



## Parco eolico Campomarino

### STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI

Comune di Campomarino (CB)

25/02/2022

REF.: OW320290311BW\_CMSIA16

Version: B



renewables

**RePlus S.r.l**

Amministratore Unico  
Francesco Di Maso

Progettista  
Ing. Nicola Galdiero  
Ing. Pasquale Esposito




Viale Michelangelo n.71  
80129 NAPOLI  
Tel.: 0815797998  
Mail: tecnico@insesrl.it



## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Aspetti procedurali.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Caratteristiche della variante .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3. Descrizione e Localizzazione dell'impianto .....</b>	<b>5</b>
<b>2. IPOTESI DI CALCOLO .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. Studio del moto del proiettile mediante le equazioni della cinematica .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2. Gittata massima .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3. Calcolo della velocità periferica.....</b>	<b>9</b>
<b>2.4. Calcolo della gittata massima.....</b>	<b>10</b>
<b>2.5. Calcolo della gittata di un frammento .....</b>	<b>11</b>
<b>2.6. Analisi dei ricettori .....</b>	<b>13</b>
<b>3. CONCLUSIONI .....</b>	<b>13</b>

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO CAMPOMARINO (CB) STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</p>	<p style="text-align: right;">Feb 2020</p>
--	--	--

## 1. PREMESSA

### 1.1. ASPETTI PROCEDIMENTALI

La società RePlus è proponente di un progetto per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, ubicato nel Comune di Campomarino (CB) nella porzione sud – orientale del basso Molise alle località “Madonna Grande” e “Cocciolete” e opere connesse da realizzarsi nel territorio del limitrofo Comune di Portocannone (CB).

Nel 2009, Replus S.r.l. presentò il progetto di un Parco eolico localizzato nel territorio dei comuni di Campomarino e di Portocannone (35 WTG da 2,5 MW per una potenza complessiva di 87,5 MW).

Il procedimento di VIA si concluse con la validazione del progetto in una conformazione a 19 WTG<sup>1</sup>.

La procedura per l’ottenimento dell’autorizzazione unica si è tuttavia conclusa con il rigetto dell’istanza di Replus<sup>2</sup> e il Tar Molise, con sentenza n. 281/2016, confermata dal Consiglio di Stato con sent. 4608/2018, ha annullato le determinate relative.

A seguito di tali pronunce, la Società ha deciso di riattivare l’iter autorizzativo.

Essendo trascorsi svariati anni dalla elaborazione del progetto oggetto dell’istanza del 2009, si è resa necessaria la sua attualizzazione, anche alla luce dei progressi tecnologici che hanno caratterizzato il settore dell’energia eolica e che consentiranno una ottimizzazione delle prestazioni dell’impianto.

In particolare, l’adeguamento progettuale prevede l’installazione di soli 5 aerogeneratori della potenza nominale di 6 MW ciascuno per una potenza complessiva di impianto pari a 30 MW (in luogo dei 19 aerogeneratori della potenza nominale di 2,5 MW, inizialmente previsti ed autorizzati in VIA).

Più specificamente, il progetto di variante, prevede:

- la sostituzione del modello di aerogeneratore inizialmente prescelto mediante l’utilizzo di nuovi modelli al momento disponibili sul mercato, estremamente più performanti in termini di sfruttamento della risorsa eolica;
- la riduzione del layout da 19 a 5 turbine con l’eliminazione di 14 aerogeneratori;
- lo spostamento degli aerogeneratori in posizioni meno critiche da un punto di vista paesaggistico-ambientale e di impatto acustico al fine di sfruttare l’area più vocata tra quelle previste nel progetto iniziale;
- la riduzione dei tratti di viabilità di nuova costruzione;
- l’ottimizzazione dei volumi di sterro e riporto.


Resta inalterata la soluzione di connessione alla RTN prevista nel Comune di Portocannone (CB), già benestariata da Terna.

La descritta variante progettuale è stata quindi trasmessa in Regione Molise, sia al Servizio di Programmazione Politiche Energetiche<sup>3</sup>, responsabile del procedimento ex art. 12 del d.lgs 387/2003, che

<sup>1</sup> parere favorevole di compatibilità ambientale del dipartimento di Ingegneria Meccanica e Ambientale dell’Università di Cassino e VIA favorevole ex D.G.R. 61/2014 del 21 febbraio 2014.

