

REGIONE BASILICATA
PROVINCIA DI POTENZA

Comuni di :

Castelgrande - Muro Lucano - Rapone - San Fele

LOCALITA' "Toppo Macchia"

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA E RELATIVE
OPERE DI CONNESSIONE - 16 AEROGENERATORI (potenza totale 88,2 MW)

Sezione A :

PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO, DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI

Titolo elaborato:

A.7 - ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI

N. Elaborato: **A.7**

Scala: -

Proponente

MIA WIND Srl

Via della Tecnica, 18 - 85100 - Potenza (PZ)

Amministratore Unico
Donato Macchia

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	NOVEMBRE 2018	FD sigla	PM sigla	NF sigla	RICHIESTA A.U.
Nome File sorgente		GE.AGB01.P3.PD.A.7.doc	Nome file stampa	GE.AGB01.P3.PD.A.7.pdf	Formato di stampa A4

	ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.AGB01.P2.PD.A.7 20/11/2018 28/11/2018 01 1 di 7
---	---	---	--

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.AGB01.P2.PD.A.7 20/11/2018 28/11/2018 01 2 di 7
---	---	---	--

1. INTRODUZIONE

Il presente progetto riguarda la realizzazione di un parco eolico costituito da 16 aerogeneratori da installare in località "Toppa di Macchia", nella parte nord occidentale della Basilicata, in provincia di Potenza (PZ) e specificamente in un'area posta a confine dei comuni di Castelgrande, Muro Lucano, Rapone e San Fele.

Il presente studio, in particolare, in conformità a quanto richiesto dal PIEAR tra gli elaborati da presentare per l'avvio del procedimento di Autorizzazione Unica, 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.

Gli aerogeneratori previsti nel progetto in esame sono del tipo Vestas V150 da 5,6 MW e, Vestas V136 da 4,2 MW, le cui caratteristiche salienti sono riportate nella tabella a seguire:

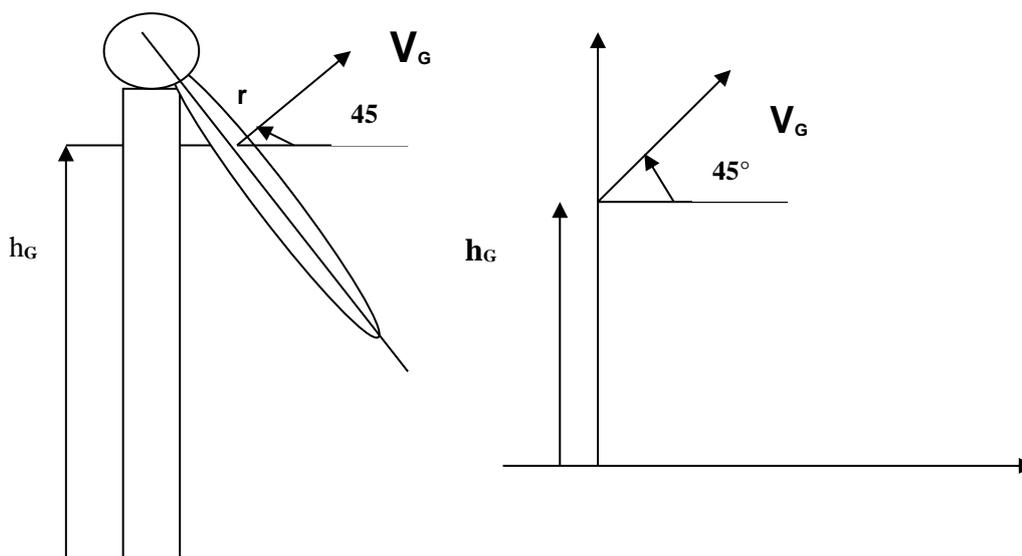
AEROGENERATORE V136	AEROGENERATORE V150
Altezza mozzo H = 112 m	Altezza mozzo H = 105 m
Diametro rotore D = 136 m	Diametro rotore D = 150 m
Giri _{max} al minuto 14 rpm	Giri _{max} al minuto 12 rpm

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 $r_{G1} = 22,67$ m per un aerogeneratore del tipo Vestas V136 e $r_{G1} = 25$ m per un aerogeneratore del tipo Vestas V150 previsti in progetto.

