30	31,00	97,80
0,36	32,70	98,42
0,42	34,39	99,01
0,48	36,09	99,56
0,54	37,78	100,08
0,60	39,47	100,56
0,66	41,17	101,00
0,72	42,86	101,41
0,78	44,56	101,79
0,84	46,25	102,13
0,90	47,95	102,43
0,96	49,64	102,70
1,02	51,33	102,94
1,08	53,03	103,14
1,14	54,72	103,30
1,20	56,42	103,43
1,26	58,11	103,53
1,32	59,80	103,58
1,38	61,50	103,61
1,44	63,19	103,60
1,50	64,89	103,55
1,56	66,58	103,47
1,62	68,28	103,35
1,68	69,97	103,20
1,74	71,66	103,02
1,79	73,36	102,79
1,85	75,05	102,54
1,91	76,75	102,24
1,97	78,44	101,92
2,03	80,13	101,56
2,09	81,83	101,16
2,15	83,52	100,73
2,21	85,22	100,26

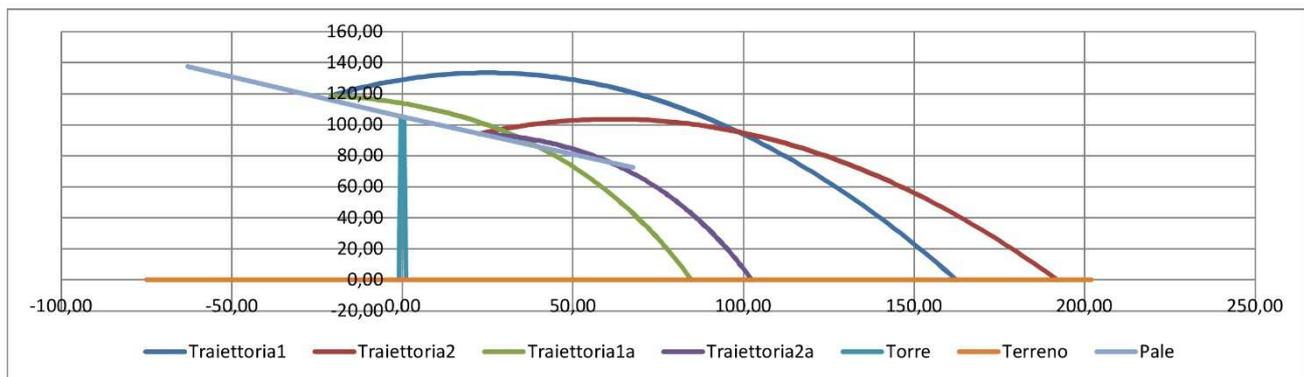
t1	x1	y1
[s]	[m]	[m]
0,00	-20,98	118,60
0,05	-19,37	118,42
0,11	-17,78	118,21
0,16	-16,20	117,98
0,22	-14,63	117,72
0,27	-13,08	117,43
0,32	-11,54	117,12
0,38	-10,02	116,79
0,43	-8,51	116,42
0,49	-7,02	116,04
0,54	-5,53	115,62
0,59	-4,07	115,19
0,65	-2,61	114,72
0,70	-1,17	114,24
0,76	0,26	113,73
0,81	1,67	113,20
0,86	3,07	112,64
0,92	4,46	112,06
0,97	5,84	111,45
1,03	7,20	110,83
1,08	8,55	110,18
1,13	9,89	109,50
1,19	11,22	108,81
1,24	12,53	108,09
1,30	13,84	107,35
1,35	15,13	106,59
1,40	16,41	105,81
1,46	17,67	105,01
1,51	18,93	104,18
1,57	20,17	103,34
1,62	21,41	102,47
1,67	22,63	101,59
1,73	23,84	100,68
1,78	25,04	99,75
1,84	26,23	98,81
1,89	27,40	97,84
1,94	28,57	96,85
2,00	29,73	95,85

t2	x2	y2
[s]	[m]	[m]
0,00	22,53	94,17
0,05	23,69	94,05
0,10	24,84	93,90
0,14	25,99	93,73
0,19	27,12	93,55
0,24	28,24	93,34
0,29	29,36	93,11
0,33	30,46	92,86
0,38	31,56	92,59
0,43	32,65	92,30
0,48	33,73	91,99
0,52	34,80	91,66
0,57	35,86	91,31
0,62	36,91	90,95
0,67	37,96	90,56
0,71	38,99	90,16
0,76	40,02	89,73
0,81	41,04	89,29
0,86	42,05	88,83
0,90	43,06	88,35
0,95	44,05	87,85
1,00	45,04	87,33
1,05	46,02	86,80
1,09	46,99	86,24
1,14	47,95	85,67
1,19	48,91	85,09
1,24	49,86	84,48
1,28	50,80	83,86
1,33	51,73	83,22
1,38	52,66	82,56
1,43	53,57	81,89
1,48	54,48	81,20
1,52	55,39	80,49
1,57	56,28	79,77
1,62	57,17	79,03
1,67	58,05	78,28
1,71	58,93	77,51
1,76	59,79	76,72

X	Y
[m]	[m]
0,00	0,00
-1,00	0,00
-0,50	105,00
0,50	105,00
1,00	0,00
0,00	0,00

X	Y
[m]	[m]
-75,00	0,00
22,53	0,00
201,95	0,00

X	Y
[m]	[m]
0,00	105,00
-62,94	137,49
0,00	105,00
67,60	72,51



come si evidenzia dal grafico e dalla tabella sopra riportati il valore massimo della gittata è $D_{max} = 191,95$ m circa con un angolo di distacco $\alpha = 25,67^\circ$. Nell'ipotesi che la pala, a seguito di

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI CALCOLO GITTATA MASSIMA ELEMENTI ROTANTI	16
CAR	ENG	REL	008	00		

rottura accidentale, continui a spostarsi lungo l'asse ortogonale al proprio piano e che arrivi a toccare il suolo con la sua estremità non nel verso del moto, a tale valore dovrà aggiungersi la distanza del vertice della pala dal baricentro, 50,00 m, per un valore complessivo della gittata: $D_{tot} = 241,95$ m.

6. CONCLUSIONI

Il calcolo illustrato nei paragrafi precedenti porta ad un valore massimo di gittata pari a 241,95 m. Pertanto, la gittata massima calcolata garantisce la distanza di sicurezza sia dalle strade provinciali che statali sia da edifici presenti nell'area del parco.

AEROGENERATORE	DISTANZA DA STRADA	DISTANZA DA IMMOBILI E/O DA
R-CA01	>650	>500
R-CA02	>800	>500
R-CA03	>1.100	>500
R-CA04	>1.300	>500
R-CA05	>1.000	>500
R-CA06	>900	>500
R-CA07	>1.000	>500
R-CA08	>1.900	>500
R-CA09	>2.100	>500
R-CA10	>2.200	>500
R-CA11	>2.500	>350
R-CA12	>1.500	>500
R-CA13	>1.200	>500
R-CA14	>800	>500
R-CA15	>800	>500
R-CA16	>800	>400
R-CA17	>900	>500
R-CA18	>1.300	>400

Come visibile dalla tabella sopra riportata, la gittata di 241,95 m è sensibilmente inferiore rispetto alle distanze turbine – strade provinciali e/o statali e turbine – immobili e/o ricettori estrapolate dal nuovo layout dell'impianto eolico di Carlentini.