<sup>2</sup> determina Dirigenziale n. 5 del 29 gennaio 2015, rettificata con Determina Dirigenziale n. 9 del 3 febbraio 2015

<sup>3</sup> Prot. Del 24/7/2020

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO CAMPOMARINO (CB) STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</p>	<p style="text-align: right;">Feb 2020</p>
--	--	--

al Servizio Tutela e Valutazioni Ambientali<sup>4</sup>, competente ex art. 19 del d.lgs 152/2006 alla Verifica di assoggettabilità a VIA, insieme alla richiesta di riattivazione della procedura autorizzativa.

Il Servizio di Programmazione Politiche Energetiche della Regione Molise ha dichiarato procedibile la richiesta<sup>5</sup> e il Servizio Tutela e Valutazioni Ambientali ha escluso il progetto dalla procedura di VIA<sup>6</sup>.

A seguito del predetto provvedimento è stata quindi convocata una prima riunione della conferenza dei servizi ex art. 14 bis del d.lgs. 241/1990.

Nelle more della procedura la Società, ha valutato che, ai fini del miglior sfruttamento della risorsa eolica, l'evoluzione tecnologica del settore imponeva la sostituzione del modello di aerogeneratore con uno di eguali dimensioni fisiche<sup>7</sup>, ma di potenza maggiore pari a 6,5 MW che avrebbe incrementato così la potenza complessiva dell'impianto eolico da 30 MW a 32,5 MW.

Poiché tale incremento comporta il superamento della soglia individuata dall'allegato II della parte II del D.lgs. 152/2006 ai fini della sottoposizione dei progetti eolici a VIA di competenza Ministeriale, la Società ha comunicato al Servizio di Pianificazione Politiche Energetiche della regione Molise<sup>8</sup> l'intenzione di riavviare il procedimento ambientale in sede Ministeriale.

Il Servizio di Programmazione Politiche Energetiche<sup>9</sup> ha conseguentemente interrotto i termini del procedimento autorizzativo ex art. 12 D.Lgs. n. 387/2003 in attesa della conclusione della procedura ambientale ministeriale.

## 1.2. CARATTERISTICHE DELLA VARIANTE

Il parco eolico è ubicato nel comune di Campomarino (CB) e le opere di connessione sono localizzate nel comune di Portocannone (CB).

La stazione di trasformazione utente sarà collegata ad una futura stazione di smistamento 150kV denominata "Portocannone" di proprietà TERNA che rappresenta il punto di connessione dell'impianto alla RTN. Per completare lo schema di connessione alla RTN, sarà necessario realizzare due raccordi aerei in entra-esca alle Linee a 150 kV "Portocannone – Campomarino 150 kV" e "Portocannone – San Martino in Pensilis 150 kV" costituenti, insieme alla SE di smistamento, opere di rete.

La potenza complessiva dell'impianto è pari a 32,5 MW e il parco si compone di 5 aerogeneratori di ultima generazione, della potenza unitaria di 6,5 MW.

Il progetto, per come reingegnerizzato, rispetto alle opere già oggetto di provvedimento di VIA favorevole, oltre a prevedere la modifica del modello di aerogeneratore, prevede:

- la traslazione di circa 10 metri della sottostazione di trasformazione utente (allo scopo di evitare un'interferenza rilevata dal Consorzio di Bonifica Trigno e Biferno con una condotta consortile);
- la riduzione della carreggiata della viabilità di accesso all'aerogeneratore n. 5 (allo scopo di evitare l'occupazione di porzioni di terreno nel frattempo convertite a vigneti).

<sup>4</sup> Prot. Del 12/8/2020

<sup>5</sup> In data 4/9/2020

<sup>6</sup> Determinazione Dirigenziale n. 2452 del 28.04.2021

<sup>7</sup> Altezza mozzo 115 m, diametro rotore 170m

<sup>8</sup> Con nota in data 29/11/2021

<sup>9</sup> Con determina dirigenziale n.8420 del 27-12-2021

Resta inalterata la soluzione di connessione alla RTN prevista nel Comune di Portocannone (CB), già benestariata da Terna.