3.2 Calcolo della velocità periferica

Il dato di partenza per un aerogeneratore del tipo Vestas V136 è $n = 14$ giri/min, mentre, per un aerogeneratore del tipo Vestas V150, è $n = 12$ giri/min che corrisponde ad avere rispettivamente una velocità angolare pari a:

$$\omega = 2\pi n / 60 = 1,465 \text{ rad / s} \longrightarrow \text{Vestas V136}$$

$$\omega = 2\pi n / 60 = 1,256 \text{ rad / s} \longrightarrow \text{Vestas V150}$$

	ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.AGB01.P2.PD.A.7 20/11/2018 28/11/2018 01 4 di 7
---	---	---	--

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 per i due tipi di aerogeneratori sarà pari a, dato che $V_G = \Omega \times r_G$:

$$V_G = 33,21 \text{ m/s} \longrightarrow \text{Vestas V136}$$

$$V_G = 31,40 \text{ m/s} \longrightarrow \text{Vestas V150}$$

3.3 Calcolo di h_G

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 h_G è pari all'altezza dell'intera torre meno il valore della proiezione di r_G sulla verticale ossia:

$$h_G = H + (r_G \cdot \cos 45^\circ) \quad \text{da cui:} \quad h_G = 128,03 \text{ m} \longrightarrow \text{Vestas V136}$$

$$h_G = 122,68 \text{ m} \longrightarrow \text{Vestas V150}$$

dove: H = 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.

	ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.AGB01.P2.PD.A.7 20/11/2018 28/11/2018 01 5 di 7
---	---	---	--

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 188,74 m per un aerogeneratore del tipo V136 e, 172,14 m per un aerogeneratore del tipo V150.

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 G_{\max} per ogni tipo di aerogeneratore rispettivamente i due 2/3 della pala, si ottiene:

Gittata pala per Vestas V136 = 188,74 + 45,33 = 234 m

Gittata pala per Vestas V150 = 172,14 + 50 = 222 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 **234 m dalla base di ogni aerogeneratore del tipo Vestas V136** e **222 m dalla base di ogni aerogeneratore del tipo Vestas V150**. 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. Elaborato A.17.7) o strade interessate da traffico intenso (SP e SS), come si evince anche dalle immagini riportate nella pagina seguente. Pertanto, è da escludere che l'impianto proposto possa arrecare danni alla salute pubblica per distacco accidentale di una pala.

