

INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "Vallata"

**ADEGUAMENTO TECNICO IMPIANTO EOLICO MEDIANTE INTERVENTO DI REPOWERING
DELLE TORRI ESISTENTI E RIDUZIONE NUMERICA DEGLI AEROGENERATORI**



Progettazione
Coordinamento

GEKO S.p.A.

Via Reno, 5 - 00198 Roma (RM)
Tel. 06.88803910 | Fax 06.45654740
E-Mail: gekospa@pec.gekospa.it



Studio Acustico
e avifaunistico

Teasistemi

Via Ponte Piglieri, nr 8 - 56122 Pisa (PI)
Tel. 05.06396101
E-Mail: info@tea-group.com



Progettista:

Progetto Energia s.r.l.

Via Cardito, 202 - 83031 Ariano Irpino (AV)
Tel. 0825.831313
E-Mail: info@progettoenergia.biz



Rev.	Data	Descrizione revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	06.12.2023	EMISSIONE PER AUTORIZZAZIONE	A. FIORENTINO	D. LO RUSSO	M. LO RUSSO

Titolo Documento:

RELAZIONE DI CALCOLO DELLA GITTATA

Numero documento:

Commessa						Fase	Tipo doc.	Prog. doc.	Rev.
2	3	3	5	0	1	D	R	0 2 2 5	0 0

Opera

Progetto di Integrale Ricostruzione di un impianto eolico composto da 8 aerogeneratori da 6,0 MW per una potenza complessiva di 48,0MW nel Comune di Vallata (AV) e relative opere di connessione nei Comuni di Vallata e Bisaccia (AV) con smantellamento di n.24 aerogeneratori di potenza in esercizio pari a 48MW

Approvazione documento	Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
	00	Dicembre 2023	Emissione per progetto definitivo	Progetto Energia S.r.l.	Geko S.p.A.	Edison Rinnovabili S.p.A.

INDICE

1.	SCOPO	3
2.	CALCOLO DELLA GITTATA IMPIANTO IN PROGETTO	3
2.1.	CALCOLO GITTATA	3
3.	SISTEMI DI SICUREZZA DEI NUOVI AEROGENERATORI	4
3.1.	SISTEMI DI CONTROLLO E GESTIONE DEGLI AEROGENERATORI	4
3.2.	SISTEMI DI SICUREZZA IN CASO DI SBILANCIAMENTI DEL ROTORE, ECCESSIVO CARICO AERODINAMICO SULLA PALA O SCOSTAMENTI TRA VELOCITÀ DEL VENTO E POWER CURVE	4
3.3.	SISTEMI DI PROTEZIONE E RILEVAMENTO DEL GHIACCIO	4
3.4.	SISTEMA DI PROTEZIONE CONTRO LA FULMINAZIONE PER LA TORRE, PER L'HUB E PER LE PALE DI CLASSE I CON UN LIVELLO DI PROTEZIONE PARI AL 98%	5
4.	CONCLUSIONI	5

ALLEGATI:

1. Calcolo gittata massima

1. SCOPO

La presente relazione viene redatta con lo scopo di analizzare gli effetti della rottura degli organi rotanti, finalizzato all'ottenimento dei permessi necessari all'**ammodernamento complessivo (repowering) di un impianto eolico esistente, sito nel Comune di Vallata (AV)**, di proprietà della società Edison Rinnovabili S.p.A., connesso tramite stazione di utenza a 150kV alla stazione Elettrica 150/380kV di Bisaccia (AV), realizzato ed in esercizio con D.D. n.704 del 23/12/2009, successivamente integrato con D.D. n.319 del 24/05/2010 e D.D. n.455 del 04/10/2010, previo Decreto Assessorile n.539 del 18/12/2007 AGC5/Sett02/Serv04 di parere favorevole di compatibilità ambientale.

L'impianto eolico esistente è costituito da 24 aerogeneratori, di cui n.20 modello Vestas V90 da 2MW e n.4 modello Senvion MM82 da 2MW, per una potenza totale di impianto pari a 48 MW, ubicato nelle località *Serro dell'Orso, Piano Calcato e Terzo di Mezzo* nel Comune di Vallata (AV), con opere di connessione ricadenti nei comuni di Vallata e Bisaccia, dove il cavidotto in media tensione interrato raggiunge la Stazione Elettrica di Utenza 150kV, a sua volta connessa alla Rete Elettrica Nazionale, mediante collegamento alla sezione 150kV dell'adiacente stazione di trasformazione elettrica 150/380kV di Bisaccia. L'impianto eolico appena descritto è definito nel seguito "**Impianto eolico esistente**".

L'ammodernamento complessivo dell'impianto eolico esistente, oggetto della presente valutazione, consta invece nell'installazione di 8 aerogeneratori con diametro massimo di 155,0 m, altezza massima pari a 180 m e potenza unitaria massima di 6,0 MW, per una potenza totale massima pari a 48,00 MW, da realizzare nello stesso sito. È prevista la sostituzione dei cavidotti interrati MT, con piccole variazioni al tracciato, l'ammodernamento stallo all'interno della stazione elettrica d'utenza esistente, la dismissione del cavidotto AT (impianto d'utenza per la connessione) per la realizzazione di un nuovo impianto d'utenza per connessione (cavidotto AT, condivisione Sbarra AT), a sua volta collegato allo stallo esistente all'interno della stazione RTN di Bisaccia (AV). Il Progetto, nella configurazione innanzi descritta, viene definito nel seguito "**Progetto di ammodernamento**".

Lo studio della rottura degli organi rotanti viene redatto in conformità a quanto riportato nel Decreto Dirigenziale n. 44 del 12/02/2021 e in particolare il **Decreto Dirigenziale n.172 del 15/03/2022** della Regione Campania, nel seguito definiti "Decreti Gittata".

