



COMUNE DI MATERA

PROVINCIA DI MATERA

Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 7 aerogeneratori con potenza complessiva pari a 47,6 MW e delle opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Matera (MT) in località "lesce".

PROGETTO DEFINITIVO

Analisi degli effetti della rottura degli organi rotanti

Livello prog.	Tipo documentazione	N. elaborato	Data	Scala
PD	Definitiva	A.7	LUGLIO 2024	

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	LUGLIO 2024	PRIMA EMISSIONE	GIACCHI	MAGNOTTA	MAGNOTTA

COMMITTENTE:

MAXIMA RW1

MAXIMA RW1 S.R.L.

Via Marco Partipilo n.48
70124 Bari, Italia
Partita IVA: 08959540728

PROGETTAZIONE:



MAXIMA INGEGNERIA S.R.L.

via Marco Partipilo n.48 - 70124 BARI
pec: gpsd@pec.it
P.IVA: 06948690729

CONSULENTI:

Dott. Archeologo Antonio Mesisca

e-mail: mesisca.antonio@virgilio.it

Ing. Sabrina Scaramuzzi

e-mail: ing.scaramuzzi@gmail.com

Dott. Geol. Rocco Porsia

e-mail: r.porsia@laboratorioterre.it

Dott. Agronomo Marina D'Este

e-mail: m.deste20@gmail.com

ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI**INDICE**

1. PREMESSA.....	2
2. CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA CON IL MODELLO TEORICO.....	2
2.1 Ipotesi del Modello	3
2.2 Equazioni del moto	3
2.3 Condizioni di Calcolo	5
2.4 Calcolo del Baricentro	7
2.5 Calcolo della Velocità Periferica.....	7
2.6 Calcolo di H_g	8
2.7 Calcolo della gittata della pala	8
6. CONCLUSIONI	11
7. ALLEGATI.....	12

1. PREMESSA

La presente relazione viene redatta con lo scopo di analizzare i valori stimati di gittata dell'impianto eolico da realizzarsi in località "Iesce" nel territorio comunale di Matera, in provincia di Matera. Nel presente studio si fa riferimento all'installazione di 7 aerogeneratori del tipo VESTAS V162, della potenza nominale pari a 6,8 MW, per una potenza nominale complessiva pari a 47,6 MW.

I modelli teorici che meglio possono caratterizzare il moto nello spazio dei frammenti di pala o dell'intera pala possono essere ricondotti ai casi seguenti:

I. Primo caso: traiettoria a giavelotto con minore resistenza aerodinamica

Calcolo della gittata massima del generico frammento di ala, in assenza di moto rotazionale intorno ad un asse qualsiasi, con traiettoria del frammento complanare al rotore.

II. Secondo caso: traiettoria a giavelotto con maggiore resistenza aerodinamica

Calcolo della gittata massima del generico frammento di ala, sempre in assenza di moto rotazionale, intorno ad un asse qualsiasi, con traiettoria complanare al rotore e frammento ortogonale rispetto al piano del rotore.

III. Terzo caso: calcolo della gittata massima in presenza di moti di rotazione intorno a ciascuno dei tre assi principali del frammento stesso.

In caso di rottura, infatti, per il principio di conservazione del momento angolare, il generico spezzone di pala tende a ruotare intorno all'asse ortogonale al proprio piano. A causa delle diverse pressioni cinetiche esercitate dal vento, lo spezzone di pala tende altresì a ruotare intorno a ciascuno dei due assi principali appartenenti al proprio piano.

Nel terzo caso preso in considerazione, le condizioni considerate consentono un calcolo più accurato e più vicino al reale comportamento di una pala del rotore che si stacca per cause accidentali. Sperimentalmente, si è osservato che la gittata risultante è circa il 20% inferiore rispetto al primo caso. Tuttavia, risolvere questo terzo caso è più complesso e richiede informazioni dettagliate sulle caratteristiche degli aerogeneratori, informazioni non sempre disponibili dai produttori a causa del brevetto.

Di conseguenza, è stata presa la decisione di utilizzare il primo caso, che è più semplice da risolvere e fornisce un risultato maggiorato di circa il 20%.

La velocità del rotore è variabile in relazione all'intensità del vento, ad ogni modo il calcolo sarà effettuato con riferimento alla velocità di 9,33 giri/min.

2. CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA CON IL MODELLO TEORICO

La rottura accidentale delle parti di un aerogeneratore durante l'esercizio è tra i fattori di rischio da considerare in fase di progettazione e comunque prima di procedere all'installazione. Le pale eoliche, essendo parti in movimento, se soggette a rotture accidentali, potrebbero distaccarsi per effetto dei carichi inerziali dovuti al moto rotativo ed essere proiettate a notevole distanza dalla loro posizione iniziale di esercizio. La procedura

seguita per il calcolo della gittata massima, in caso di rottura accidentale di un elemento rotante di un aerogeneratore, prende in considerazione le condizioni al contorno più gravose, in maniera tale da aumentare il grado di sicurezza massimo.

Il futuro impianto sarà costituito da 7 aerogeneratori del tipo Vestas V162-6.8 En Ventus – 6,80 MW. Le caratteristiche dimensionali degli aerogeneratori di progetto sono di seguito sintetizzate:

Tipo Torre	VESTAS V162
Diametro rotore (m)	162
H mozzo (m)	119
H totale (m)	200
Potenza (MW)	6,8
n giri/min (rpm)	12,1

2.1 Ipotesi del Modello

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).
- Il calcolo della gittata è stato determinato per diversi valori dell'angolo α .

2.2 Equazioni del moto

Ai fini del calcolo vengono impiegate, in via preliminare, le formule classiche della cinematica di corpo rigido, e non si tiene in considerazione l'interazione pala-aria, né la resistenza opposta dall'attrito dell'aria. Nello specifico, ci si è ricondotti allo studio del moto di un proiettile con l'obiettivo di fornire un modello generale per studiare i fenomeni dei corpi che vengono lanciati (o urtano ad esempio) con un angolo di alzo obliquo, con una velocità costante e che compiono un moto parabolico. Chiaramente la resistenza dell'aria non è assolutamente trascurabile e, come detto in precedenza, i risultati ottenuti saranno molto cautelativi.

Infatti, più il corpo è grande, più la resistenza dell'aria (o di un altro fluido) influisce sulle variabili del moto (gittata, altezza massima, tempo di caduta). Una caratteristica importante della resistenza aerodinamica dei fluidi è che essa dipende dalla velocità: più veloci sono gli oggetti più grande è la resistenza dei fluidi nei quali si muovono: tale premessa è utile per ritenere trascurabili le forze ed il momento di resistenza dovute al mezzo in cui si svolge il moto (aria).

Nel caso notevole di un proiettile non puntiforme, le equazioni che governano il moto sono rispettivamente la prima e la seconda equazione della dinamica:

$$M * g = M * a_g$$

$$I * \frac{d\omega}{dt} = 0$$

Supponendo di concentrare tutto nel centro di massa, il momento della forza peso è nullo (avendo scelto G come polo dei momenti). Pertanto la seconda equazione ci dice che il corpo durante la traiettoria che percorre, gira indisturbato intorno al suo asse principale di inerzia. La soluzione del problema viene dalla risoluzione della prima equazione; ed evidenzia che la pala si muoverà con il moto di un proiettile puntiforme e, di conseguenza, ne compirà il caratteristico andamento parabolico.