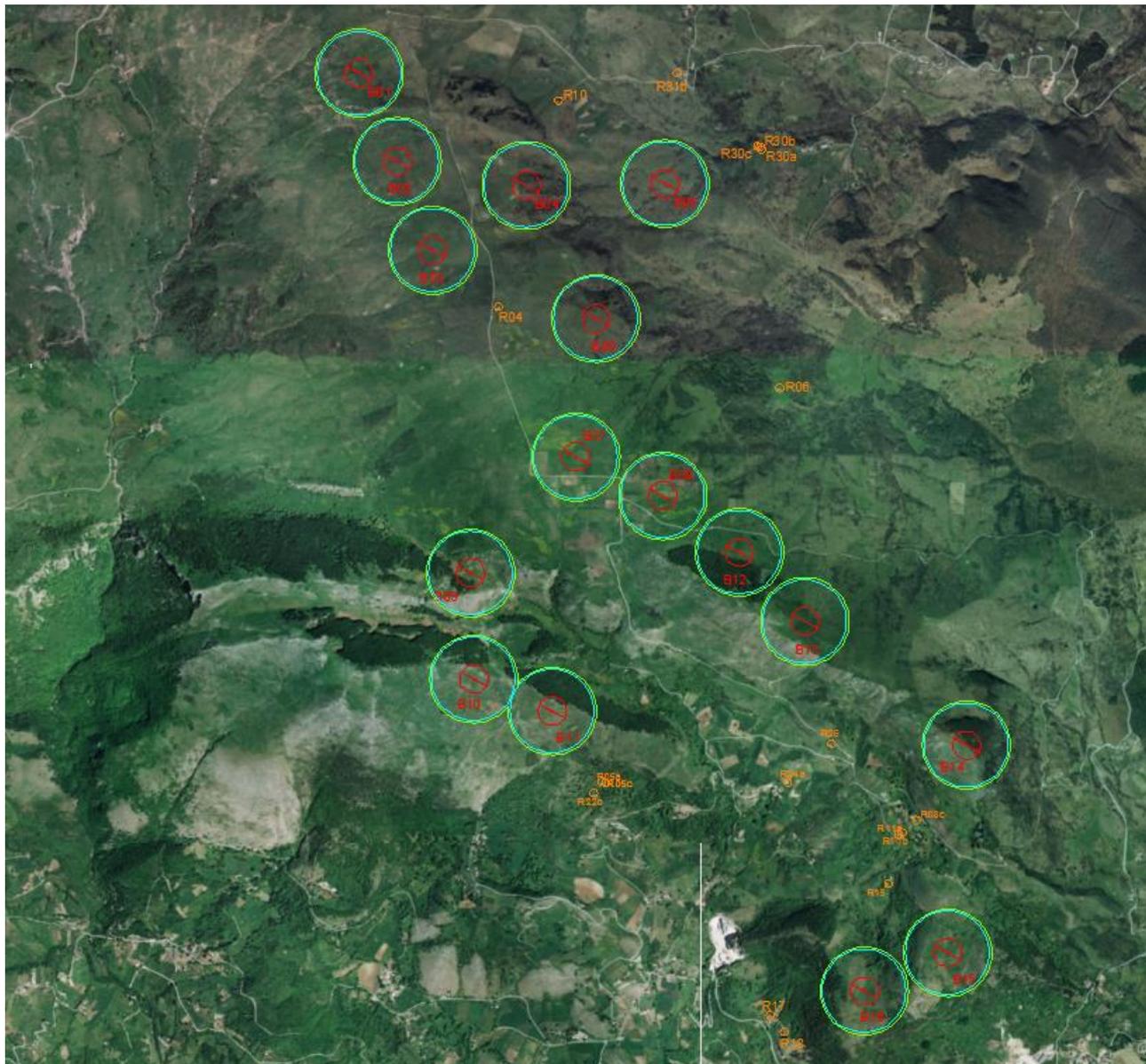


Figura 1: distanza aerogeneratori da recettori – in verde il raggio di azione della gittata per Vestas V136 pari a 234m; in ciano il raggio di azione della gittata per Vestas V150 pari a 222m; in arancione i recettori (abitazioni).

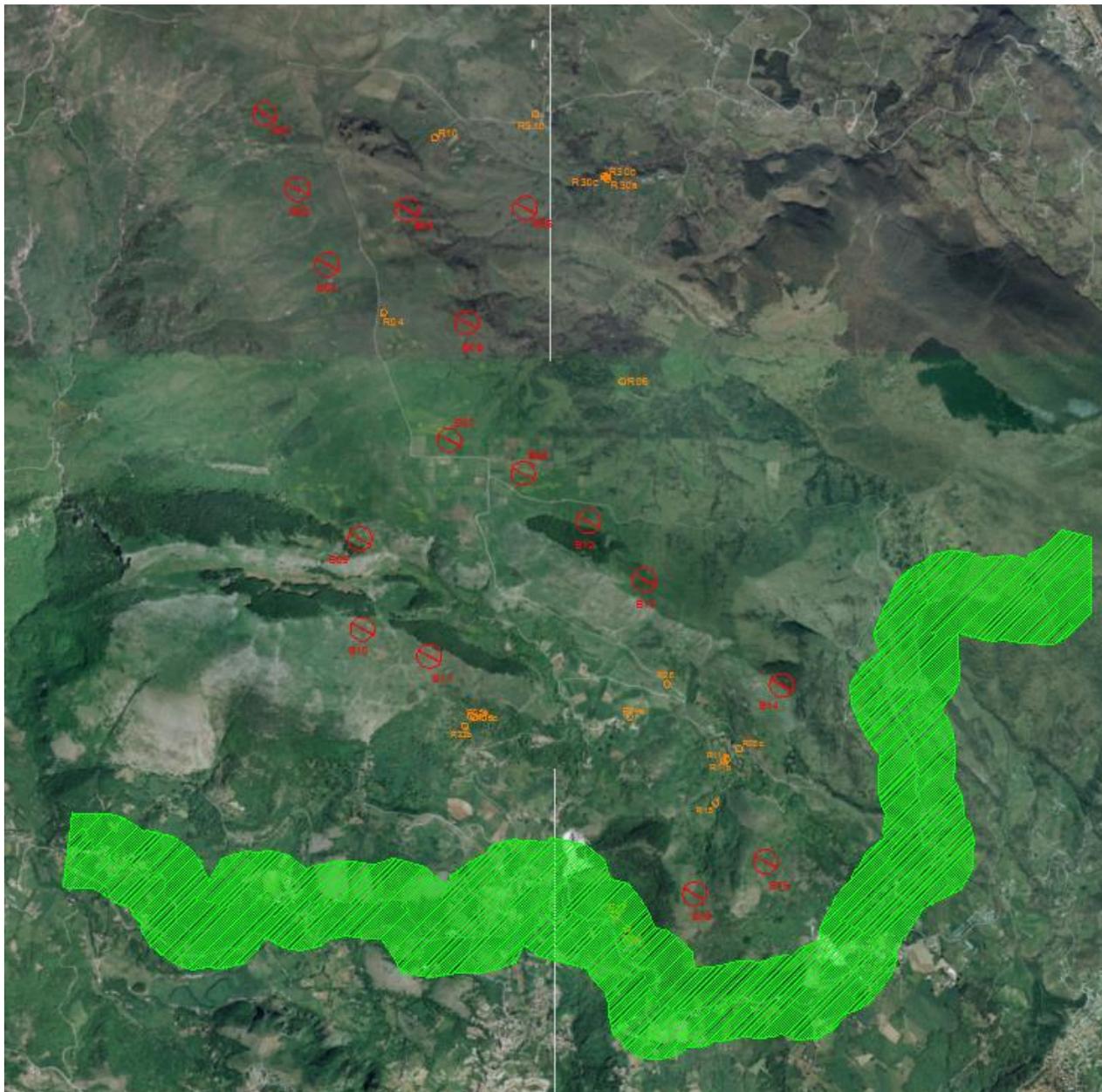


Figura 2: distanza aerogeneratori da strade provinciali esistenti – in verde la strada provinciale prossima all’area d’impianto con il relativo buffer di sicurezza (234m).