Per le valutazioni contenute nella presente relazione è stato considerato un modello di aerogeneratore con le caratteristiche geometriche massime riportate nella tabella seguente.

Diametro rotore [m]	Massima velocità di rotazione [rpm]	Altezza al mozzo [m]	Altezza totale [m]
150	12,60	105	180

In fase esecutiva verrà individuato un modello di macchina tra quelli commercialmente disponibili, con caratteristiche geometriche conformi ai valori considerati.

2. CALCOLO DELLA GITTATA IMPIANTO IN PROGETTO

2.1. CALCOLO GITTATA

Le caratteristiche dimensionali degli aerogeneratori di progetto sono di seguito riportate:

Diametro rotore [m]	Massima velocità di rotazione [rpm]	Altezza al mozzo [m]	Altezza totale [m]
150	12,60	105	180

Si riporta di seguito il valore massimo ottenuto e si rinvia all'allegato 1 per la trattazione completa:

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
66	12,60	73,65	105,00	34,17	31,22	13,90	128,66	150	25,90	9,81	199,60	10,53	49,10	248,70

3. SISTEMI DI SICUREZZA DEI NUOVI AEROGENERATORI

In aggiunta a quanto innanzi, con l'intento di esplicitare il miglioramento del delta di sicurezza ottenibile con il progetto di ammodernamento si riporta una descrizione dei sistemi di sicurezza afferenti ai nuovi aerogeneratori:

- i sistemi di controllo e gestione degli aerogeneratori;
- i sistemi di sicurezza in caso di sbilanciamenti del rotore, eccessivo carico aerodinamico sulla pala o scostamenti tra velocità del vento e power curve;
- sistemi di protezione e rilevamento del ghiaccio;
- sistema di protezione contro la fulminazione per la torre, per l'hub e per le pale di Classe I con un livello di protezione pari al 98%.

3.1. SISTEMI DI CONTROLLO E GESTIONE DEGLI AEROGENERATORI

Tutto il funzionamento dell'aerogeneratore è controllato da un sistema a microprocessori che attua un'architettura multiprocessore in tempo reale. Tale sistema è collegato a un gran numero di sensori mediante cavi a fibre ottiche. In tal modo si garantisce la più alta rapidità di trasferimento del segnale e la maggior sicurezza contro le correnti vaganti o i colpi di fulmine. Il computer installato nell'impianto definisce i valori di velocità del rotore e del passo delle pale e funge quindi anche da sistema di supervisione dell'unità di controllo distribuite dell'impianto elettrico e del meccanismo di controllo del passo alloggiato nel mozzo.

La tensione di rete, la fase, la frequenza, la velocità del rotore e del generatore, varie temperature, livelli di vibrazione, la pressione dell'olio, l'usura delle pastiglie dei freni, l'avvolgimento dei cavi, nonché le condizioni meteorologiche vengono monitorate continuamente. Le funzioni più critiche e sensibili ai guasti vengono monitorate con ridondanza. In caso di emergenza si può far scattare un rapido arresto mediante un circuito cablato in emergenza, persino in assenza del computer e dell'alimentazione esterna. Tutti i dati possono essere monitorati a distanza in modo da consentirne il telecontrollo e la tele gestione di ogni singolo aerogeneratore.

3.2. SISTEMI DI SICUREZZA IN CASO DI SBILANCIAMENTI DEL ROTORE, ECCESSIVO CARICO AERODINAMICO SULLA PALA O SCOSTAMENTI TRA VELOCITÀ DEL VENTO E POWER CURVE

Gli aerogeneratori sono dotati di un sistema di sicurezza in grado di mandare in pausa la macchina a seguito di sbilanciamenti del rotore, eccessivo carico aerodinamico sulla pala o scostamenti sensibili tra velocità del vento e power curve.

Il danneggiamento di una pala precede qualunque ipotesi di proiezione di un frammento della stessa farebbe funzionare il rotore in condizioni non bilanciate, e porterebbe necessariamente il sistema di sicurezza a rilevare almeno una delle tipologie di errori codificate come di seguito:

- "Tower Acceleration": dovuto a un forte sbilanciamento del rotore;
- "Power Curve Error": dovuto a un forte scostamento rispetto alla Power Curve attesa (che potrebbe essere generato da una variazione del profilo pala);
- "Tilt yaw Control": dovuto ad un eccessivo carico sulla pala misurato da un sensore.

Ciascuna di queste anomalie mette la macchina in pausa, e ferma quindi il rotore in attesa di un intervento tecnico. Non è pertanto possibile che il rotore giri alla sua massima velocità se una delle pale è danneggiata, e quindi che scagli un frammento di pala alla massima velocità ipotizzabile.

3.3. SISTEMI DI PROTEZIONE E RILEVAMENTO DEL GHIACCIO

IL sistema di protezione e rilevamento del ghiaccio integra due tecnologie:

- vibrazioni a bassa frequenza per rimuovere il ghiaccio formatosi sulle superfici piane;
- onde ultrasoniche guidate per rimuovere il ghiaccio accumulato dai bordi anteriori.

3.4. SISTEMA DI PROTEZIONE CONTRO LA FULMINAZIONE PER LA TORRE, PER L'HUB E PER LE PALE DI CLASSE I CON UN LIVELLO DI PROTEZIONE PARI AL 98%.

Si richiama inoltre il fatto che la macchina è dotata di un sistema di protezione contro le fulminazioni per la torre, per l'hub e per le pale. Si evince che ciascuna pala è dotata:

- di un recettore in punta per i fulmini (solid metal tip);
- di un array di ricettori metallici (lightning receptors);
- di una rete metallica (expanded metal foil).

che sono collegati ad un cavo di scarico dell'alta tensione (down conductor).