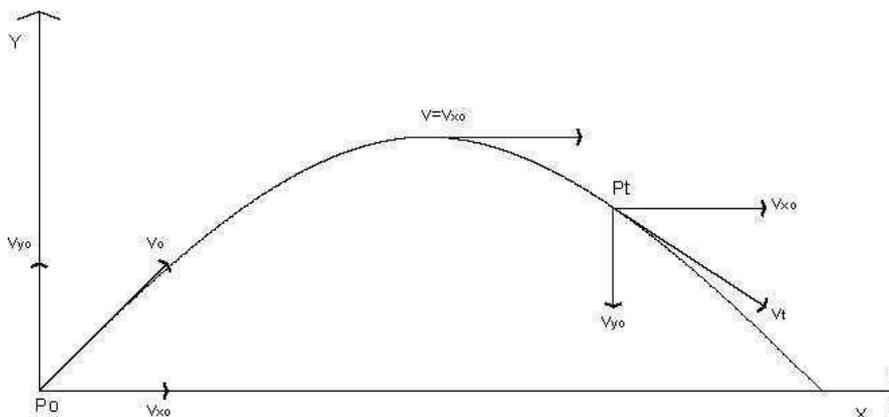
Il moto di un proiettile si può pensare come la composizione di due moti: uno rettilineo uniforme in direzione orizzontale, e uno uniformemente accelerato (con accelerazione modulo g) in direzione verticale. Ne segue che la traiettoria seguita da un corpo, se è denso e poco esteso, o altrimenti dal suo centro di massa, ha un andamento parabolico. La gittata è la distanza tra il punto in cui viene lanciato un proiettile (con velocità iniziale inclinata verso l'alto rispetto all'orizzontale) e il punto in cui esso ritorna al suolo. Per studiare la gittata di un proiettile che si muove con moto parabolico (cioè sotto l'azione della sola forza peso e trascurando l'attrito con l'aria) utilizzeremo un sistema di riferimento cartesiano XY in cui l'origine O degli assi del sistema coincide con il punto da cui il proiettile è stato lanciato.

Sceglieremo un sistema di riferimento con l'origine degli assi O centrata nel punto di partenza del corpo (x_0, y_0), con l'asse delle Y positivo verso l'alto, e l'asse positivo delle X nello stesso verso del moto orizzontale del proiettile; le componenti dell'accelerazione saranno:

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$

Rappresenteremo la legge di caduta di un grave, ovvero di un punto materiale, lanciato nello spazio con velocità iniziale v_0 e con una inclinazione rispetto all'orizzontale di α come in figura 1:



Traiettoria di un grave in caduta

Ricordando che:

$$a_x = 0 \qquad a_y = g \text{ (Dove } g = -9,81 \text{ m/sec}^2\text{)}$$

E considerando che:

Direzione x: il MOTO è RETTILINEO UNIFORME

Direzione y: il MOTO è UNIFORMEMENTE ACCELERATO

La velocità v_0 ha componenti nelle due direzioni:

$$v_x = v_0 * \cos\alpha$$

$$v_y = v_0 * \sin\alpha$$

Da cui:

$$v_x = v_{x0}$$

$$x = x_0 + v_{x0} * t$$

e

$$v_y = gt + v_{y0}$$

$$y = \frac{1}{2}gt^2 + v_{y0}t + y_0$$

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:

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

2.3 Condizioni di Calcolo

Avendo indicato con G il baricentro del sistema avremo:

r_g = distanza baricentro-centro mozzo

v_0 = massima velocità periferica in corrispondenza del baricentro

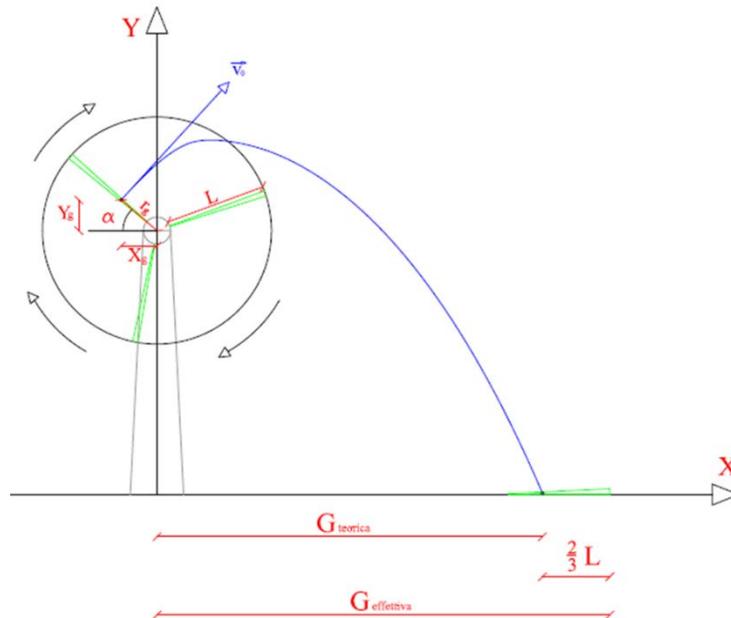
H_g = altezza del baricentro della pala dal terreno

L_g = distanza baricentro-estremità della pala

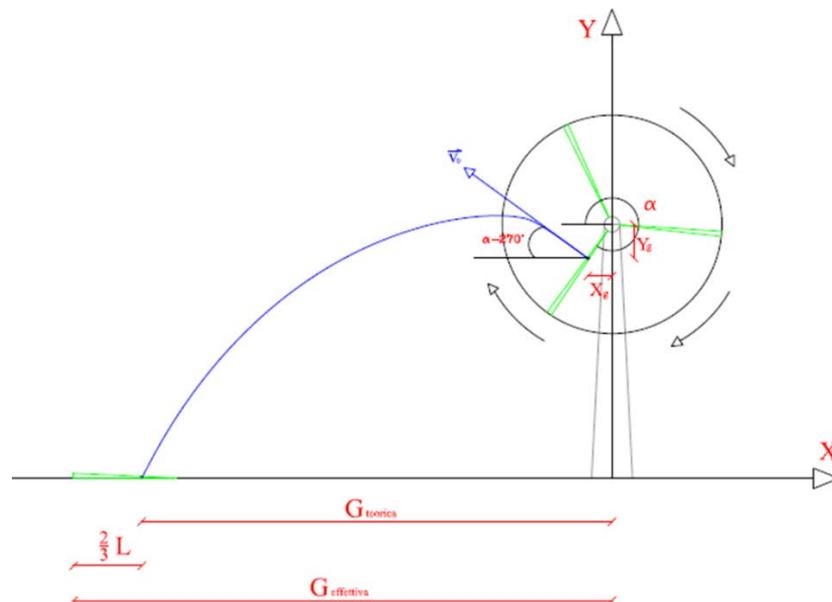
X_g = posizione del baricentro della pala rispetto all'asse della torre

Il calcolo della gittata è effettuato in funzione dell'angolo di inclinazione della pala rispetto all'orizzontale, in senso orario e ponendo l'angolo di 0° tra il terzo e il quarto quadrante.

