

REGIONE MOLISE
PROVINCIA DI CAMPOBASSO

Comune:
Rotello

Località " Crocella - Mazzincollo - Difesa Grande - Piano Cavato"

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA E RELATIVE
OPERE DI CONNESSIONE

Sezione 11:

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE ED ALLEGATI

Titolo elaborato:

CG.SIA01 - RELAZIONE DI CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA DI UNA PALA DI UN
AEROGENERATORE

N. Elaborato: CG.SIA01

Committente

WIND ENERGY ROTELLO S.r.l.

Via Caravaggio, 125
65125 Pescara (PE)
P.IVA 02257310686
PEC: windrotellosrl@legpec.it

Amministratore Unico
Fabio MARESCA

Progettazione



sede legale e operativa
San Giorgio Del Sannio (BN) via de Gasperi 61
sede operativa
Lucera (FG) S.S.17 loc. Vaccarella snc c/o Villaggio Don Bosco
P.IVA 01465940623
Azienda con sistema gestione qualità Certificato N. 50 100 11873



Progettista
Dott. Ing. Nicola FORTE



Rev.	Data	Elaborazione	Approvazione	Emissione	DESCRIZIONE		
00	Luglio 2019	PR sigla	PLM sigla	NF sigla	Emissione Progetto Definitivo		
Nome File sorgente		GE.RTL01.PD.CG.SIA01.doc	Nome file stampa		GE.RTL01.PD.CG.SIA01.pdf	Formato di stampa	A4

 TENPROJECT	ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.RTL01.PD.CG.SIA 15/06/2019 08/07/2019 01 1 di 6
---	---	---	--

INDICE

1. INTRODUZIONE	2
2. IPOTESI	2
3. CALCOLO	3
3.1 Calcolo del baricentro	3
3.2 Calcolo della velocità periferica	3
3.3 Calcolo di hG	4
4. CALCOLO DELLA LEGGE DEL MOTO	4
5. CONCLUSIONI	5

	ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.RTL01.PD.CG.SIA 15/06/2019 08/07/2019 01 2 di 6
---	---	---	--

1. INTRODUZIONE

Il presente progetto riguarda la realizzazione di un parco eolico costituito da 12 aerogeneratori da installare in località "Crocella - Mazzincollo - Difesa Grande - Piano Cavato" nel comune di Rotello.

Il presente studio è stato redatto al fine di illustrare la procedura per il calcolo della gittata massima di una pala di un aerogeneratore nell'ipotesi di distacco della stessa nel punto di serraggio sul mozzo, punto di maggiore sollecitazione, per evidente effetto di intaglio, dovuto al collegamento.

Le condizioni al contorno considerate per il calcolo in esame, sono le più gravose possibili, in modo da porsi nella situazione maggiormente cautelativa.

2. IPOTESI

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).
- Si ritengono trascurabili le forze ed il momento di resistenza dovute al mezzo in cui si svolge il moto (aria).
- Si suppone che la pala si rompa nel punto di attacco al mozzo; nella posizione tale da avere una velocità periferica inclinata a 45° (posizione corrispondente alla massima gittata) rispetto ad un sistema di riferimento orizzontale passante per il baricentro e con asse verticale parallelo all'asse della torre, così come si evince dalla figura successiva.

L'aerogeneratore previsto nel progetto in esame è il "GE 5.3-158" della General Electric, le cui caratteristiche salienti sono riportate nella tabella a seguire:

AEROGENERATORE
Altezza mozzo H = 120,9 m
Diametro rotore D = 158 m
Giri _{max} al minuto 11,56 rpm