### 1.3. DESCRIZIONE E LOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO

Il sito oggetto di intervento è ubicato nel Comune di Campomarino (CB), in località Madonna Grande, Cocciolete, ricade nel Foglio N° 155 della Carta Geologica d'Italia "S. SEVERO" 1:100.000 e si sviluppa tra quote che vanno dai 60 ai 150 metri s.l.m. La morfologia è collinare.

Le opere di connessione utente e RTN sono localizzate in Loc. Cocciolete nel Comune di Portocannone (CB).

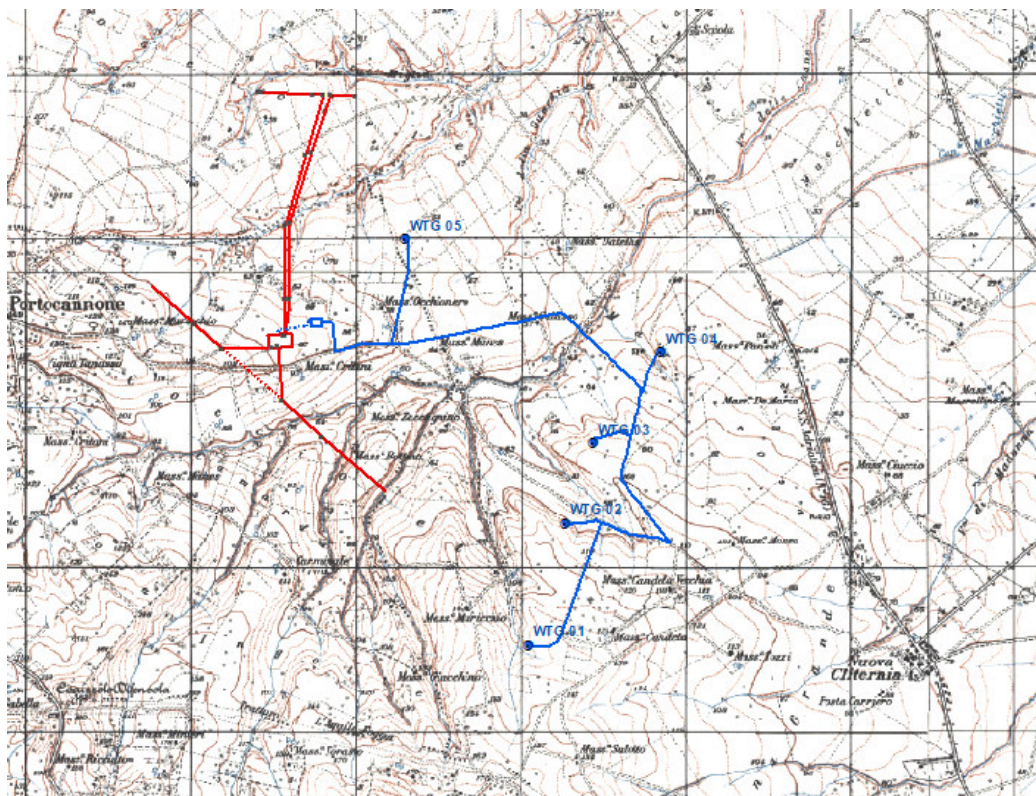



Figura 1 - Indicazione area di intervento su IGM

Il layout nasce dall'ottimizzazione del progetto della Società RePlus S.r.l. già autorizzato al VIA con procedura attivata dalla Regione Molise presso l'Università di Cassino.

La Società intende effettuare una variante "in riduzione" al progetto autorizzato, per ottimizzare lo sfruttamento della risorsa eolica del sito e minimizzare gli impatti generati dall'impianto sia durante la costruzione che durante la fase di esercizio.

In particolare il nuovo progetto prevede l'installazione di N.5 aerogeneratori della potenza nominale di 6 MW per una potenza complessiva di impianto pari a 30 MW, in luogo dei N.23 aerogeneratori della potenza nominale di 2,5 MW, inizialmente previsti.

