



REGIONE CAMPANIA
PROVINCIA DI BENEVENTO
COMUNI DI MORCONE E CAMPOLATTARO



**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA PRODUZIONE
DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA
NEI COMUNI DI MORCONE E CAMPOLATTARO (BN)**

PROGETTO DEFINITIVO

REMCA_R27_REV1
CALCOLO DELLA GITTATA
ALTERNATIVA 1

REVISIONI	N.	DATA	DESCRIZIONE	RED.	VER.	APP.	SCALA:									
	A	20/07/2020	Prima emissione													
	B	05.10.2021	Alternativa 1				CODIFICA:									
							<table border="1"><tr><td>---</td><td>P</td><td>D</td></tr></table>	---	P	D						
	---	P	D													
						<table border="1"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table>										

PROGETTAZIONE

IL PROGETTISTA



ENERGY & ENGINEERING S.R.L.

Ing. Davide G. Trivelli

Via XXIII Luglio 139

83044 - Bisaccia (AV)

P.IVA 02618900647

Tel./Fax. 0827/81480

pec: energyengineering@legalmail.it



IL COMMITTENTE

Renexia SpA

Viale Abruzzo 410

66100 - Chieti Scalo (CH)

P.IVA 02192110696

Tel. 0871 58745



1. INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione è la stima della gittata relativa al progetto d'impianto eolico previsto nel territorio del Comune di Morcone alla Loc "Schiavoni", con opere di connessione (stazione di utenza e collegamento alla RTN) nel Comune di Pontelandolfo (BN).

Nel progetto si prevede l'installazione di n° 08 aerogeneratori di potenza complessiva pari a 49,50 MW.

Gli aerogeneratori avranno un'altezza al mozzo pari a 119 m e diametro 162 m.

Proponente del progetto è la società RENEXIA Spa.

Si riportano di seguito le coordinate in formato UTM (WGS84) e GAUSS BOAGA delle posizioni degli aerogeneratori.

AEROGENERATORE	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLE	COORDINATE UTM WGS84	
				Easting (m)	Northing (m)
MC02	Morcone	77	417	471151.2885	4574687.8898
MC03	Morcone	77	266-267-437	471516.00	4574666.00
MC04	Morcone	77	148	471856.00	4574436.00
MC05	Morcone	79	350	473018.0504	4574330.4607
MC06	Morcone	81	263-482-306	473478.00	4574161.00
MC07	Morcone	81	146-317	474135.3144	4573996.2692
MC08	Morcone	81	185	474528.5429	4573933.9122
MC09	Morcone	84	144-221-129	475860.00	4573202.00

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

Il calcolo della gittata viene effettuato nelle condizioni più penalizzanti, ovvero:

- Alla velocità massima del rotore assunta a 12,1 giri/minuto per V162;
- Nel punto di ascissa e ordinata in cui la gittata è massima, con angolo $= -\pi/4$;
- Con il centro di massa posizionato ad 1/3 della lunghezza della pala, in prossimità del mozzo;

La velocità al rotore per le turbine proposte (VESTAS V162) è pari a 12,1 giri/minuto.

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.

Per l' aerogeneratore previsto nel progetto in esame è del tipo VESTAS V162 (con altezza al mozzo H: 119 mt.), si considerano:

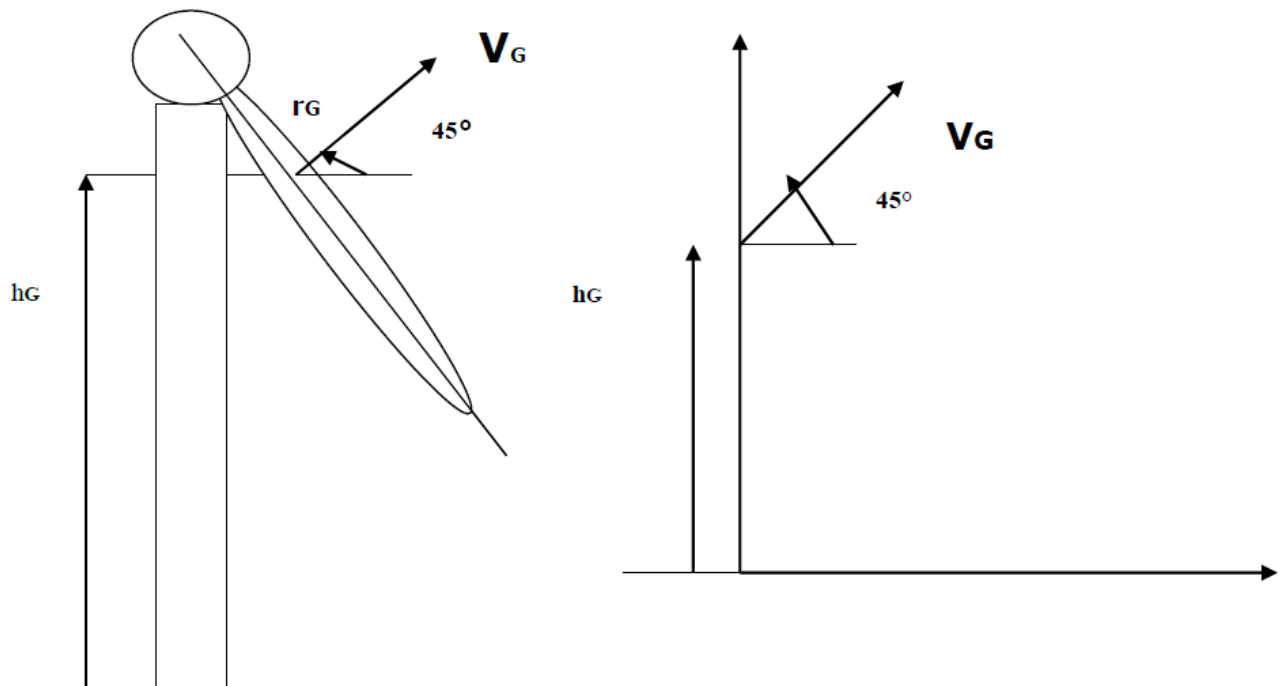
AEROGENERATORE VESTAS V162
Altezza H = 119 m
Diametro rotore D = 162 m
Giri_{max} al minuto 12.1 RPM

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 **rG1 = 27.00 m** per un aerogeneratore del tipo di quello previsto in progetto.

3.2 Calcolo della velocità periferica

Per NORDEX N149 il dato di partenza è $n = 12.1$ giri/min che corrisponde ad una velocità angolare

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = 1,27 \text{ rad/s}$$

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 **VG = 34.29 m/s** essendo VG pari a $\omega \times rG$.

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:

$$hg = H - (rG \cdot \cos 45^\circ)$$

da cui per Vestas V162 con 119 m al mozzo sarà pari a: **hg = 138,90 m**

Dove H è l'altezza 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:

$$1) Mg = Ma_G$$

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

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 :

- Per Vestas V162 con 119 m al mozzo si avrà un valore di circa **201.93 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.

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 ottengono:

- **Gittata pala = 255,93 m**

Tale valore rappresenta il punti più distanti 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 **255,93** m.

I valori 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.

Resta inteso che è da ritenere molto remota la possibilità di distacco e che quindi l'impianto proposto possa arrecare danni alla salute pubblica.

IL PROGETTISTA