Di seguito sono riportati gli schemi utilizzati per il calcolo della gittata.



Schema aerogeneratore con indicazione dei parametri per calcolo gittata per un angolo compreso tra 0° e 90°



Schema aerogeneratore con indicazione dei parametri per calcolo gittata per un angolo compreso tra 270° e 360°

Dalla legge del moto otteniamo:

$$G = x(T)$$

Sostituendo l'espressione per T ricavata nel paragrafo 2.2, otteniamo la gittata G in termini di V_0 e di α :

$$G = \frac{v_{x0}(v_{y0} + \sqrt{v_{y0}^2 + 2 * g * H_g})}{g} - X_g$$

2.4 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:

- $r_g = 28,10 \text{ m}$

2.5 Calcolo della Velocità Periferica

La velocità angolare media ω è l'angolo descritto dal corpo in movimento nell'unità di tempo. 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 al minuto del corpo in movimento. Volendo esprimere la velocità angolare in radianti al secondo avremo:

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

Il dato di partenza è:

- $n = 12,1 \text{ giri/min}$

Da esso è possibile ricavare la velocità angolare, che è pari a:

- $\omega = 1,27 \text{ rad/s}$

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:

- $V_0 = 35,61 \text{ m/s}$

2.6 Calcolo di H_g

La proiezione del baricentro sull'asse verticale, che si ritiene con buona approssimazione posizionato ad un terzo rispetto alla lunghezza della pala, ossia $r_g = 28,10$ m, essendo la lunghezza di ciascuna pala uguale a 81 m, viene calcolata sommando l'altezza dell'intera torre al valore della proiezione di r_g sulla verticale ossia:

$$H_g = H + (r_g * \sin \alpha)$$

Dove H è l'altezza della torre e il calcolo della proiezione del baricentro sull'asse verticale, viene valutato per i diversi valori dell'angolo α .

2.7 Calcolo della gittata della pala

Il calcolo della gittata è stato eseguito considerando diversi valori dell'angolo α . Noto il valore di gittata massima, 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 l'ipotesi più pericolosa, ossia quella in cui la pala cadendo si disponga con la parte più lontana dal baricentro verso l'esterno, si ottiene il punto più lontano di caduta pari al valore massimo di gittata addizionato ai 2/3 della lunghezza della pala (L_g).

Nella successiva tabella vengono riportati i valori di gittata per un angolo compreso tra 0° e 90°:

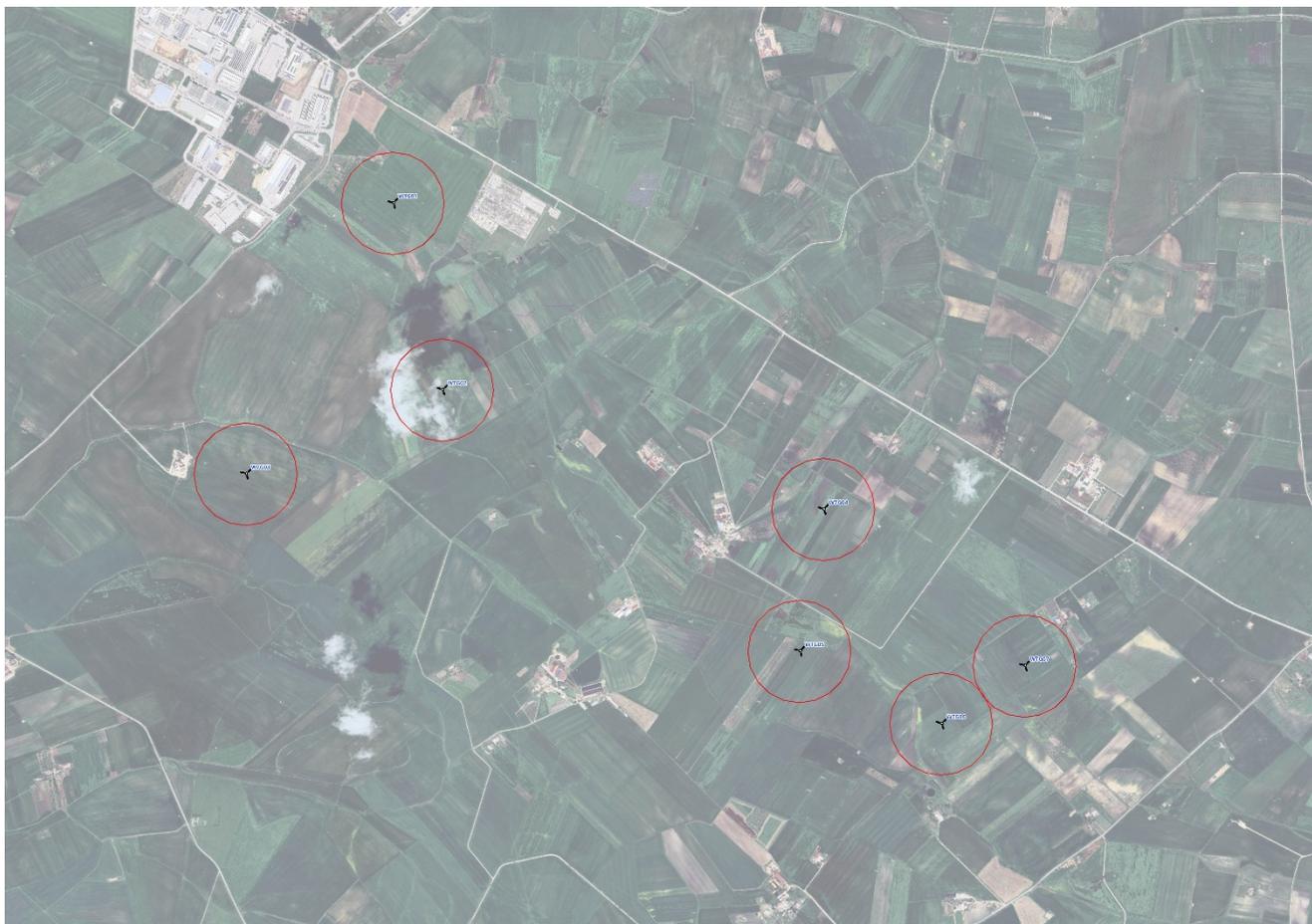
Angolo α	n	L	H _{torre}	v ₀	v _{x0}	v _{y0}	H _g	D	r _g	g	Gittata teorica	X _g	L _g	Gittata Effettiva
0	12.1	81	119	34.2	0.0	34.2	119.0	162	27	9.81	-27.0	27.0	54	27.00
1	12.1	81	119	34.2	0.6	34.2	119.5	162	27	9.81	-21.3	27.0	54	32.69
2	12.1	81	119	34.2	1.2	34.2	119.9	162	27	9.81	-15.6	27.0	54	38.40
3	12.1	81	119	34.2	1.8	34.2	120.4	162	27	9.81	-9.9	27.0	54	44.12
4	12.1	81	119	34.2	2.4	34.1	120.9	162	27	9.81	-4.2	26.9	54	49.84
5	12.1	81	119	34.2	3.0	34.1	121.4	162	27	9.81	1.6	26.9	54	55.55
6	12.1	81	119	34.2	3.6	34.0	121.8	162	27	9.81	7.3	26.9	54	61.26
7	12.1	81	119	34.2	4.2	34.0	122.3	162	27	9.81	13.0	26.8	54	66.97
8	12.1	81	119	34.2	4.8	33.9	122.8	162	27	9.81	18.7	26.7	54	72.65
9	12.1	81	119	34.2	5.4	33.8	123.2	162	27	9.81	24.3	26.7	54	78.32
10	12.1	81	119	34.2	5.9	33.7	123.7	162	27	9.81	30.0	26.6	54	83.96
11	12.1	81	119	34.2	6.5	33.6	124.2	162	27	9.81	35.6	26.5	54	89.57
12	12.1	81	119	34.2	7.1	33.5	124.6	162	27	9.81	41.1	26.4	54	95.15
13	12.1	81	119	34.2	7.7	33.3	125.1	162	27	9.81	46.7	26.3	54	100.69
14	12.1	81	119	34.2	8.3	33.2	125.5	162	27	9.81	52.2	26.2	54	106.18