Pertanto, in caso di fulminazione di una delle pale del rotore, la corrente di fulminazione sarebbe scaricata a terra e non comporterebbe alcun danneggiamento della pala. Valgono, ovviamente, in caso di ipotetico danneggiamento da parte di un fulmine, le considerazioni fatte al paragrafo 3.1.

Per l'hub e per le pale di classe i è assicurato un livello di protezione pari al 98%.

4. CONCLUSIONI

In accordo al Decreto Dirigenziale n. 172 del 15/03/2022, tenuto conto dei sistemi di sicurezza implementati sui moderni aerogeneratori descritti nei paragrafi precedenti, è possibile asserire che in termini di sicurezza rispetto alla pubblica e privata incolumità il progetto di ammodernamento, rispetto all'impianto eolico esistente, conferisce un sostanziale miglioramento, il cui conseguimento risulta possibile solo mediante la realizzazione dell'intervento di repowering proposto.

Si evidenzia che la mancata realizzazione degli interventi proposti si tradurrebbe in un minore – ingiustificato - sfruttamento del potenziale energetico (produzione attuale green di circa il 40% inferiore alla futura del progetto di ammodernamento) ed alla rinuncia di un riassetto e di una riduzione di strutture sul territorio che non si concilia con le politiche del momento.



CALCOLO GITTATA MASSIMA

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°

Formula della Gittata Massima per angolo compreso tra 0° e 90°

$$G = \frac{v_{x0}(v_{v0} + \sqrt{v_{v0}^2 + 2 \cdot g \cdot HG})}{g} - X_g$$

dove : α = Angolo della pala rispetto all'orizzontale corrisponde all'angolo tra 91° e 180° dell'angolo velocità

$$H_G = H_{\text{torre}} + Y_g$$

$$Y_g = r_g \sin \alpha$$

r_g = posizione del baricentro pari ad 1/3 della lunghezza della pala più raggio mozzo

$$r_g = \frac{D}{2} - L + \frac{L}{3}$$

$X_g = r_g \cos \alpha$ posizione del baricentro della pala rispetto all'asse della torre