 <b>edp renewables</b>	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO CAMPOMARINO (CB) STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</p>	<p style="text-align: right;">Feb 2020</p>
--	--	--

Gli aerogeneratori sono ubicati alle seguenti coordinate:

N° Aerogeneratore	Coordinate UTM 33 WGS84	
	NORD	EST
WTG01	4638337.0210	503984.6947
WTG02	4639079.7238	504207.3175
WTG03	4639561.8160	504376.0770
WTG04	4640118.2905	504783.4136
WTG05	4640804.7966	503232.5022

Per quanto riguarda il progetto di connessione alla RTN (stazione 150kV e raccordi aere 150kV), questo resta invariato rispetto al progetto originariamente autorizzato in fase di VIA e già benestariato da TERNA Spa. Restano invariate le posizioni e le caratteristiche impiantistiche, architettoniche e dimensionali, della Stazione 150kV, i collegamenti aerei AT 150kV RTN e i collegamenti 150kV tra la stazione di trasformazione utenza e la stazione RTN 150kV.

L'aerogeneratore, scelto in fase progettuale è un aerogeneratore della Siemens Gamesa SG 6.5-170 da 6.5 MW con rotore pari a 170 m di diametro e altezza al mozzo di 115m.

## 2. IPOTESI DI CALCOLO

Le condizioni al contorno considerate per il calcolo della gittata massima sono le più gravose possibili in modo da giungere a risultati sicuramente cautelativi.

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);
- Il calcolo della gittata è stato determinato per diversi valori dell'angolo  $q$ ;
- La velocità massima del rotore sarà limitata elettronicamente.

I dati geometrici e cinematici sui quali è basato il calcolo sono i seguenti.

- Altezza della torre  $H = 115$  m
- Diametro del rotore  $D = 170$  m
- Velocità di rotazione  $V = 8,5$  giri/min.

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.

Con lo studio del moto di un proiettile si intende 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.

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).

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. È interessante osservare che all'aumentare dell'angolo a formato con il terreno, la gittata del proiettile aumenta, presentando valore massimo per un angolo pari a  $\pi/4$ ; ad ulteriori incrementi dell'angolo a il valore della gittata torna a diminuire presentando un valore nullo allorché il proiettile è lanciato verso l'alto con angolo pari a  $\pi$ .

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, coincida con il punto da cui il proiettile è stato lanciato.

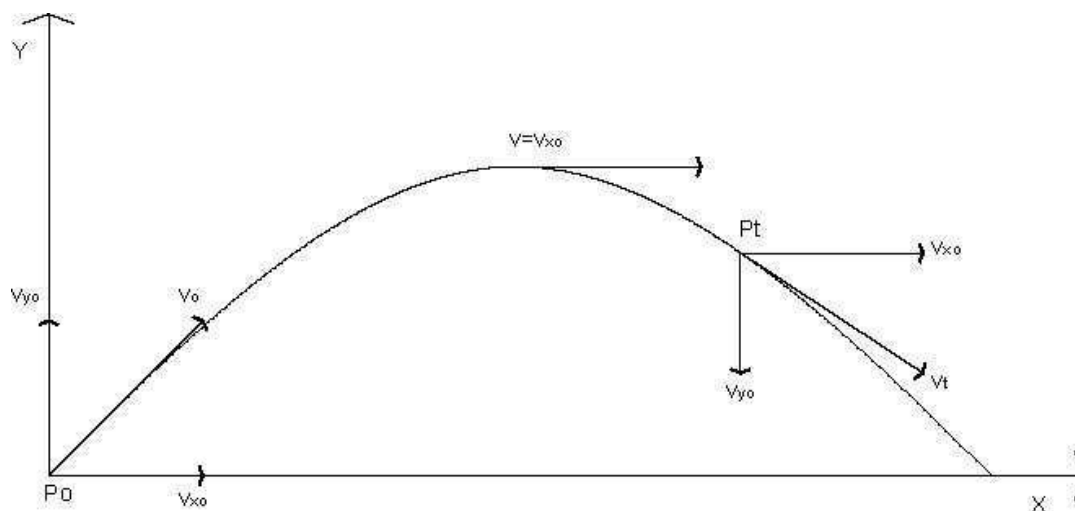
### 2.1. STUDIO DEL MOTO DEL PROIETTILE MEDIANTE LE EQUAZIONI DELLA CINEMATICA

Considereremo il moto bidimensionale di un proiettile, come il moto di un punto materiale, 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.