15	12.1	81	119	34.2	8.9	33.0	126.0	162	27	9.81	57.6	26.1	54	111.63
16	12.1	81	119	34.2	9.4	32.9	126.4	162	27	9.81	63.0	26.0	54	117.03
17	12.1	81	119	34.2	10.0	32.7	126.9	162	27	9.81	68.4	25.8	54	122.38
18	12.1	81	119	34.2	10.6	32.5	127.3	162	27	9.81	73.7	25.7	54	127.66
19	12.1	81	119	34.2	11.1	32.3	127.8	162	27	9.81	78.9	25.5	54	132.88
20	12.1	81	119	34.2	11.7	32.1	128.2	162	27	9.81	84.0	25.4	54	138.04
21	12.1	81	119	34.2	12.3	31.9	128.7	162	27	9.81	89.1	25.2	54	143.12
22	12.1	81	119	34.2	12.8	31.7	129.1	162	27	9.81	94.1	25.0	54	148.13
23	12.1	81	119	34.2	13.4	31.5	129.5	162	27	9.81	99.1	24.9	54	153.06
24	12.1	81	119	34.2	13.9	31.3	130.0	162	27	9.81	103.9	24.7	54	157.91
25	12.1	81	119	34.2	14.5	31.0	130.4	162	27	9.81	108.7	24.5	54	162.67
26	12.1	81	119	34.2	15.0	30.7	130.8	162	27	9.81	113.3	24.3	54	167.35
27	12.1	81	119	34.2	15.5	30.5	131.3	162	27	9.81	117.9	24.1	54	171.93
28	12.1	81	119	34.2	16.1	30.2	131.7	162	27	9.81	122.4	23.8	54	176.42
29	12.1	81	119	34.2	16.6	29.9	132.1	162	27	9.81	126.8	23.6	54	180.82
30	12.1	81	119	34.2	17.1	29.6	132.5	162	27	9.81	131.1	23.4	54	185.11
31	12.1	81	119	34.2	17.6	29.3	132.9	162	27	9.81	135.3	23.1	54	189.30
32	12.1	81	119	34.2	18.1	29.0	133.3	162	27	9.81	139.4	22.9	54	193.39
33	12.1	81	119	34.2	18.6	28.7	133.7	162	27	9.81	143.4	22.6	54	197.36
34	12.1	81	119	34.2	19.1	28.4	134.1	162	27	9.81	147.2	22.4	54	201.23
35	12.1	81	119	34.2	19.6	28.0	134.5	162	27	9.81	151.0	22.1	54	204.99
36	12.1	81	119	34.2	20.1	27.7	134.9	162	27	9.81	154.6	21.8	54	208.64
37	12.1	81	119	34.2	20.6	27.3	135.2	162	27	9.81	158.2	21.6	54	212.16
38	12.1	81	119	34.2	21.1	27.0	135.6	162	27	9.81	161.6	21.3	54	215.58
39	12.1	81	119	34.2	21.5	26.6	136.0	162	27	9.81	164.9	21.0	54	218.87
40	12.1	81	119	34.2	22.0	26.2	136.4	162	27	9.81	168.0	20.7	54	222.05
41	12.1	81	119	34.2	22.4	25.8	136.7	162	27	9.81	171.1	20.4	54	225.11
42	12.1	81	119	34.2	22.9	25.4	137.1	162	27	9.81	174.0	20.1	54	228.04
43	12.1	81	119	34.2	23.3	25.0	137.4	162	27	9.81	176.9	19.7	54	230.85
44	12.1	81	119	34.2	23.8	24.6	137.8	162	27	9.81	179.5	19.4	54	233.54
45	12.1	81	119	34.2	24.2	24.2	138.1	162	27	9.81	182.1	19.1	54	236.11
46	12.1	81	119	34.2	24.6	23.8	138.4	162	27	9.81	184.6	18.8	54	238.55
47	12.1	81	119	34.2	25.0	23.3	138.7	162	27	9.81	186.9	18.4	54	240.87
48	12.1	81	119	34.2	25.4	22.9	139.1	162	27	9.81	189.1	18.1	54	243.07
49	12.1	81	119	34.2	25.8	22.4	139.4	162	27	9.81	191.1	17.7	54	245.14
50	12.1	81	119	34.2	26.2	22.0	139.7	162	27	9.81	193.1	17.4	54	247.09
51	12.1	81	119	34.2	26.6	21.5	140.0	162	27	9.81	194.9	17.0	54	248.92
52	12.1	81	119	34.2	27.0	21.1	140.3	162	27	9.81	196.6	16.6	54	250.62
53	12.1	81	119	34.2	27.3	20.6	140.6	162	27	9.81	198.2	16.2	54	252.20
54	12.1	81	119	34.2	27.7	20.1	140.8	162	27	9.81	199.7	15.9	54	253.66