$$v_{x0} = v_0 \cos (90 - \alpha) = v_0 \sin \alpha$$

$$v_{y0} = v_0 \sin (90 - \alpha) = v_0 \cos \alpha$$

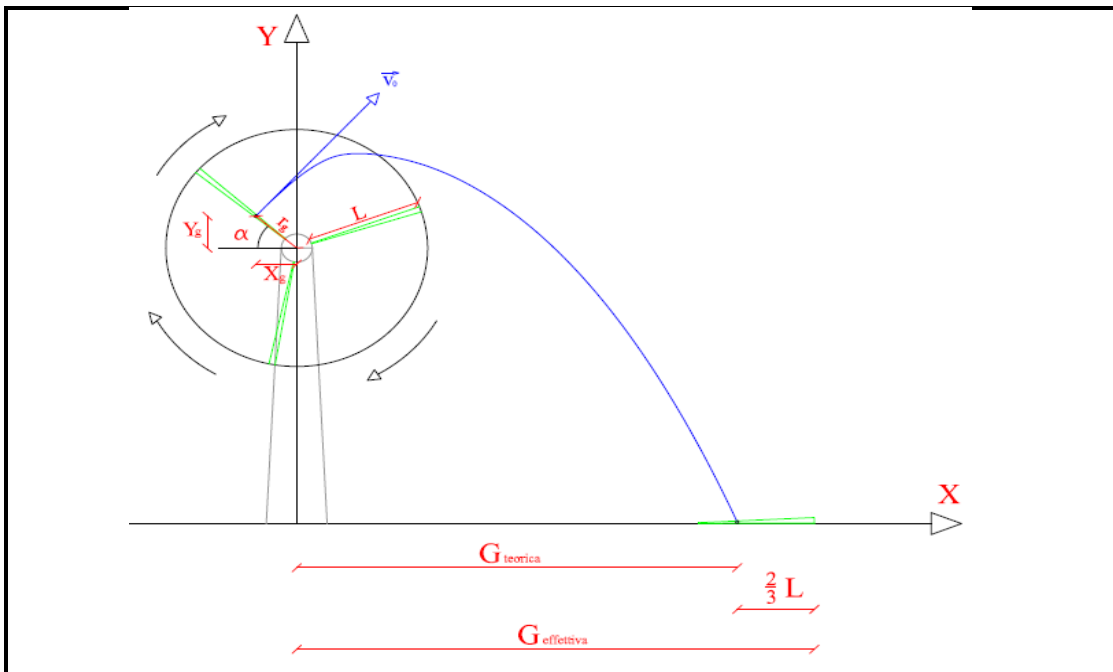
$$v_0 = \omega r_g = (2\pi n r_g)/60$$

n = numero di giri al minuto del rotore

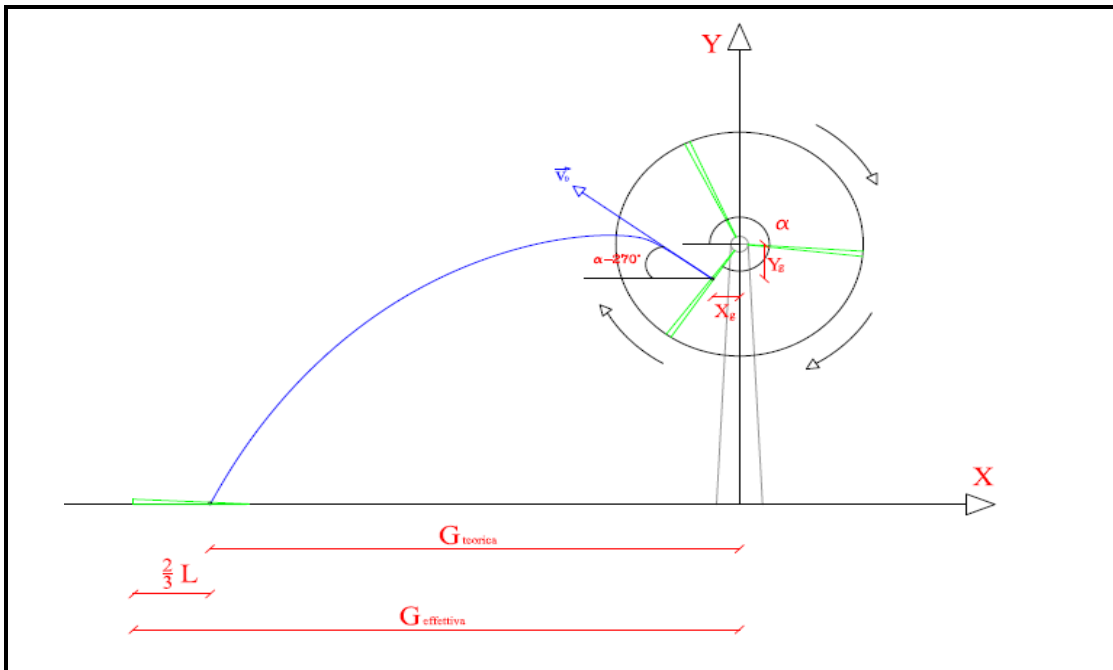
Gittata Effettiva

$$G_{\text{eff}} = G + L_g$$

Schema della Gittata per angolo compreso tra 0° e 90°



Schema della Gittata per angolo compreso tra 270° e 360°



Formula della Gittata Massima per angolo compreso tra 270° e 260°

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

Siccome abbiamo posto l'angolo 0° tra il 3° e 4° quadrante invertiamo il segno di v_{x0} e X_g

$$H_G = H_{torre} - Y_g$$

$$Y_g = r_g \sin(360 - \alpha) = -r_g \sin \alpha$$

r_g = posizione del baricentro pari ad 1/3 della lunghezza della pala più raggio mozzo

$$r_g = \frac{D}{2} - L + \frac{L}{3}$$

$$X_g = r_g \cos(360 - \alpha) = r_g \cos \alpha = -rg \cos \alpha$$

posizione del baricentro della pala rispetto all'asse della torre

$$v_{x0} = v_0 \cos(\alpha - 270) = -v_0 \sin \alpha = v_0 \sin \alpha$$

$$v_{y0} = v_0 \sin(\alpha - 270) = v_0 \cos \alpha$$

$$v_0 = \omega r_g = (2\pi n r_g)/60$$

n = numero di giri al minuto del rotore

v_{x0} negativo perché verso sinistra

Gittata Effettiva

$$G_{eff} = G - L_g$$

G negativo perché verso sinistra

Numero di giri al minuto del rotore	n =	12.6
Lunghezza della pala in metri	L =	73.65
Altezza del mozzo in metri	H _{torre} =	105