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:

$$a_x = 0 \quad a_y = -g$$

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  $\theta$  come in figura:



Ricordando che:

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO CAMPOMARINO (CB) STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</p>	<p style="text-align: right;">Feb 2020</p>
--	--	--

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

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:

$$v_x = v_0 \cos \theta$$

$$v_y = v_0 \sin \theta$$

Da cui

$$v_x = v_{x0} \quad x = x_0 + v_{x0}t$$

e

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

## 2.2. GITTATA MASSIMA

La gittata è la distanza percorsa dal proiettile in direzione x prima di toccare terra.

Questo valore si trova imponendo che nella equazione:

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

sia nullo y determinando così l'istante  $t$  in cui avviene il transito (e in questo caso l'impatto) alla quota  $y=0$  sarà:

$$\frac{1}{2}gt^2 + v_{y0}t + y_0 = 0$$

Nell'ipotesi semplificativa che  $y_0 = 0$  si ottiene:

$$\frac{1}{2}gt^2 + v_{y0}t = 0$$


da cui le due soluzioni:

$$t_0 = 0 \quad t_1 = -\frac{2v_{y0}}{g} = -\frac{2v_0 \sin \theta}{g}$$

$t_0$  corrisponde all'istante di lancio del proiettile (abbiamo infatti ipotizzato per semplicità che  $y_0 = 0$ );

$t_1$  all'istante in cui il proiettile, avvenuto il lancio, tocca nuovamente terra. Sostituendo quest'ultimo valore nell'equazione  $x = x_0 + v_{x0}t$ , descrittiva del moto lungo x, si ricaverà il valore della gittata:



	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO CAMPOMARINO (CB) STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</p>	<p style="text-align: right;">Feb 2020</p>
--	--	--

$$x = x_0 - 2 \frac{v_0^2}{g} \sin \theta \cos \theta$$

Ipotizzando per semplicità che

$$x_0 = 0$$

ed essendo

$$2 \sin \theta \cos \theta = \sin 2\theta$$

si può riscrivere la equazione per il calcolo della gittata come:

$$x = -\frac{v_0^2}{g} \sin 2\theta$$

La gittata massima è così funzione del modulo della velocità iniziale, della ascissa e della quota iniziale di lancio (che in questo caso semplificato sono state considerate nulle), e di  $\vartheta$  angolo di inclinazione della gittata: in particolare essa sarà massima quando  $\sin 2\vartheta = 1$  cioè  $2\vartheta = \pi/2$  ossia  $\vartheta = \pi/4$ .

Nel caso in questione  $y_0$  non sarà uguale a zero, ma corrispondente alla quota del baricentro G del sistema ipotizzato rispetto alla quota del piano di campagna.

#### Determinazione del baricentro

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, ossia  $rg = 28,33 \text{ m}$  essendo la lunghezza di ciascuna pala uguale a  $85 \text{ m}$ .

Di conseguenza l'altezza di lancio sarà uguale a:

$$y_0 = H_{torre} + Y_g$$

Dove

$$Y_g = \frac{1}{3} r_g \cdot \sin \theta$$

Ciò implica che la soluzione di  $t$  sarà:

$$t = \frac{-v_{y0} \pm \sqrt{v_{y0}^2 - 4\left(\frac{1}{2}gy_0\right)}}{g}$$

tale valore andrà sostituito nell'equazione descrittiva del moto lungo  $x$ , per trovare la gittata massima.

### **2.3. CALCOLO DELLA VELOCITÀ PERIFERICA**

La velocità angolare media  $w$  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  $2\pi$  radianti, per  $n$  giri avremo  $2\pi n$  radianti/minuto, che è appunto la velocità angolare  $w$  al minuto del corpo in movimento.

Volendo esprimere la velocità angolare in radianti al secondo avremo:

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



Nel moto circolare uniforme, la velocità periferica è direttamente proporzionale al raggio. Ad ogni giro il punto  $G$  di raggio  $r$  percorre la circonferenza  $2\pi r$ ; dopo  $n$  giri al minuto lo spazio percorso sarà  $2\pi r n$  metri/minuto. E questo sarà lo spazio percorso da tutti i punti situati sulla periferia del corpo in movimento circolare.