55	12.1	81	119	34.2	28.0	19.6	141.1	162	27	9.81	201.0	15.5	54	255.00
56	12.1	81	119	34.2	28.4	19.1	141.4	162	27	9.81	202.2	15.1	54	256.23
57	12.1	81	119	34.2	28.7	18.6	141.6	162	27	9.81	203.3	14.7	54	257.33
58	12.1	81	119	34.2	29.0	18.1	141.9	162	27	9.81	204.3	14.3	54	258.32
59	12.1	81	119	34.2	29.3	17.6	142.1	162	27	9.81	205.2	13.9	54	259.19
60	12.1	81	119	34.2	29.6	17.1	142.4	162	27	9.81	205.9	13.5	54	259.95
61	12.1	81	119	34.2	29.9	16.6	142.6	162	27	9.81	206.6	13.1	54	260.59
62	12.1	81	119	34.2	30.2	16.1	142.8	162	27	9.81	207.1	12.7	54	261.13
63	12.1	81	119	34.2	30.5	15.5	143.1	162	27	9.81	207.6	12.3	54	261.56
64	12.1	81	119	34.2	30.7	15.0	143.3	162	27	9.81	207.9	11.8	54	261.88
65	12.1	81	119	34.2	31.0	14.5	143.5	162	27	9.81	208.1	11.4	54	262.10
66	12.1	81	119	34.2	31.3	13.9	143.7	162	27	9.81	208.2	11.0	54	262.21
67	12.1	81	119	34.2	31.5	13.4	143.9	162	27	9.81	208.2	10.5	54	262.23
68	12.1	81	119	34.2	31.7	12.8	144.0	162	27	9.81	208.1	10.1	54	262.14
69	12.1	81	119	34.2	31.9	12.3	144.2	162	27	9.81	208.0	9.7	54	261.96
70	12.1	81	119	34.2	32.1	11.7	144.4	162	27	9.81	207.7	9.2	54	261.69
71	12.1	81	119	34.2	32.3	11.1	144.5	162	27	9.81	207.3	8.8	54	261.33
72	12.1	81	119	34.2	32.5	10.6	144.7	162	27	9.81	206.9	8.3	54	260.88
73	12.1	81	119	34.2	32.7	10.0	144.8	162	27	9.81	206.3	7.9	54	260.34
74	12.1	81	119	34.2	32.9	9.4	145.0	162	27	9.81	205.7	7.4	54	259.72
75	12.1	81	119	34.2	33.0	8.9	145.1	162	27	9.81	205.0	7.0	54	259.02
76	12.1	81	119	34.2	33.2	8.3	145.2	162	27	9.81	204.2	6.5	54	258.24
77	12.1	81	119	34.2	33.3	7.7	145.3	162	27	9.81	203.4	6.1	54	257.39
78	12.1	81	119	34.2	33.5	7.1	145.4	162	27	9.81	202.5	5.6	54	256.46
79	12.1	81	119	34.2	33.6	6.5	145.5	162	27	9.81	201.5	5.2	54	255.47
80	12.1	81	119	34.2	33.7	5.9	145.6	162	27	9.81	200.4	4.7	54	254.40
81	12.1	81	119	34.2	33.8	5.4	145.7	162	27	9.81	199.3	4.2	54	253.28
82	12.1	81	119	34.2	33.9	4.8	145.7	162	27	9.81	198.1	3.8	54	252.09
83	12.1	81	119	34.2	34.0	4.2	145.8	162	27	9.81	196.8	3.3	54	250.84
84	12.1	81	119	34.2	34.0	3.6	145.9	162	27	9.81	195.5	2.8	54	249.53
85	12.1	81	119	34.2	34.1	3.0	145.9	162	27	9.81	194.2	2.4	54	248.17
86	12.1	81	119	34.2	34.1	2.4	145.9	162	27	9.81	192.8	1.9	54	246.76
87	12.1	81	119	34.2	34.2	1.8	146.0	162	27	9.81	191.3	1.4	54	245.30
88	12.1	81	119	34.2	34.2	1.2	146.0	162	27	9.81	189.8	0.9	54	243.79
89	12.1	81	119	34.2	34.2	0.6	146.0	162	27	9.81	188.2	0.5	54	242.24
90	12.1	81	119	34.2	34.2	0.0	146.0	162	27	9.81	186.7	0.0	54	240.65

Effettuando i calcoli in modo iterativo, al variare dell'angolo α , risulta che i valori massimi di gittata si ottengono in corrispondenza di α pari 66° per il quale si ottiene un valore di gittata pari a 262,23 m, che sarà approssimato

a 263 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. Per ulteriori approfondimenti, in allegato, si riporta la tabella di calcolo completa dei valori di gittata effettiva ottenuti in corrispondenza di valori diversi dell'angolo α .



Inquadramento con indicazione della gittata massima (in rosso) pari a 263 m

6. CONCLUSIONI

Dallo studio si evince, quindi, che, nell'ipotesi di distacco di una pala nel punto di serraggio del mozzo, punto di maggiore sollecitazione a causa del collegamento, la gittata massima ha un valore pari a circa 262,23 m. In maniera cautelativa la distanza della gittata considerata è pari a 263 m.

7. ALLEGATI

Numero di giri al minuto del rotore	n =	12.1
Lunghezza della pala in metri	L =	81
Altezza del mozzo in metri	H _{torre} =	119
Diametro del rotore	D =	162

Angolo α	n	L	H _{torre}	v ₀	v _{x0}	v _{y0}	H _g	D	r _g	g	Gittata teorica	X _g	L _g	Gittata Effettiva
0	12.1	81	119	34.2	0.0	34.2	119.0	162	27	9.81	-27.0	27.0	54	27.00
1	12.1	81	119	34.2	0.6	34.2	119.5	162	27	9.81	-21.3	27.0	54	32.69
2	12.1	81	119	34.2	1.2	34.2	119.9	162	27	9.81	-15.6	27.0	54	38.40
3	12.1	81	119	34.2	1.8	34.2	120.4	162	27	9.81	-9.9	27.0	54	44.12
4	12.1	81	119	34.2	2.4	34.1	120.9	162	27	9.81	-4.2	26.9	54	49.84
5	12.1	81	119	34.2	3.0	34.1	121.4	162	27	9.81	1.6	26.9	54	55.55
6	12.1	81	119	34.2	3.6	34.0	121.8	162	27	9.81	7.3	26.9	54	61.26
7	12.1	81	119	34.2	4.2	34.0	122.3	162	27	9.81	13.0	26.8	54	66.97
8	12.1	81	119	34.2	4.8	33.9	122.8	162	27	9.81	18.7	26.7	54	72.65
9	12.1	81	119	34.2	5.4	33.8	123.2	162	27	9.81	24.3	26.7	54	78.32
10	12.1	81	119	34.2	5.9	33.7	123.7	162	27	9.81	30.0	26.6	54	83.96
11	12.1	81	119	34.2	6.5	33.6	124.2	162	27	9.81	35.6	26.5	54	89.57
12	12.1	81	119	34.2	7.1	33.5	124.6	162	27	9.81	41.1	26.4	54	95.15
13	12.1	81	119	34.2	7.7	33.3	125.1	162	27	9.81	46.7	26.3	54	100.69
14	12.1	81	119	34.2	8.3	33.2	125.5	162	27	9.81	52.2	26.2	54	106.18
15	12.1	81	119	34.2	8.9	33.0	126.0	162	27	9.81	57.6	26.1	54	111.63
16	12.1	81	119	34.2	9.4	32.9	126.4	162	27	9.81	63.0	26.0	54	117.03
17	12.1	81	119	34.2	10.0	32.7	126.9	162	27	9.81	68.4	25.8	54	122.38
18	12.1	81	119	34.2	10.6	32.5	127.3	162	27	9.81	73.7	25.7	54	127.66
19	12.1	81	119	34.2	11.1	32.3	127.8	162	27	9.81	78.9	25.5	54	132.88
20	12.1	81	119	34.2	11.7	32.1	128.2	162	27	9.81	84.0	25.4	54	138.04
21	12.1	81	119	34.2	12.3	31.9	128.7	162	27	9.81	89.1	25.2	54	143.12
22	12.1	81	119	34.2	12.8	31.7	129.1	162	27	9.81	94.1	25.0	54	148.13
23	12.1	81	119	34.2	13.4	31.5	129.5	162	27	9.81	99.1	24.9	54	153.06
24	12.1	81	119	34.2	13.9	31.3	130.0	162	27	9.81	103.9	24.7	54	157.91
25	12.1	81	119	34.2	14.5	31.0	130.4	162	27	9.81	108.7	24.5	54	162.67

