



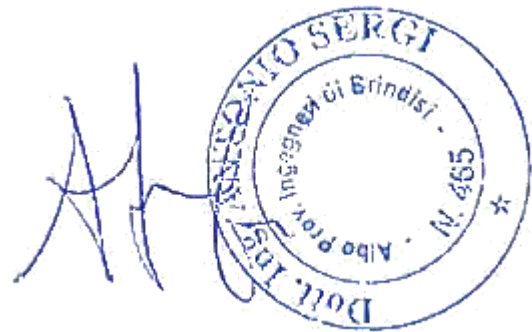
GRE CODE
GRE.EEC.R.73.IT.W.15228.00.014.00

PAGE
 1 di/of 9

TITLE:AVAILABLE LANGUAGE: IT

“IMPIANTO EOLICO SERRACAPRIOLA”

RELAZIONE DI CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA



00	22/11/2021	PRIMA EMISSIONE	V.D'AMICO	F.DE CASTRO	A. SERGI
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED

GRE VALIDATION		
	A.DURANTE	F.TAMMA
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT IMPIANTO EOLICO SERRACAPRIOLA	GRE-CODE																		
	GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT	SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION									
	GRE	EEC	R	7	3	I	T	W	1	5	2	8	8	0	0	0	1	4	0

CLASSIFICATION	UTILIZATION SCOPE
-----------------------	--------------------------



GRE CODE

GRE.EEC.R.73.IT.W.15228.00.014.00

PAGE

2 di/of 9

INDEX

1. PREMESSA	3
2. EQUAZIONE DEL MOTO.....	3
3. GEOMETRIA DEL PROBLEMA E CALCOLO DELLA GITTATA	6

1. PREMESSA

La presente relazione ha l'obiettivo di rappresentare i risultati del calcolo della gittata massima, con riferimento all'area di progetto del futuro parco eolico denominato "Serracapriola".

L'area di progetto oggetto di indagine, comprendente n. 8 aerogeneratori (nel seguito WTG) e, ricade nell'ambito del territorio amministrato del Comune di Serracapriola in Provincia di Foggia.

Gli aerogeneratori che verranno installati nel nuovo impianto di Serracapriola saranno selezionati sulla base delle più innovative tecnologie disponibili sul mercato. La potenza nominale delle turbine previste sarà pari a massimo 6,0 MW. Il tipo e la taglia esatta dell'aerogeneratore saranno comunque individuati in fase di acquisto della macchina e verranno descritti in dettaglio in fase di progettazione esecutiva.

Ai soli fini della valutazione della gittata massima, è stato considerato un aerogeneratore tipo Siemens Gamesa SG 6.0 - 170.

SISTEMA DI RIFERIMENTO UTM WGS 84 - FUSO 33N			RIFERIMENTI CATASTALI		
WTG	EST [m]	NORD [m]	COMUNE	FG	P.LLA
1	510904	4627367	SERRACAPRIOLA	22	56/251
2	510662	4628319	SERRACAPRIOLA	22	35
3	510693	4628832	SERRACAPRIOLA	22	32/322
4	510934	4629296	SERRACAPRIOLA	14	26
5	511310	4629677	SERRACAPRIOLA	15	84
6	510982	4631344	SERRACAPRIOLA	15	48
7	511515	4630298	SERRACAPRIOLA	15	17
8	511179	4631868	SERRACAPRIOLA	15	120

Tabella 1: Elenco degli aerogeneratori

I principali dati tecnici degli aerogeneratori sono qui di seguito evidenziati:

POTENZA NOMINALE	6,0 MW
DIAMETRO DEL ROTORE	170 m
LUNGHEZZA DELL'ELICA	83,5 m
CORDA MASSIMA DELL'ELICA	4,5 m
AREA SPAZZATA	22.298 m ²
ALTEZZA MOZZO	135 m

VELOCITÀ DI ATTIVAZIONE	3 m/s
VELOCITÀ NOMINALE	10 m/s
VELOCITÀ DI ARRESTO	25 m/s
VELOCITÀ ANGOLARE	8,8 giri/minuto

Tabella 2: Caratteristiche principali dell'aerogeneratore

2. EQUAZIONE DEL MOTO

Le equazioni del moto di un punto materiale soggetto solo alla forza di gravità sono:

$$x'' = 0$$

$$y'' = -g$$

dove $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità.

La legge del moto, soluzione di queste equazioni è:

$$x(t) = x_0 + v_x t$$

$$y(t) = y_0 + v_y t - 1/2 g t^2$$

dove $(x_0; y_0)$ è la posizione iniziale del punto materiale e $(v_x; v_y)$ è la sua velocità.

La traiettoria del punto materiale intercetta il suolo al tempo T tale che $y(T) = 0$.

Dalla legge del moto si ottiene:

$$T = v_y/g + 1/g\sqrt{v_y^2 + 2 y_0 g}$$

scartando la soluzione corrispondente a tempi negativi.