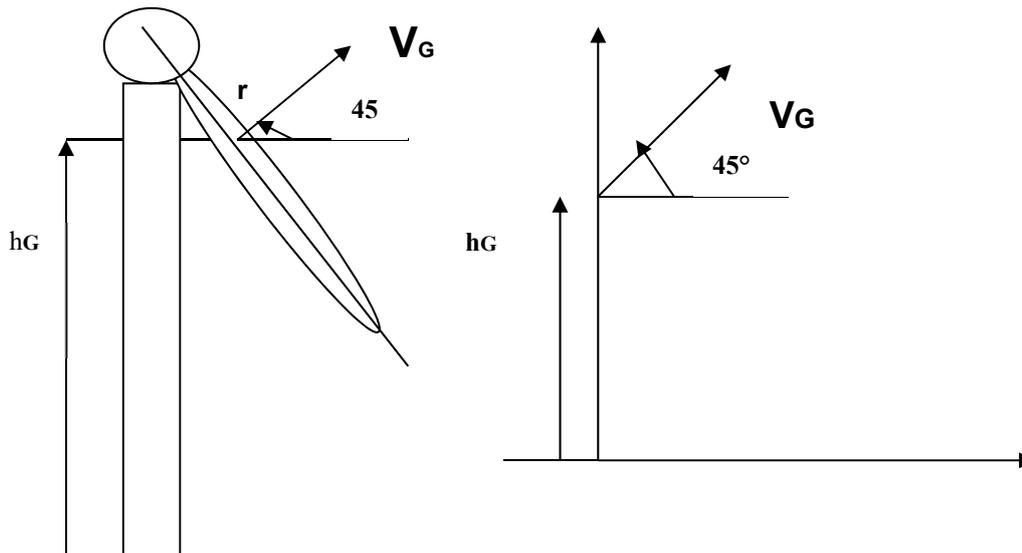
	ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.RTL01.PD.CG.SIA 15/06/2019 08/07/2019 01 3 di 6
---	---	---	--

3. CALCOLO

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



Prima di effettuare il calcolo della gittata, calcoliamo dei parametri che ci serviranno per il prosieguo dello stesso.

3.1 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, cioè ad $r_{G1} = 26,33$ m per un aerogeneratore del tipo di quello previsto in progetto.

3.2 Calcolo della velocità periferica

Il dato di partenza è $n = 11,56$ giri/min che corrisponde ad una velocità angolare

$$\omega = 2\pi n/60 = 1,21 \text{ rad/s}$$

La legge con cui varia la velocità periferica, ossia il dato che utilizzeremo per il calcolo, ha un andamento che varia linearmente lungo il profilo della pala con il raggio.

Per cui la velocità del baricentro sarà pari a $V_G = 31,86$ m/s essendo V_G pari a $\omega \cdot r_G$.

	ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.RTL01.PD.CG.SIA 15/06/2019 08/07/2019 01 4 di 6
---	---	---	--

3.3 Calcolo di hG

Il calcolo della proiezione del baricentro sull'asse verticale, viene valutato nell'ipotesi in cui il distacco avvenga, come anzidetto nelle condizioni più gravose, cioè a 45° rispetto alla verticale.

Il valore di hG è pari all'altezza dell'intera torre meno il valore della proiezione di rG sulla verticale ossia:

$$h_g = H + (r_G \cdot \cos 45^\circ)$$

da cui:

$$h_g = 139,53 \text{ m}$$

Dove H è l'altezza a mozzo della torre.

4. CALCOLO DELLA LEGGE DEL MOTO

Adesso siamo in grado di esprimere la legge del moto.

Supponiamo di trovarci nel caso notevole di un proiettile non puntiforme.

Le equazioni che governano il moto sono rispettivamente la prima e la seconda equazione della dinamica:

$$1) \quad Mg = Ma_G$$

$$2) \quad 0 = I \frac{d\omega}{dt}$$

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 ci dice 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 con facili calcoli giungere al valore della gittata espresso dalla seguente:

$$G \max = \frac{V_G^2}{g} \sin 45^\circ \cdot \cos 45^\circ \left(1 \pm \sqrt{1 + \frac{2gh_G}{V_G^2 \sin^2 45^\circ}} \right)$$

scegliendo ovviamente il risultato che ha senso fisicamente (il segno +) avremo un valore numerico di 182,57 m.

Questo rappresenta il valore della gittata nelle condizioni più gravose, ossia rappresenta la distanza alla quale cade il baricentro della pala, a partire dalla base della torre.

Nota la posizione di quest'ultimo, date le caratteristiche geometriche della pala precedentemente valutate, si può calcolare il punto in cui cade il vertice della pala stessa.

	ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.RTL01.PD.CG.SIA 15/06/2019 08/07/2019 01 5 di 6
---	---	---	--

Supponendo di prendere in considerazione sempre 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 Gmax per ogni tipo di aerogeneratore rispettivamente i due 2/3 della pala, si ottiene:

$$\underline{Gittata\ pala = 182,57 + 52,67 = 235\ m}$$

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.