26	12.1	81	119	34.2	15.0	30.7	130.8	162	27	9.81	113.3	24.3	54	167.35
27	12.1	81	119	34.2	15.5	30.5	131.3	162	27	9.81	117.9	24.1	54	171.93
28	12.1	81	119	34.2	16.1	30.2	131.7	162	27	9.81	122.4	23.8	54	176.42
29	12.1	81	119	34.2	16.6	29.9	132.1	162	27	9.81	126.8	23.6	54	180.82
30	12.1	81	119	34.2	17.1	29.6	132.5	162	27	9.81	131.1	23.4	54	185.11
31	12.1	81	119	34.2	17.6	29.3	132.9	162	27	9.81	135.3	23.1	54	189.30
32	12.1	81	119	34.2	18.1	29.0	133.3	162	27	9.81	139.4	22.9	54	193.39
33	12.1	81	119	34.2	18.6	28.7	133.7	162	27	9.81	143.4	22.6	54	197.36
34	12.1	81	119	34.2	19.1	28.4	134.1	162	27	9.81	147.2	22.4	54	201.23
35	12.1	81	119	34.2	19.6	28.0	134.5	162	27	9.81	151.0	22.1	54	204.99
36	12.1	81	119	34.2	20.1	27.7	134.9	162	27	9.81	154.6	21.8	54	208.64
37	12.1	81	119	34.2	20.6	27.3	135.2	162	27	9.81	158.2	21.6	54	212.16
38	12.1	81	119	34.2	21.1	27.0	135.6	162	27	9.81	161.6	21.3	54	215.58
39	12.1	81	119	34.2	21.5	26.6	136.0	162	27	9.81	164.9	21.0	54	218.87
40	12.1	81	119	34.2	22.0	26.2	136.4	162	27	9.81	168.0	20.7	54	222.05
41	12.1	81	119	34.2	22.4	25.8	136.7	162	27	9.81	171.1	20.4	54	225.11
42	12.1	81	119	34.2	22.9	25.4	137.1	162	27	9.81	174.0	20.1	54	228.04
43	12.1	81	119	34.2	23.3	25.0	137.4	162	27	9.81	176.9	19.7	54	230.85
44	12.1	81	119	34.2	23.8	24.6	137.8	162	27	9.81	179.5	19.4	54	233.54
45	12.1	81	119	34.2	24.2	24.2	138.1	162	27	9.81	182.1	19.1	54	236.11
46	12.1	81	119	34.2	24.6	23.8	138.4	162	27	9.81	184.6	18.8	54	238.55
47	12.1	81	119	34.2	25.0	23.3	138.7	162	27	9.81	186.9	18.4	54	240.87
48	12.1	81	119	34.2	25.4	22.9	139.1	162	27	9.81	189.1	18.1	54	243.07
49	12.1	81	119	34.2	25.8	22.4	139.4	162	27	9.81	191.1	17.7	54	245.14
50	12.1	81	119	34.2	26.2	22.0	139.7	162	27	9.81	193.1	17.4	54	247.09
51	12.1	81	119	34.2	26.6	21.5	140.0	162	27	9.81	194.9	17.0	54	248.92
52	12.1	81	119	34.2	27.0	21.1	140.3	162	27	9.81	196.6	16.6	54	250.62
53	12.1	81	119	34.2	27.3	20.6	140.6	162	27	9.81	198.2	16.2	54	252.20
54	12.1	81	119	34.2	27.7	20.1	140.8	162	27	9.81	199.7	15.9	54	253.66
55	12.1	81	119	34.2	28.0	19.6	141.1	162	27	9.81	201.0	15.5	54	255.00
56	12.1	81	119	34.2	28.4	19.1	141.4	162	27	9.81	202.2	15.1	54	256.23
57	12.1	81	119	34.2	28.7	18.6	141.6	162	27	9.81	203.3	14.7	54	257.33
58	12.1	81	119	34.2	29.0	18.1	141.9	162	27	9.81	204.3	14.3	54	258.32
59	12.1	81	119	34.2	29.3	17.6	142.1	162	27	9.81	205.2	13.9	54	259.19
60	12.1	81	119	34.2	29.6	17.1	142.4	162	27	9.81	205.9	13.5	54	259.95
61	12.1	81	119	34.2	29.9	16.6	142.6	162	27	9.81	206.6	13.1	54	260.59
62	12.1	81	119	34.2	30.2	16.1	142.8	162	27	9.81	207.1	12.7	54	261.13
63	12.1	81	119	34.2	30.5	15.5	143.1	162	27	9.81	207.6	12.3	54	261.56
64	12.1	81	119	34.2	30.7	15.0	143.3	162	27	9.81	207.9	11.8	54	261.88
65	12.1	81	119	34.2	31.0	14.5	143.5	162	27	9.81	208.1	11.4	54	262.10

66	12.1	81	119	34.2	31.3	13.9	143.7	162	27	9.81	208.2	11.0	54	262.21
67	12.1	81	119	34.2	31.5	13.4	143.9	162	27	9.81	208.2	10.5	54	262.23
68	12.1	81	119	34.2	31.7	12.8	144.0	162	27	9.81	208.1	10.1	54	262.14
69	12.1	81	119	34.2	31.9	12.3	144.2	162	27	9.81	208.0	9.7	54	261.96
70	12.1	81	119	34.2	32.1	11.7	144.4	162	27	9.81	207.7	9.2	54	261.69
71	12.1	81	119	34.2	32.3	11.1	144.5	162	27	9.81	207.3	8.8	54	261.33
72	12.1	81	119	34.2	32.5	10.6	144.7	162	27	9.81	206.9	8.3	54	260.88
73	12.1	81	119	34.2	32.7	10.0	144.8	162	27	9.81	206.3	7.9	54	260.34
74	12.1	81	119	34.2	32.9	9.4	145.0	162	27	9.81	205.7	7.4	54	259.72
75	12.1	81	119	34.2	33.0	8.9	145.1	162	27	9.81	205.0	7.0	54	259.02
76	12.1	81	119	34.2	33.2	8.3	145.2	162	27	9.81	204.2	6.5	54	258.24
77	12.1	81	119	34.2	33.3	7.7	145.3	162	27	9.81	203.4	6.1	54	257.39
78	12.1	81	119	34.2	33.5	7.1	145.4	162	27	9.81	202.5	5.6	54	256.46
79	12.1	81	119	34.2	33.6	6.5	145.5	162	27	9.81	201.5	5.2	54	255.47
80	12.1	81	119	34.2	33.7	5.9	145.6	162	27	9.81	200.4	4.7	54	254.40
81	12.1	81	119	34.2	33.8	5.4	145.7	162	27	9.81	199.3	4.2	54	253.28
82	12.1	81	119	34.2	33.9	4.8	145.7	162	27	9.81	198.1	3.8	54	252.09
83	12.1	81	119	34.2	34.0	4.2	145.8	162	27	9.81	196.8	3.3	54	250.84
84	12.1	81	119	34.2	34.0	3.6	145.9	162	27	9.81	195.5	2.8	54	249.53
85	12.1	81	119	34.2	34.1	3.0	145.9	162	27	9.81	194.2	2.4	54	248.17
86	12.1	81	119	34.2	34.1	2.4	145.9	162	27	9.81	192.8	1.9	54	246.76
87	12.1	81	119	34.2	34.2	1.8	146.0	162	27	9.81	191.3	1.4	54	245.30
88	12.1	81	119	34.2	34.2	1.2	146.0	162	27	9.81	189.8	0.9	54	243.79
89	12.1	81	119	34.2	34.2	0.6	146.0	162	27	9.81	188.2	0.5	54	242.24
90	12.1	81	119	34.2	34.2	0.0	146.0	162	27	9.81	186.7	0.0	54	240.65