Dunque la velocità periferica in metri al secondo di un corpo rotante (considerando la velocità massima del rotore di 8,5 giri al minuto), corrisponde a:

$$V_g = \omega r_g = \frac{2\pi n}{60} r_g = 25,20 \text{ m/sec}$$

Se si vuol considerare l'effetto dell'attrito dell'aria e delle forze di resistenza, il valore della velocità del baricentro risulterebbe, secondo studi empirici, ridotta del 30% rispetto all'assenza di resistenze, per cui il valore risulterebbe pari a 17,64 m/s

#### 2.4. CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA

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

- 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  $v_0$  è uguale a 25.20 m/sec. (17,64 se si considera l'effetto attrito)
- Le coordinate del punto di partenza del corpo, non saranno (0,0) coincidenti con l'origine degli assi ma  $(0, HG = H_{torre} + Yg)$  ossia le coordinate del baricentro  $G$  di una pala.


La risoluzione dell'equazione descrittiva del moto, nelle suddette condizioni, sarà quindi:

$$Gittata \ max = v_{x0} \cdot \frac{-v_{y0} \pm \sqrt{v_{y0}^2 - 4(\frac{1}{2}gH_G)}}{g}$$

Al valore di gittata massima andrà aggiunta la distanza  $Xg$  (in senso assoluto) del baricentro rispetto all'asse della torre ( $X_g = r_g \cdot \cos\theta$ ) e la distanza del vertice della pala considerato nelle condizioni più gravose, ovvero disposto nella parte più lontana dal baricentro, ossia a  $Lg = 56,7 \text{ m}$ .

Nella tabella che segue si sono indicati i valori più rappresentativi della gittata massima e della distanza totale dalla torre nel punto di caduta rispetto a valori di  $\vartheta$ .

$\theta$ (°)	Gt	Xg	Lg	Ge
0	122,02	28,33	56,7	178,72
5	128,60	28,23	56,7	185,30
10	134,28	27,90	56,7	190,98
15	138,82	27,37	56,7	195,52
20	142,00	26,62	56,7	198,70
25	143,61	25,68	56,7	200,31
<b>30</b>	<b>143,48</b>	<b>24,54</b>	<b>56,7</b>	<b>200,18</b>
35	141,44	23,21	56,7	198,14

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO CAMPOMARINO (CB) STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</p>	<p style="text-align: right;">Feb 2020</p>
--	--	--

40	137,41	21,70	56,7	194,11
45	131,31	20,03	56,7	188,01
50	123,14	18,21	56,7	179,84
55	112,95	16,25	56,7	169,65
60	100,85	14,17	56,7	157,55
65	86,99	11,97	56,7	143,69
70	71,58	9,69	56,7	128,28
75	54,87	7,33	56,7	111,57
80	37,16	4,92	56,7	93,86
85	18,75	2,47	56,7	75,45
90	0,00	0,00	56,7	56,70

Table 1: Valori della gittata al variare dell'angolo di rotazione senza considerare l'effetto attrito

Dall'analisi della gittata si ottiene che la massima distanza percorsa dal baricentro dell'elemento si ottiene per un angolo  $\theta$  intorno a  $30^\circ$  con un valore di gittata pari a circa 143 metri circa.

Le ipotesi teoriche di calcolo determinano il valore ultimo espresso  $d$ , trascurando l'effetto aerodinamico che oltretutto indurrebbe nella pala un moto rototraslatorio combinato, derivante dall'azione centrifuga di espulsione, dall'avvolgimento sul proprio asse che si induce nella pala espulsa a causa del suo stesso profilo e dalla azione del vento ortogonale al piano che contiene la circonferenza di rotazione delle pale. Pertanto il moto derivante andrebbe studiato nella sua evoluzione 3D anziché nel piano; tuttavia la semplificazione introdotta dal modello 2D adottato è a vantaggio di sicurezza par quanto riguarda la gittata massima, non avendo considerato l'effetto dell'attrito viscoso dell'aria. Per conseguenza il valore definitivo determinato risulta:  $d = 200$  m.