5. CONCLUSIONI

Dai calcoli eseguiti si evince che nelle condizioni più gravose il vertice della pala del rotore può raggiungere una distanza di circa **235 m dalla base di ogni aerogeneratore**. I valori abbastanza contenuti sono da imputare essenzialmente alla bassa velocità angolare delle macchine previste in progetto, macchine di nuova generazione il che implica una velocità periferica di distacco molto bassa.

In un intorno di ampiezza pari a quello della gittata dalle pale di progetto non ricadono recettori (rif. Elaborati di Inquadramento dei recettori sensibili nell'area di impianto - IR), come si evince anche dall'immagine riportata a seguire. Pertanto, è da escludere che l'impianto proposto possa arrecare danni alla salute pubblica per distacco accidentale di una pala.

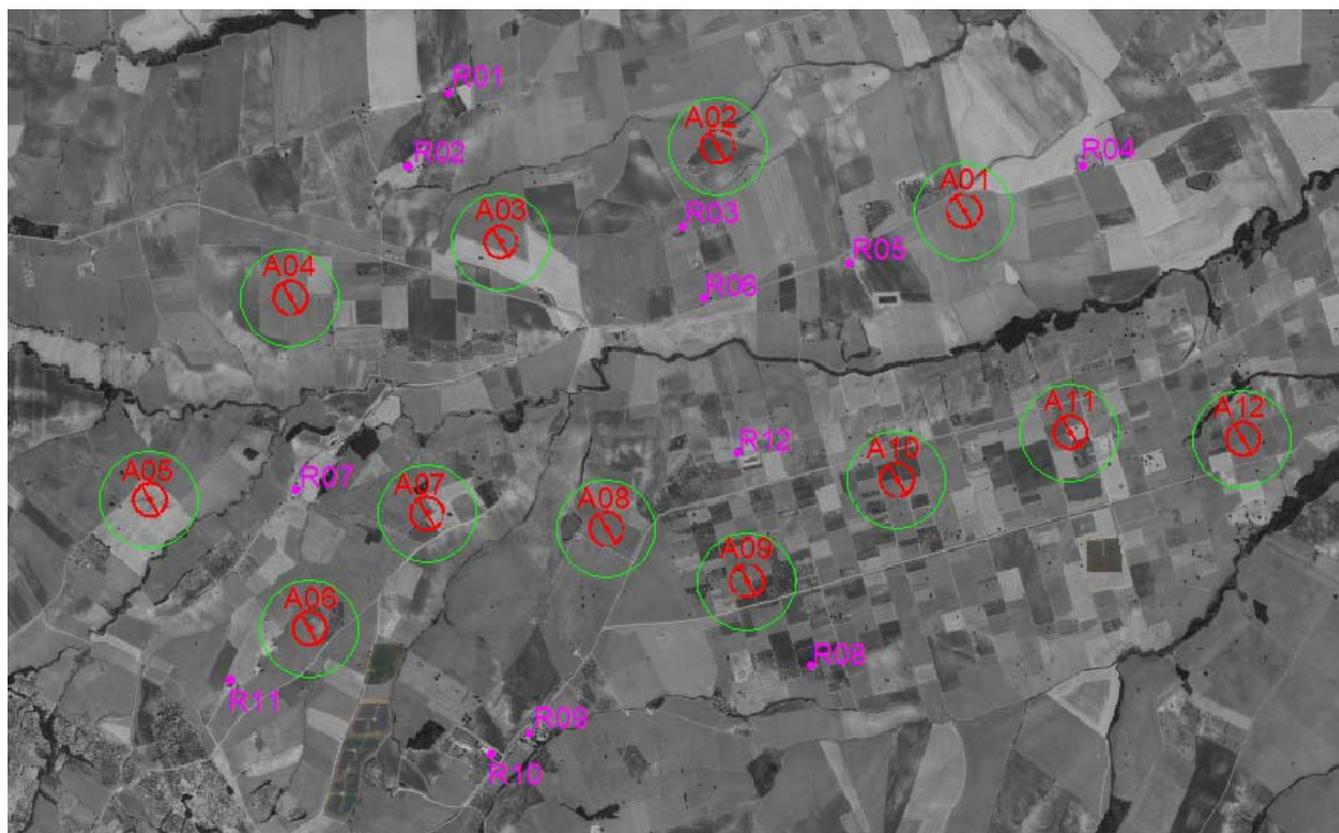


Figura 1: distanza aerogeneratori da recettori – in verde il raggio di azione della gittata pari a 235 m; in magenta i recettori.