Per un angolo compreso tra 270° e 360° il valore della Gittata sarà negativo perché verso sinistra

Angolo α	n	L	H_{torre}	v_0	v_{x0}	v_{y0}	H_g	D	r_g	g	Gittata teorica	X_g	L_g	Gittata Effettiva
270	12.1	81.0	119.0	34.2	-34.2	0.0	92.0	162.0	27.0	9.81	-148.2	0.0	54.0	-202.17
271	12.1	81.0	119.0	34.2	-34.2	0.6	92.0	162.0	27.0	9.81	-150.7	0.5	54.0	-204.72
272	12.1	81.0	119.0	34.2	-34.2	1.2	92.0	162.0	27.0	9.81	-153.3	0.9	54.0	-207.25
273	12.1	81.0	119.0	34.2	-34.2	1.8	92.0	162.0	27.0	9.81	-155.8	1.4	54.0	-209.77
274	12.1	81.0	119.0	34.2	-34.1	2.4	92.1	162.0	27.0	9.81	-158.3	1.9	54.0	-212.28
275	12.1	81.0	119.0	34.2	-34.1	3.0	92.1	162.0	27.0	9.81	-160.8	2.4	54.0	-214.76
276	12.1	81.0	119.0	34.2	-34.0	3.6	92.1	162.0	27.0	9.81	-163.2	2.8	54.0	-217.22
277	12.1	81.0	119.0	34.2	-34.0	4.2	92.2	162.0	27.0	9.81	-165.7	3.3	54.0	-219.65
278	12.1	81.0	119.0	34.2	-33.9	4.8	92.3	162.0	27.0	9.81	-168.1	3.8	54.0	-222.05
279	12.1	81.0	119.0	34.2	-33.8	5.4	92.3	162.0	27.0	9.81	-170.4	4.2	54.0	-224.42

280	12.1	81.0	119.0	34.2	-33.7	5.9	92.4	162.0	27.0	9.81	-172.7	4.7	54.0	-226.75
281	12.1	81.0	119.0	34.2	-33.6	6.5	92.5	162.0	27.0	9.81	-175.0	5.2	54.0	-229.04
282	12.1	81.0	119.0	34.2	-33.5	7.1	92.6	162.0	27.0	9.81	-177.3	5.6	54.0	-231.28
283	12.1	81.0	119.0	34.2	-33.3	7.7	92.7	162.0	27.0	9.81	-179.5	6.1	54.0	-233.48
284	12.1	81.0	119.0	34.2	-33.2	8.3	92.8	162.0	27.0	9.81	-181.6	6.5	54.0	-235.62
285	12.1	81.0	119.0	34.2	-33.0	8.9	92.9	162.0	27.0	9.81	-183.7	7.0	54.0	-237.71
286	12.1	81.0	119.0	34.2	-32.9	9.4	93.0	162.0	27.0	9.81	-185.7	7.4	54.0	-239.74
287	12.1	81.0	119.0	34.2	-32.7	10.0	93.2	162.0	27.0	9.81	-187.7	7.9	54.0	-241.70
288	12.1	81.0	119.0	34.2	-32.5	10.6	93.3	162.0	27.0	9.81	-189.6	8.3	54.0	-243.60
289	12.1	81.0	119.0	34.2	-32.3	11.1	93.5	162.0	27.0	9.81	-191.4	8.8	54.0	-245.43
290	12.1	81.0	119.0	34.2	-32.1	11.7	93.6	162.0	27.0	9.81	-193.2	9.2	54.0	-247.18
291	12.1	81.0	119.0	34.2	-31.9	12.3	93.8	162.0	27.0	9.81	-194.9	9.7	54.0	-248.85
292	12.1	81.0	119.0	34.2	-31.7	12.8	94.0	162.0	27.0	9.81	-196.4	10.1	54.0	-250.45
293	12.1	81.0	119.0	34.2	-31.5	13.4	94.1	162.0	27.0	9.81	-198.0	10.5	54.0	-251.95
294	12.1	81.0	119.0	34.2	-31.3	13.9	94.3	162.0	27.0	9.81	-199.4	11.0	54.0	-253.37
295	12.1	81.0	119.0	34.2	-31.0	14.5	94.5	162.0	27.0	9.81	-200.7	11.4	54.0	-254.70
296	12.1	81.0	119.0	34.2	-30.7	15.0	94.7	162.0	27.0	9.81	-201.9	11.8	54.0	-255.92
297	12.1	81.0	119.0	34.2	-30.5	15.5	94.9	162.0	27.0	9.81	-203.1	12.3	54.0	-257.05
298	12.1	81.0	119.0	34.2	-30.2	16.1	95.2	162.0	27.0	9.81	-204.1	12.7	54.0	-258.08
299	12.1	81.0	119.0	34.2	-29.9	16.6	95.4	162.0	27.0	9.81	-205.0	13.1	54.0	-259.00
300	12.1	81.0	119.0	34.2	-29.6	17.1	95.6	162.0	27.0	9.81	-205.8	13.5	54.0	-259.81
301	12.1	81.0	119.0	34.2	-29.3	17.6	95.9	162.0	27.0	9.81	-206.5	13.9	54.0	-260.51
302	12.1	81.0	119.0	34.2	-29.0	18.1	96.1	162.0	27.0	9.81	-207.1	14.3	54.0	-261.09
303	12.1	81.0	119.0	34.2	-28.7	18.6	96.4	162.0	27.0	9.81	-207.6	14.7	54.0	-261.56
304	12.1	81.0	119.0	34.2	-28.4	19.1	96.6	162.0	27.0	9.81	-207.9	15.1	54.0	-261.91
305	12.1	81.0	119.0	34.2	-28.0	19.6	96.9	162.0	27.0	9.81	-208.1	15.5	54.0	-262.13
306	12.1	81.0	119.0	34.2	-27.7	20.1	97.2	162.0	27.0	9.81	-208.2	15.9	54.0	-262.23
307	12.1	81.0	119.0	34.2	-27.3	20.6	97.4	162.0	27.0	9.81	-208.2	16.2	54.0	-262.20
308	12.1	81.0	119.0	34.2	-27.0	21.1	97.7	162.0	27.0	9.81	-208.0	16.6	54.0	-262.04
309	12.1	81.0	119.0	34.2	-26.6	21.5	98.0	162.0	27.0	9.81	-207.7	17.0	54.0	-261.75
310	12.1	81.0	119.0	34.2	-26.2	22.0	98.3	162.0	27.0	9.81	-207.3	17.4	54.0	-261.33
311	12.1	81.0	119.0	34.2	-25.8	22.4	98.6	162.0	27.0	9.81	-206.8	17.7	54.0	-260.77
312	12.1	81.0	119.0	34.2	-25.4	22.9	98.9	162.0	27.0	9.81	-206.1	18.1	54.0	-260.07
313	12.1	81.0	119.0	34.2	-25.0	23.3	99.3	162.0	27.0	9.81	-205.2	18.4	54.0	-259.24
314	12.1	81.0	119.0	34.2	-24.6	23.8	99.6	162.0	27.0	9.81	-204.3	18.8	54.0	-258.27
315	12.1	81.0	119.0	34.2	-24.2	24.2	99.9	162.0	27.0	9.81	-203.2	19.1	54.0	-257.16
316	12.1	81.0	119.0	34.2	-23.8	24.6	100.2	162.0	27.0	9.81	-201.9	19.4	54.0	-255.91
317	12.1	81.0	119.0	34.2	-23.3	25.0	100.6	162.0	27.0	9.81	-200.5	19.7	54.0	-254.52
318	12.1	81.0	119.0	34.2	-22.9	25.4	100.9	162.0	27.0	9.81	-199.0	20.1	54.0	-252.99
319	12.1	81.0	119.0	34.2	-22.4	25.8	101.3	162.0	27.0	9.81	-197.3	20.4	54.0	-251.32
320	12.1	81.0	119.0	34.2	-22.0	26.2	101.6	162.0	27.0	9.81	-195.5	20.7	54.0	-249.51