Diametro del rotore	D=	150
---------------------	----	-----

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	12.60	73.65	105.00	34.17	0.00	34.17	105.00	150	25.90	9.81	-25.90	25.90	49.10	23.20
1	12.60	73.65	105.00	34.17	0.60	34.17	105.45	150	25.90	9.81	-20.36	25.90	49.10	28.74
2	12.60	73.65	105.00	34.17	1.19	34.15	105.90	150	25.90	9.81	-14.81	25.88	49.10	34.29
3	12.60	73.65	105.00	34.17	1.79	34.13	106.36	150	25.90	9.81	-9.25	25.86	49.10	39.85
4	12.60	73.65	105.00	34.17	2.38	34.09	106.81	150	25.90	9.81	-3.68	25.84	49.10	45.42
5	12.60	73.65	105.00	34.17	2.98	34.04	107.26	150	25.90	9.81	1.88	25.80	49.10	50.98
6	12.60	73.65	105.00	34.17	3.57	33.99	107.71	150	25.90	9.81	7.44	25.76	49.10	56.54
7	12.60	73.65	105.00	34.17	4.16	33.92	108.16	150	25.90	9.81	12.98	25.71	49.10	62.08
8	12.60	73.65	105.00	34.17	4.76	33.84	108.60	150	25.90	9.81	18.51	25.65	49.10	67.61
9	12.60	73.65	105.00	34.17	5.35	33.75	109.05	150	25.90	9.81	24.02	25.58	49.10	73.12
10	12.60	73.65	105.00	34.17	5.93	33.66	109.50	150	25.90	9.81	29.50	25.51	49.10	78.60
11	12.60	73.65	105.00	34.17	6.52	33.55	109.94	150	25.90	9.81	34.96	25.42	49.10	84.06
12	12.60	73.65	105.00	34.17	7.11	33.43	110.38	150	25.90	9.81	40.38	25.33	49.10	89.48
13	12.60	73.65	105.00	34.17	7.69	33.30	110.83	150	25.90	9.81	45.76	25.24	49.10	94.86
14	12.60	73.65	105.00	34.17	8.27	33.16	111.27	150	25.90	9.81	51.10	25.13	49.10	100.20
15	12.60	73.65	105.00	34.17	8.84	33.01	111.70	150	25.90	9.81	56.39	25.02	49.10	105.49
16	12.60	73.65	105.00	34.17	9.42	32.85	112.14	150	25.90	9.81	61.63	24.90	49.10	110.73
17	12.60	73.65	105.00	34.17	9.99	32.68	112.57	150	25.90	9.81	66.82	24.77	49.10	115.92
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
18	12.60	73.65	105.00	34.17	10.56	32.50	113.00	150	25.90	9.81	71.95	24.63	49.10	121.05
19	12.60	73.65	105.00	34.17	11.13	32.31	113.43	150	25.90	9.81	77.01	24.49	49.10	126.11
20	12.60	73.65	105.00	34.17	11.69	32.11	113.86	150	25.90	9.81	82.01	24.34	49.10	131.11
21	12.60	73.65	105.00	34.17	12.25	31.90	114.28	150	25.90	9.81	86.93	24.18	49.10	136.03
22	12.60	73.65	105.00	34.17	12.80	31.69	114.70	150	25.90	9.81	91.78	24.01	49.10	140.88
23	12.60	73.65	105.00	34.17	13.35	31.46	115.12	150	25.90	9.81	96.55	23.84	49.10	145.65
24	12.60	73.65	105.00	34.17	13.90	31.22	115.53	150	25.90	9.81	101.25	23.66	49.10	150.35
25	12.60	73.65	105.00	34.17	14.44	30.97	115.95	150	25.90	9.81	105.85	23.47	49.10	154.95
26	12.60	73.65	105.00	34.17	14.98	30.72	116.35	150	25.90	9.81	110.37	23.28	49.10	159.47
27	12.60	73.65	105.00	34.17	15.51	30.45	116.76	150	25.90	9.81	114.80	23.08	49.10	163.90
28	12.60	73.65	105.00	34.17	16.04	30.17	117.16	150	25.90	9.81	119.13	22.87	49.10	168.23
29	12.60	73.65	105.00	34.17	16.57	29.89	117.56	150	25.90	9.81	123.36	22.65	49.10	172.46
30	12.60	73.65	105.00	34.17	17.09	29.60	117.95	150	25.90	9.81	127.50	22.43	49.10	176.60
31	12.60	73.65	105.00	34.17	17.60	29.29	118.34	150	25.90	9.81	131.53	22.20	49.10	180.63
32	12.60	73.65	105.00	34.17	18.11	28.98	118.72	150	25.90	9.81	135.46	21.96	49.10	184.56
33	12.60	73.65	105.00	34.17	18.61	28.66	119.11	150	25.90	9.81	139.28	21.72	49.10	188.38
34	12.60	73.65	105.00	34.17	19.11	28.33	119.48	150	25.90	9.81	143.00	21.47	49.10	192.10
35	12.60	73.65	105.00	34.17	19.60	27.99	119.86	150	25.90	9.81	146.60	21.22	49.10	195.70
36	12.60	73.65	105.00	34.17	20.09	27.65	120.22	150	25.90	9.81	150.09	20.95	49.10	199.19
37	12.60	73.65	105.00	34.17	20.57	27.29	120.59	150	25.90	9.81	153.47	20.68	49.10	202.57
38	12.60	73.65	105.00	34.17	21.04	26.93	120.95	150	25.90	9.81	156.73	20.41	49.10	205.83
39	12.60	73.65	105.00	34.17	21.51	26.56	121.30	150	25.90	9.81	159.87	20.13	49.10	208.97
40	12.60	73.65	105.00	34.17	21.97	26.18	121.65	150	25.90	9.81	162.89	19.84	49.10	211.99
41	12.60	73.65	105.00	34.17	22.42	25.79	121.99	150	25.90	9.81	165.80	19.55	49.10	214.90
42	12.60	73.65	105.00	34.17	22.87	25.40	122.33	150	25.90	9.81	168.58	19.25	49.10	217.68
43	12.60	73.65	105.00	34.17	23.31	24.99	122.66	150	25.90	9.81	171.24	18.94	49.10	220.34
44	12.60	73.65	105.00	34.17	23.74	24.58	122.99	150	25.90	9.81	173.79	18.63	49.10	222.89
45	12.60	73.65	105.00	34.17	24.16	24.16	123.31	150	25.90	9.81	176.21	18.31	49.10	225.31
46	12.60	73.65	105.00	34.17	24.58	23.74	123.63	150	25.90	9.81	178.50	17.99	49.10	227.60