Questo valore in realtà dovrebbe essere inferiore per l'effetto attrito e resistenza nella rototraslazione.

Riportando uno studio della BP POWER nel "Blade throw calculation under normal operating" "esperienze basate su dati reali (su una casistica di 1578 casi) fino all'agosto del 2006 hanno dimostrato che nel caso di distacco della pala o parti di essa l'unico moto che si è registrato è stato un moto di completa rotazione e che le distanze percorse lungo il moto sono risultate sempre inferiori alle lunghezze riportate nella relazione. Il distacco delle parti, in genere piccole, dovuto a guasti causati da eventi eccezionali (quali la straordinaria energia prodotta da un fulmine) ha portato nel peggiore dei casi, a ritrovare le parti stesse a distanze non superiori ai 40-50 metri dalla base della torre".

## 2.5. CALCOLO DELLA GITTATA DI UN FRAMMENTO

Lo schema adottato per il calcolo della gittata nel caso di rottura del frammento di 5 m di una pala è simile a quello adottato per il distacco nel punto di attacco del mozzo, ovvero avendo indicato con  $G$  il baricentro del sistema avremo:

$R_g$  = raggio del baricentro

$V_g$  = velocità periferica 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 secondo la seguente relazione:

$$R_g = R - (2/3 * 5(\text{lunghezza del frammento})) = 81,66$$

La velocità periferica sarà pari a:



$$V_g = \omega r_g = \frac{2\pi n}{60} r_g$$

$V_g=72,65$  (m/s)

Tenendo conto dell'attrito dell'aria e delle forze di resistenza, il valore della velocità del baricentro risulta ridotta del 30% rispetto all'assenza di resistenze, per cui il valore reale è 50,85 m/s.

Applicando la formula per il calcolo della gittata e aggiungendo il frammento posizionato all'estremità esterna del punto di caduta, si ottiene la seguente tabella dei diversi valori di gittata e caduta del frammento al variare dell'angolo  $\theta$ .

$\theta$ (°)	Gt	Ge
0	246,22	249,55
5	271,74	275,07
10	296,56	299,89
15	319,61	322,94
20	339,75	343,08
25	355,85	359,18
30	366,87	370,20
35	371,91	375,24
40	370,27	373,60
45	361,47	364,80
50	345,28	348,61
55	321,70	325,03
60	291,02	294,35
65	253,74	257,07
70	210,59	213,92
75	162,50	165,83
80	110,54	113,87
85	55,94	59,27
90	0,00	3,33

Sulla base delle operazioni di calcolo della gittata massima, sia della pala intera che del suo frammento pari a 5 mt, è emerso che i valori massimi di gittata per l'aerogeneratore proposto sono:

Gittata max distacco pala = 200,18 m

Gittata max frammento= 375,24 m

## 2.6. ANALISI DEI RICETTORI



Figura 1: Individuazione planimetrica dei ricettori nel buffer di 400 metri

L'individuazione e la scelta dei fabbricati da considerare come ricettori sensibili nella verifica dell'impatto in caso di rottura accidentale della pala e/o frammenti di essa, è stata effettuata individuando in un raggio di 400 metri i fabbricati esistenti e se del caso, verificare la destinazione d'uso degli stessi.

Si rappresenta che nell'area intorno agli aerogeneratori per un raggio di 400 metri, non sono presenti ricettori fabbricati. I più vicini sono R1-R2 e R3 posizionati rispettivamente a: 426m, 412m e 416m.

## 3. CONCLUSIONI

- la massima gittata degli elementi rotanti che possono essere proiettati dagli aerogeneratori in progetto è certamente inferiore a 250 metri, nel caso di frammenti, la gittata è valutata inferiore a 400 metri;
- Rispetto agli aerogeneratori non esistono edifici abitati nel buffer di 400 metri come si evidenzia in cartografia
- Nel buffer di 400 metri dalle EDP 1, si rileva la presenza della strada comunale S.Leo e nel buffer dei 400 metri dalla EDPO2-EDPO3 e EDPO4 si riscontra la presenza della provinciale Portocannone-Nuova Cliternia; E' comunque rispettata la distanza dalle strade provinciali di 150 m come da Linee Guida Regionali DGR 621/2011..