321	12.1	81.0	119.0	34.2	-21.5	26.6	102.0	162.0	27.0	9.81	-193.6	21.0	54.0	-247.55
322	12.1	81.0	119.0	34.2	-21.1	27.0	102.4	162.0	27.0	9.81	-191.5	21.3	54.0	-245.46
323	12.1	81.0	119.0	34.2	-20.6	27.3	102.8	162.0	27.0	9.81	-189.2	21.6	54.0	-243.22
324	12.1	81.0	119.0	34.2	-20.1	27.7	103.1	162.0	27.0	9.81	-186.8	21.8	54.0	-240.85
325	12.1	81.0	119.0	34.2	-19.6	28.0	103.5	162.0	27.0	9.81	-184.3	22.1	54.0	-238.33
326	12.1	81.0	119.0	34.2	-19.1	28.4	103.9	162.0	27.0	9.81	-181.7	22.4	54.0	-235.68
327	12.1	81.0	119.0	34.2	-18.6	28.7	104.3	162.0	27.0	9.81	-178.9	22.6	54.0	-232.89
328	12.1	81.0	119.0	34.2	-18.1	29.0	104.7	162.0	27.0	9.81	-176.0	22.9	54.0	-229.97
329	12.1	81.0	119.0	34.2	-17.6	29.3	105.1	162.0	27.0	9.81	-172.9	23.1	54.0	-226.91
330	12.1	81.0	119.0	34.2	-17.1	29.6	105.5	162.0	27.0	9.81	-169.7	23.4	54.0	-223.72
331	12.1	81.0	119.0	34.2	-16.6	29.9	105.9	162.0	27.0	9.81	-166.4	23.6	54.0	-220.40
332	12.1	81.0	119.0	34.2	-16.1	30.2	106.3	162.0	27.0	9.81	-163.0	23.8	54.0	-216.95
333	12.1	81.0	119.0	34.2	-15.5	30.5	106.7	162.0	27.0	9.81	-159.4	24.1	54.0	-213.38
334	12.1	81.0	119.0	34.2	-15.0	30.7	107.2	162.0	27.0	9.81	-155.7	24.3	54.0	-209.68
335	12.1	81.0	119.0	34.2	-14.5	31.0	107.6	162.0	27.0	9.81	-151.9	24.5	54.0	-205.86
336	12.1	81.0	119.0	34.2	-13.9	31.3	108.0	162.0	27.0	9.81	-147.9	24.7	54.0	-201.93
337	12.1	81.0	119.0	34.2	-13.4	31.5	108.5	162.0	27.0	9.81	-143.9	24.9	54.0	-197.88
338	12.1	81.0	119.0	34.2	-12.8	31.7	108.9	162.0	27.0	9.81	-139.7	25.0	54.0	-193.71
339	12.1	81.0	119.0	34.2	-12.3	31.9	109.3	162.0	27.0	9.81	-135.4	25.2	54.0	-189.44
340	12.1	81.0	119.0	34.2	-11.7	32.1	109.8	162.0	27.0	9.81	-131.1	25.4	54.0	-185.06
341	12.1	81.0	119.0	34.2	-11.1	32.3	110.2	162.0	27.0	9.81	-126.6	25.5	54.0	-180.57
342	12.1	81.0	119.0	34.2	-10.6	32.5	110.7	162.0	27.0	9.81	-122.0	25.7	54.0	-175.99
343	12.1	81.0	119.0	34.2	-10.0	32.7	111.1	162.0	27.0	9.81	-117.3	25.8	54.0	-171.31
344	12.1	81.0	119.0	34.2	-9.4	32.9	111.6	162.0	27.0	9.81	-112.5	26.0	54.0	-166.54
345	12.1	81.0	119.0	34.2	-8.9	33.0	112.0	162.0	27.0	9.81	-107.7	26.1	54.0	-161.68
346	12.1	81.0	119.0	34.2	-8.3	33.2	112.5	162.0	27.0	9.81	-102.7	26.2	54.0	-156.73
347	12.1	81.0	119.0	34.2	-7.7	33.3	112.9	162.0	27.0	9.81	-97.7	26.3	54.0	-151.71
348	12.1	81.0	119.0	34.2	-7.1	33.5	113.4	162.0	27.0	9.81	-92.6	26.4	54.0	-146.61
349	12.1	81.0	119.0	34.2	-6.5	33.6	113.8	162.0	27.0	9.81	-87.4	26.5	54.0	-141.43
350	12.1	81.0	119.0	34.2	-5.9	33.7	114.3	162.0	27.0	9.81	-82.2	26.6	54.0	-136.19
351	12.1	81.0	119.0	34.2	-5.4	33.8	114.8	162.0	27.0	9.81	-76.9	26.7	54.0	-130.88
352	12.1	81.0	119.0	34.2	-4.8	33.9	115.2	162.0	27.0	9.81	-71.5	26.7	54.0	-125.52
353	12.1	81.0	119.0	34.2	-4.2	34.0	115.7	162.0	27.0	9.81	-66.1	26.8	54.0	-120.10
354	12.1	81.0	119.0	34.2	-3.6	34.0	116.2	162.0	27.0	9.81	-60.6	26.9	54.0	-114.63
355	12.1	81.0	119.0	34.2	-3.0	34.1	116.6	162.0	27.0	9.81	-55.1	26.9	54.0	-109.11
356	12.1	81.0	119.0	34.2	-2.4	34.1	117.1	162.0	27.0	9.81	-49.6	26.9	54.0	-103.55
357	12.1	81.0	119.0	34.2	-1.8	34.2	117.6	162.0	27.0	9.81	-44.0	27.0	54.0	-97.96
358	12.1	81.0	119.0	34.2	-1.2	34.2	118.1	162.0	27.0	9.81	-38.3	27.0	54.0	-92.33
359	12.1	81.0	119.0	34.2	-0.6	34.2	118.5	162.0	27.0	9.81	-32.7	27.0	54.0	-86.68
360	12.1	81.0	119.0	34.2	0.0	34.2	119.0	162.0	27.0	9.81	-27.0	27.0	54.0	-81.00