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
47	12.60	73.65	105.00	34.17	24.99	23.31	123.94	150	25.90	9.81	180.68	17.66	49.10	229.78
48	12.60	73.65	105.00	34.17	25.40	22.87	124.25	150	25.90	9.81	182.73	17.33	49.10	231.83
49	12.60	73.65	105.00	34.17	25.79	22.42	124.55	150	25.90	9.81	184.66	16.99	49.10	233.76
50	12.60	73.65	105.00	34.17	26.18	21.97	124.84	150	25.90	9.81	186.47	16.65	49.10	235.57
51	12.60	73.65	105.00	34.17	26.56	21.51	125.13	150	25.90	9.81	188.16	16.30	49.10	237.26
52	12.60	73.65	105.00	34.17	26.93	21.04	125.41	150	25.90	9.81	189.72	15.95	49.10	238.82
53	12.60	73.65	105.00	34.17	27.29	20.57	125.68	150	25.90	9.81	191.17	15.59	49.10	240.27
54	12.60	73.65	105.00	34.17	27.65	20.09	125.95	150	25.90	9.81	192.49	15.22	49.10	241.59
55	12.60	73.65	105.00	34.17	27.99	19.60	126.22	150	25.90	9.81	193.70	14.86	49.10	242.80
56	12.60	73.65	105.00	34.17	28.33	19.11	126.47	150	25.90	9.81	194.79	14.48	49.10	243.89
57	12.60	73.65	105.00	34.17	28.66	18.61	126.72	150	25.90	9.81	195.77	14.11	49.10	244.87
58	12.60	73.65	105.00	34.17	28.98	18.11	126.96	150	25.90	9.81	196.63	13.72	49.10	245.73
59	12.60	73.65	105.00	34.17	29.29	17.60	127.20	150	25.90	9.81	197.38	13.34	49.10	246.48
60	12.60	73.65	105.00	34.17	29.60	17.09	127.43	150	25.90	9.81	198.02	12.95	49.10	247.12
61	12.60	73.65	105.00	34.17	29.89	16.57	127.65	150	25.90	9.81	198.54	12.56	49.10	247.64
62	12.60	73.65	105.00	34.17	30.17	16.04	127.87	150	25.90	9.81	198.96	12.16	49.10	248.06
63	12.60	73.65	105.00	34.17	30.45	15.51	128.08	150	25.90	9.81	199.28	11.76	49.10	248.38
64	12.60	73.65	105.00	34.17	30.72	14.98	128.28	150	25.90	9.81	199.49	11.35	49.10	248.59
65	12.60	73.65	105.00	34.17	30.97	14.44	128.47	150	25.90	9.81	199.59	10.95	49.10	248.69
66	12.60	73.65	105.00	34.17	31.22	13.90	128.66	150	25.90	9.81	199.60	10.53	49.10	248.70
67	12.60	73.65	105.00	34.17	31.46	13.35	128.84	150	25.90	9.81	199.51	10.12	49.10	248.61
68	12.60	73.65	105.00	34.17	31.69	12.80	129.01	150	25.90	9.81	199.33	9.70	49.10	248.43
69	12.60	73.65	105.00	34.17	31.90	12.25	129.18	150	25.90	9.81	199.05	9.28	49.10	248.15
70	12.60	73.65	105.00	34.17	32.11	11.69	129.34	150	25.90	9.81	198.69	8.86	49.10	247.79
71	12.60	73.65	105.00	34.17	32.31	11.13	129.49	150	25.90	9.81	198.23	8.43	49.10	247.33
72	12.60	73.65	105.00	34.17	32.50	10.56	129.63	150	25.90	9.81	197.70	8.00	49.10	246.80
73	12.60	73.65	105.00	34.17	32.68	9.99	129.77	150	25.90	9.81	197.07	7.57	49.10	246.17
74	12.60	73.65	105.00	34.17	32.85	9.42	129.90	150	25.90	9.81	196.37	7.14	49.10	245.47
75	12.60	73.65	105.00	34.17	33.01	8.84	130.02	150	25.90	9.81	195.60	6.70	49.10	244.70
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
76	12.60	73.65	105.00	34.17	33.16	8.27	130.13	150	25.90	9.81	194.74	6.27	49.10	243.84
77	12.60	73.65	105.00	34.17	33.30	7.69	130.24	150	25.90	9.81	193.82	5.83	49.10	242.92
78	12.60	73.65	105.00	34.17	33.43	7.11	130.33	150	25.90	9.81	192.83	5.38	49.10	241.93
79	12.60	73.65	105.00	34.17	33.55	6.52	130.42	150	25.90	9.81	191.77	4.94	49.10	240.87
80	12.60	73.65	105.00	34.17	33.66	5.93	130.51	150	25.90	9.81	190.65	4.50	49.10	239.75
81	12.60	73.65	105.00	34.17	33.75	5.35	130.58	150	25.90	9.81	189.47	4.05	49.10	238.57
82	12.60	73.65	105.00	34.17	33.84	4.76	130.65	150	25.90	9.81	188.23	3.60	49.10	237.33
83	12.60	73.65	105.00	34.17	33.92	4.16	130.71	150	25.90	9.81	186.93	3.16	49.10	236.03
84	12.60	73.65	105.00	34.17	33.99	3.57	130.76	150	25.90	9.81	185.58	2.71	49.10	234.68
85	12.60	73.65	105.00	34.17	34.04	2.98	130.80	150	25.90	9.81	184.19	2.26	49.10	233.29
86	12.60	73.65	105.00	34.17	34.09	2.38	130.84	150	25.90	9.81	182.74	1.81	49.10	231.84
87	12.60	73.65	105.00	34.17	34.13	1.79	130.86	150	25.90	9.81	181.25	1.36	49.10	230.35
88	12.60	73.65	105.00	34.17	34.15	1.19	130.88	150	25.90	9.81	179.72	0.90	49.10	228.82
89	12.60	73.65	105.00	34.17	34.17	0.60	130.90	150	25.90	9.81	178.15	0.45	49.10	227.25
90	12.60	73.65	105.00	34.17	34.17	0.00	130.90	150	25.90	9.81	176.54	0.00	49.10	225.64

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	12.60	73.65	105.00	34.17	-34.17	0.00	79.10	150	25.90	9.81	-137.24	0.00	49.10	-186.34
271	12.60	73.65	105.00	34.17	-34.17	0.60	79.10	150	25.90	9.81	-139.76	0.45	49.10	-188.86
272	12.60	73.65	105.00	34.17	-34.15	1.19	79.12	150	25.90	9.81	-142.28	0.90	49.10	-191.38
273	12.60	73.65	105.00	34.17	-34.13	1.79	79.14	150	25.90	9.81	-144.80	1.36	49.10	-193.90
274	12.60	73.65	105.00	34.17	-34.09	2.38	79.16	150	25.90	9.81	-147.30	1.81	49.10	-196.40
275	12.60	73.65	105.00	34.17	-34.04	2.98	79.20	150	25.90	9.81	-149.78	2.26	49.10	-198.88
276	12.60	73.65	105.00	34.17	-33.99	3.57	79.24	150	25.90	9.81	-152.25	2.71	49.10	-201.35
277	12.60	73.65	105.00	34.17	-33.92	4.16	79.29	150	25.90	9.81	-154.69	3.16	49.10	-203.79
278	12.60	73.65	105.00	34.17	-33.84	4.76	79.35	150	25.90	9.81	-157.11	3.60	49.10	-206.21
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
279	12.60	73.65	105.00	34.17	-33.75	5.35	79.42	150	25.90	9.81	-159.50	4.05	49.10	-208.60
280	12.60	73.65	105.00	34.17	-33.66	5.93	79.49	150	25.90	9.81	-161.86	4.50	49.10	-210.96
281	12.60	73.65	105.00	34.17	-33.55	6.52	79.58	150	25.90	9.81	-164.19	4.94	49.10	-213.29
282	12.60	73.65	105.00	34.17	-33.43	7.11	79.67	150	25.90	9.81	-166.47	5.38	49.10	-215.57
283	12.60	73.65	105.00	34.17	-33.30	7.69	79.76	150	25.90	9.81	-168.71	5.83	49.10	-217.81
284	12.60	73.65	105.00	34.17	-33.16	8.27	79.87	150	25.90	9.81	-170.90	6.27	49.10	-220.00
285	12.60	73.65	105.00	34.17	-33.01	8.84	79.98	150	25.90	9.81	-173.05	6.70	49.10	-222.15
286	12.60	73.65	105.00	34.17	-32.85	9.42	80.10	150	25.90	9.81	-175.13	7.14	49.10	-224.23
287	12.60	73.65	105.00	34.17	-32.68	9.99	80.23	150	25.90	9.81	-177.16	7.57	49.10	-226.26
288	12.60	73.65	105.00	34.17	-32.50	10.56	80.37	150	25.90	9.81	-179.13	8.00	49.10	-228.23
289	12.60	73.65	105.00	34.17	-32.31	11.13	80.51	150	25.90	9.81	-181.02	8.43	49.10	-230.12
290	12.60	73.65	105.00	34.17	-32.11	11.69	80.66	150	25.90	9.81	-182.85	8.86	49.10	-231.95