3. GEOMETRIA DEL PROBLEMA E CALCOLO DELLA GITTATA

Consideriamo il moto bidimensionale dell'elemento rotante, come il moto di un punto materiale concentrato nel baricentro, tenendo conto solo delle forze gravitazionali e supponendo trascurabile l'influenza dei vari agenti atmosferici, in particolare le forze di attrito dell'aria e quelle del vento.

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:

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

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:

$$r_g = (170/2 - 83,5) + 83,5/3 \text{ m} = 29,33 \text{ m}$$

essendo il diametro del rotore $D = 170 \text{ m}$ e la lunghezza di ciascuna pala $R = 83,50 \text{ m}$ circa. Per determinare la velocità del baricentro della pala basta moltiplicare la distanza del baricentro dal centro di rotazione per la velocità angolare pari a 8,8 giri/minuto.

Per questa velocità angolare, la velocità periferica del baricentro della pala risulta pari a:

$$V_g = \omega \cdot r_g = \frac{2\pi n}{60} r_g = 27,01 \text{ m/sec}$$

La posizione e la velocità iniziale sono determinati, oltre che dalla velocità tangenziale appena calcolata, anche dall'angolo θ della pala al momento del distacco.

Essi sono legati alla posizione ed alla velocità iniziale dalle relazioni:

$$x_0 = -r_g \cos(\theta)$$

$$y_0 = H + r_g \sin(\theta)$$

$$v_x = V_g \sin(\theta)$$

$$v_y = V_g \cos(\theta)$$

La gittata L è la distanza dalla torre del punto di impatto al suolo della pala; l'altezza H è l'altezza del mozzo della torre (135 m). Dalla legge del moto otteniamo:

$$L = x(T)$$

Sostituendo l'espressione per T ricavata sopra, otteniamo la gittata L in termini di V_g e di θ :

$$L = -r_g \cos(\theta) + \frac{V_g \sin(\theta)}{g} [V_g \cos(\theta) + \sqrt{(V_g^2 \cos^2(\theta) + 2(H + r_g \sin(\theta))g}]$$

Nella formula di L sopra riportata, si assumono i seguenti dati:

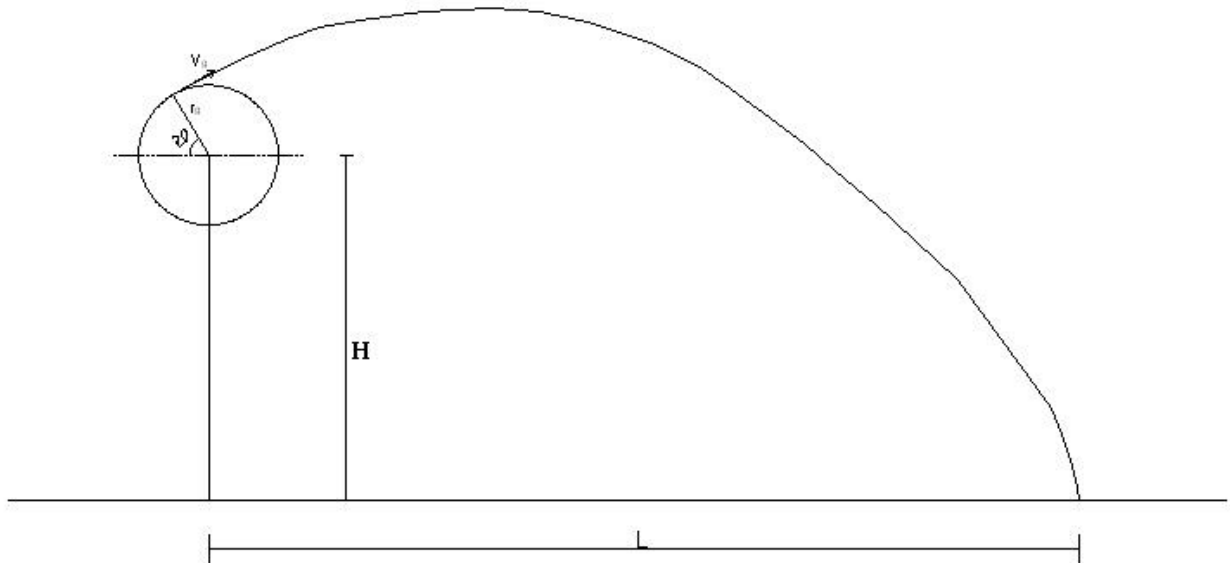
$$V_g = 27,01 \text{ m/s}$$

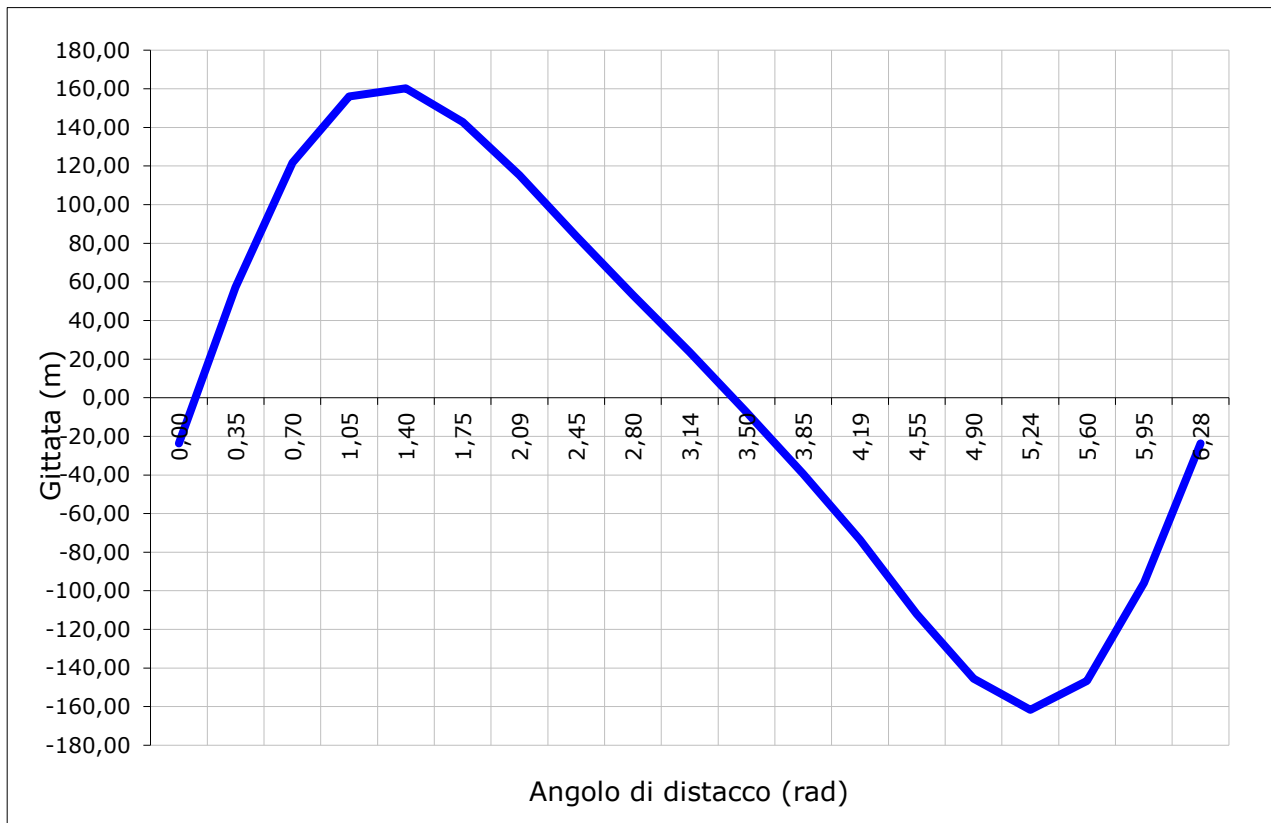
$$r_g = 29,33 \text{ m}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$H = 135 \text{ m}$$

Il valore massimo della gittata dipenderà dall'angolo θ .





θ	L
0,00	-23,66
0,35	57,25
0,70	121,68
1,05	156,06
1,40	160,25
1,75	142,78
2,09	115,25
2,45	83,77
2,80	53,02
3,14	23,66
3,50	-7,42
3,85	-39,54
4,19	-73,52
4,55	-112,09
4,90	-145,51
5,24	-161,65
5,60	-146,73
5,95	-95,92
6,28	-23,66

Si noti che, fissato un generico angolo θ , la gittata aumenta quadraticamente con V_g salvo i casi particolari $\theta = \pm 90^\circ, 0^\circ, 180^\circ$, nei quali la gittata aumenta linearmente con V oppure è pari ad r_g .

Come si evidenzia dal grafico, il valore massimo della gittata è pari a 152 m circa con un angolo di distacco pari a:

$$\theta = 5,24 \text{ rad}$$

Pertanto, nell'ipotesi di distacco di una pala nel punto di serraggio del mozzo, punto di maggiore sollecitazione a causa del collegamento, considerando le seguenti ipotesi:

- il baricentro della pala è posizionato ad $1/3$ rispetto alla lunghezza della pala;
- il moto del sistema è considerato di tipo rigido non vincolato;
- si ritengono trascurabili le forze di resistenza dell'aria;
- le componenti dell'accelerazione saranno $a_x = 0$, $a_y = -g$.
- la velocità periferica è uguale a quella calcolata in precedenza (incrementata del 5% rispetto alla massima di esercizio)

il massimo valore della gittata sarà pari al valore calcolato in precedenza, $161,65 \text{ m}$, per $\theta = 5,24 \text{ rad}$, al quale dovrà aggiungersi la distanza del vertice della pala dal baricentro, ovvero $55,67 \text{ m}$, per un valore complessivo

$$L_{tot} = 217,32 \text{ m}$$