291	12.60	73.65	105.00	34.17	-31.90	12.25	80.82	150	25.90	9.81	-184.60	9.28	49.10	-233.70
292	12.60	73.65	105.00	34.17	-31.69	12.80	80.99	150	25.90	9.81	-186.28	9.70	49.10	-235.38
293	12.60	73.65	105.00	34.17	-31.46	13.35	81.16	150	25.90	9.81	-187.87	10.12	49.10	-236.97
294	12.60	73.65	105.00	34.17	-31.22	13.90	81.34	150	25.90	9.81	-189.38	10.53	49.10	-238.48
295	12.60	73.65	105.00	34.17	-30.97	14.44	81.53	150	25.90	9.81	-190.80	10.95	49.10	-239.90
296	12.60	73.65	105.00	34.17	-30.72	14.98	81.72	150	25.90	9.81	-192.12	11.35	49.10	-241.22
297	12.60	73.65	105.00	34.17	-30.45	15.51	81.92	150	25.90	9.81	-193.35	11.76	49.10	-242.45
298	12.60	73.65	105.00	34.17	-30.17	16.04	82.13	150	25.90	9.81	-194.48	12.16	49.10	-243.58
299	12.60	73.65	105.00	34.17	-29.89	16.57	82.35	150	25.90	9.81	-195.50	12.56	49.10	-244.60
300	12.60	73.65	105.00	34.17	-29.60	17.09	82.57	150	25.90	9.81	-196.42	12.95	49.10	-245.52
301	12.60	73.65	105.00	34.17	-29.29	17.60	82.80	150	25.90	9.81	-197.23	13.34	49.10	-246.33
302	12.60	73.65	105.00	34.17	-28.98	18.11	83.04	150	25.90	9.81	-197.92	13.72	49.10	-247.02
303	12.60	73.65	105.00	34.17	-28.66	18.61	83.28	150	25.90	9.81	-198.50	14.11	49.10	-247.60
304	12.60	73.65	105.00	34.17	-28.33	19.11	83.53	150	25.90	9.81	-198.96	14.48	49.10	-248.06
305	12.60	73.65	105.00	34.17	-27.99	19.60	83.78	150	25.90	9.81	-199.30	14.86	49.10	-248.40
306	12.60	73.65	105.00	34.17	-27.65	20.09	84.05	150	25.90	9.81	-199.52	15.22	49.10	-248.62
307	12.60	73.65	105.00	34.17	-27.29	20.57	84.32	150	25.90	9.81	-199.61	15.59	49.10	-248.71
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
308	12.60	73.65	105.00	34.17	-26.93	21.04	84.59	150	25.90	9.81	-199.57	15.95	49.10	-248.67
309	12.60	73.65	105.00	34.17	-26.56	21.51	84.87	150	25.90	9.81	-199.40	16.30	49.10	-248.50
310	12.60	73.65	105.00	34.17	-26.18	21.97	85.16	150	25.90	9.81	-199.10	16.65	49.10	-248.20
311	12.60	73.65	105.00	34.17	-25.79	22.42	85.45	150	25.90	9.81	-198.67	16.99	49.10	-247.77
312	12.60	73.65	105.00	34.17	-25.40	22.87	85.75	150	25.90	9.81	-198.10	17.33	49.10	-247.20
313	12.60	73.65	105.00	34.17	-24.99	23.31	86.06	150	25.90	9.81	-197.40	17.66	49.10	-246.50
314	12.60	73.65	105.00	34.17	-24.58	23.74	86.37	150	25.90	9.81	-196.56	17.99	49.10	-245.66
315	12.60	73.65	105.00	34.17	-24.16	24.16	86.69	150	25.90	9.81	-195.58	18.31	49.10	-244.68
316	12.60	73.65	105.00	34.17	-23.74	24.58	87.01	150	25.90	9.81	-194.46	18.63	49.10	-243.56
317	12.60	73.65	105.00	34.17	-23.31	24.99	87.34	150	25.90	9.81	-193.20	18.94	49.10	-242.30
318	12.60	73.65	105.00	34.17	-22.87	25.40	87.67	150	25.90	9.81	-191.81	19.25	49.10	-240.91
319	12.60	73.65	105.00	34.17	-22.42	25.79	88.01	150	25.90	9.81	-190.27	19.55	49.10	-239.37
320	12.60	73.65	105.00	34.17	-21.97	26.18	88.35	150	25.90	9.81	-188.59	19.84	49.10	-237.69
321	12.60	73.65	105.00	34.17	-21.51	26.56	88.70	150	25.90	9.81	-186.77	20.13	49.10	-235.87
322	12.60	73.65	105.00	34.17	-21.04	26.93	89.05	150	25.90	9.81	-184.81	20.41	49.10	-233.91
323	12.60	73.65	105.00	34.17	-20.57	27.29	89.41	150	25.90	9.81	-182.71	20.68	49.10	-231.81
324	12.60	73.65	105.00	34.17	-20.09	27.65	89.78	150	25.90	9.81	-180.47	20.95	49.10	-229.57
325	12.60	73.65	105.00	34.17	-19.60	27.99	90.14	150	25.90	9.81	-178.10	21.22	49.10	-227.20
326	12.60	73.65	105.00	34.17	-19.11	28.33	90.52	150	25.90	9.81	-175.58	21.47	49.10	-224.68
327	12.60	73.65	105.00	34.17	-18.61	28.66	90.89	150	25.90	9.81	-172.93	21.72	49.10	-222.03
328	12.60	73.65	105.00	34.17	-18.11	28.98	91.28	150	25.90	9.81	-170.15	21.96	49.10	-219.25
329	12.60	73.65	105.00	34.17	-17.60	29.29	91.66	150	25.90	9.81	-167.23	22.20	49.10	-216.33
330	12.60	73.65	105.00	34.17	-17.09	29.60	92.05	150	25.90	9.81	-164.18	22.43	49.10	-213.28
331	12.60	73.65	105.00	34.17	-16.57	29.89	92.44	150	25.90	9.81	-161.01	22.65	49.10	-210.11
332	12.60	73.65	105.00	34.17	-16.04	30.17	92.84	150	25.90	9.81	-157.70	22.87	49.10	-206.80
333	12.60	73.65	105.00	34.17	-15.51	30.45	93.24	150	25.90	9.81	-154.27	23.08	49.10	-203.37
334	12.60	73.65	105.00	34.17	-14.98	30.72	93.65	150	25.90	9.81	-150.71	23.28	49.10	-199.81
335	12.60	73.65	105.00	34.17	-14.44	30.97	94.05	150	25.90	9.81	-147.04	23.47	49.10	-196.14
336	12.60	73.65	105.00	34.17	-13.90	31.22	94.47	150	25.90	9.81	-143.25	23.66	49.10	-192.35
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
337	12.60	73.65	105.00	34.17	-13.35	31.46	94.88	150	25.90	9.81	-139.34	23.84	49.10	-188.44
338	12.60	73.65	105.00	34.17	-12.80	31.69	95.30	150	25.90	9.81	-135.32	24.01	49.10	-184.42
339	12.60	73.65	105.00	34.17	-12.25	31.90	95.72	150	25.90	9.81	-131.19	24.18	49.10	-180.29
340	12.60	73.65	105.00	34.17	-11.69	32.11	96.14	150	25.90	9.81	-126.96	24.34	49.10	-176.06
341	12.60	73.65	105.00	34.17	-11.13	32.31	96.57	150	25.90	9.81	-122.62	24.49	49.10	-171.72
342	12.60	73.65	105.00	34.17	-10.56	32.50	97.00	150	25.90	9.81	-118.18	24.63	49.10	-167.28
343	12.60	73.65	105.00	34.17	-9.99	32.68	97.43	150	25.90	9.81	-113.65	24.77	49.10	-162.75
344	12.60	73.65	105.00	34.17	-9.42	32.85	97.86	150	25.90	9.81	-109.03	24.90	49.10	-158.13
345	12.60	73.65	105.00	34.17	-8.84	33.01	98.30	150	25.90	9.81	-104.31	25.02	49.10	-153.41
346	12.60	73.65	105.00	34.17	-8.27	33.16	98.73	150	25.90	9.81	-99.52	25.13	49.10	-148.62
347	12.60	73.65	105.00	34.17	-7.69	33.30	99.17	150	25.90	9.81	-94.64	25.24	49.10	-143.74
348	12.60	73.65	105.00	34.17	-7.11	33.43	99.62	150	25.90	9.81	-89.69	25.33	49.10	-138.79
349	12.60	73.65	105.00	34.17	-6.52	33.55	100.06	150	25.90	9.81	-84.66	25.42	49.10	-133.76
350	12.60	73.65	105.00	34.17	-5.93	33.66	100.50	150	25.90	9.81	-79.57	25.51	49.10	-128.67
351	12.60	73.65	105.00	34.17	-5.35	33.75	100.95	150	25.90	9.81	-74.41	25.58	49.10	-123.51
352	12.60	73.65	105.00	34.17	-4.76	33.84	101.40	150	25.90	9.81	-69.20	25.65	49.10	-118.30
353	12.60	73.65	105.00	34.17	-4.16	33.92	101.84	150	25.90	9.81	-63.93	25.71	49.10	-113.03
354	12.60	73.65	105.00	34.17	-3.57	33.99	102.29	150	25.90	9.81	-58.61	25.76	49.10	-107.71
355	12.60	73.65	105.00	34.17	-2.98	34.04	102.74	150	25.90	9.81	-53.25	25.80	49.10	-102.35
356	12.60	73.65	105.00	34.17	-2.38	34.09	103.19	150	25.90	9.81	-47.84	25.84	49.10	-96.94
357	12.60	73.65	105.00	34.17	-1.79	34.13	103.64	150	25.90	9.81	-42.40	25.86	49.10	-91.50
358	12.60	73.65	105.00	34.17	-1.19	34.15	104.10	150	25.90	9.81	-36.92	25.88	49.10	-86.02
359	12.60	73.65	105.00	34.17	-0.60	34.17	104.55	150	25.90	9.81	-31.42	25.90	49.10	-80.52
360	12.60	73.65	105.00	34.17	0.00	34.17	105.00	150	25.90	9.81	-25.90	25.90	49.10	-75.00