



new energy Eni New Energy SpA

PROGETTO ITALIA IMPIANTO EOLICO PORTO TORRES

Eolico - Porto Torres - Area Industriale Syndial
Progetto Definitivo

RELAZIONE GITTATA MASSIMA ELEMENTI ROTANTI



| | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| CS-FS | 01 | 19/12/2019 | Emissione Finale | L. Michetti | E.Pallavicini | M. Parenti | N. Abdel Karim | A.Milanese |
| CS-FS | 00 | 21/11/2019 | Emissione per Commenti | L. Michetti | E.Pallavicini | M. Parenti | N. Abdel Karim | A.Milanese |
| Stato di Validità | Numero Revisione | Data | Descrizione | Proger Preparato | Proger Verificato | EniProgetti Controllato | EniProgetti Approvato | Eni New Energy Approvato |
| Indice Revisione | | | | | | | | |
| Logo Committente e Denominazione Commerciale  new energy Eni New Energy SpA | | | | Nome progetto PROGETTO ITALIA IMPIANTO EOLICO PORTO TORRES | | ID Documento Committente SY2400FGRU00147 Commessa N. | | |
| Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale  progetti EniProgetti SpA | | | |  | | ID Documento Appaltatore -- | | |
| Nome d'Impianto e Oggetto PORTO TORRES (SS) Eolico - Porto Torres - Area industriale Syndial | | | | | | Scala n.a. | Numero di Pagine 1 / 22 | |
| Titolo Documento Relazione gittata massima elementi rotanti | | | | | | | | |

Software: Microsoft Word

File Name: SY2400FGRU00147_CSFS01_22

| | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|---------------------|
|  eni new energy Eni New Energy SpA | ID Documento Committente SY2400FGRU00147 | Pagina 2 / 22 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CS-FS | 01 |

SOMMARIO

| | | |
|----------|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | INTRODUZIONE..... | 3 |
| 2 | CENNI SUI PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO DI UN AEROGENERATORE..... | 4 |
| 3 | RISCHIO DI ROTTURA ACCIDENTALE..... | 6 |
| 4 | GITTATA – ANALISI TEORICA | 7 |
| 4.1 | TRAIETTORIA DEL FRAMMENTO | 7 |
| 4.2 | TEMPO DI VOLO | 7 |
| 4.3 | DISTANZA PERCORSA | 7 |
| 5 | GEOMETRIA DEL PROBLEMA E CALCOLO GITTATA | 8 |
| 6 | CONSIDERAZIONI FINALI | 20 |
| 6.1 | RECETTORI SENSIBILI | 21 |

| | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|---------------------|
|  eni new energy Eni New Energy SpA | ID Documento Committente SY2400FGRU00147 | Pagina 3 / 22 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CS-FS | 01 |

1 INTRODUZIONE

Obiettivo della seguente relazione è quello di valutare la gittata massima in caso di eventuale rottura e conseguente distacco di organi dell'aerogeneratore nell'ambito del progetto di un parco eolico di potenza nominale pari a circa 34 MWp che Eni New Energy S.p.A. intende realizzare all'interno del perimetro dello stabilimento industriale di Porto Torres (SS), nelle aree di pertinenza Eni Rewind S.p.A.



Figura 1: Inquadramento su ortofoto dell'area con indicazione della posizione degli aerogeneratori

| | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|---------------------|
|  eni new energy Eni New Energy SpA | ID Documento Committente SY2400FGRU00147 | Pagina 4 / 22 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CS-FS | 01 |

2 CENNI SUI PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO DI UN AEROGENERATORE

Nel dettaglio, le pale sono fissate su un mozzo, e nell'insieme costituiscono il rotore; il mozzo, a sua volta, è collegato ad un primo albero di trasmissione, detto albero lento, che ruota alla stessa velocità angolare del rotore.

L'albero lento è, nella maggior parte dei casi, collegato ad un moltiplicatore di giri, da cui si diparte un albero veloce, che ruota con velocità angolare data da quella dell'albero lento per il rapporto di trasmissione del rotismo installato. Tutti i componenti sopra menzionati, ad eccezione, del rotore e del mozzo, sono ubicati entro una cabina, detta navicella la quale, a sua volta, è sistemata su un supporto-cuscinetto, in maniera da essere facilmente orientata secondo la direzione del vento.

Oltre ai componenti su elencati gli aerogeneratori sono forniti direttamente dalle case costruttrici completamente equipaggiati delle apparecchiature di controllo e di gestione, che regolano:

- il controllo della potenza, che può essere eseguito ruotando le pale intorno al loro asse principale (sistema di attuazione del passo, pitch regulation), in modo da aumentare o ridurre la superficie esposta del vento, o anche tramite la scelta di un opportuno profilo delle pale (stall regulation);
- il controllo dell'orientamento della navicella, detto controllo dell'imbardata (yaw control), che serve a mantenere la macchina orientata nella direzione del vento, ma che può anche essere utilizzato, in linea di principio, per il controllo della potenza;
- l'avviamento della macchina quando è presente un vento di velocità sufficiente (cut-in wind speed) e la fermata della macchina, quando vi è un vento di velocità superiore a quella massima per la quale la macchina è progettata (cut-off wind speed).

Questo garantisce il fatto che il rotore possa orientarsi rispetto al vento in modo tale da offrire allo stesso sempre il medesimo profilo alare garantendo indipendentemente dalla direzione del vento un verso orario di rotazione.

Si riporta di seguito (figura 2) uno schema che evidenzia il verso di rotazione dell'aerogeneratore, in relazione alla direzione del vento che causa tale moto.



Figura 2: Relazione tra le direzioni del vento e il verso di rotazione del rotore

| | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|---------------------|
|  new energy Eni New Energy SpA | ID Documento Committente SY2400FGRU00147 | Pagina 5 / 22 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CS-FS | 01 |

Questa considerazione serve per fissare in ogni momento il verso della velocità tangenziale, responsabile della gittata nel piano, rispetto a quello della velocità del vento, ortogonale alla velocità tangenziale ed a sua volta responsabile della gittata fuori dal piano. Dalla composizione delle due traiettorie si ottiene la traiettoria complessiva e quindi si determina la direzione lungo la quale l'eventuale pala o parte di essa che si distacca percorre il suo moto. Mettendo in relazione la traiettoria del corpo che si distacca con la corografia del luogo si capisce se la pala nella percorrenza della sua traiettoria può essere o meno un elemento di pericolo per eventuali recettori sensibili.

| | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|---------------------|
|  eni new energy Eni New Energy SpA | ID Documento Committente SY2400FGRU00147 | Pagina 6 / 22 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CS-FS | 01 |

3 RISCHIO DI ROTTURA ACCIDENTALE

La rottura accidentale di un elemento rotante (la pala) di un aerogeneratore ad asse orizzontale può essere considerato un evento raro, in considerazione della tecnologia costruttiva ed ai materiali impiegati per la realizzazione delle pale stesse. Tuttavia, al fine della sicurezza, la stima della gittata massima di un elemento rotante assume un'importanza rilevante per la progettazione e l'esercizio di un impianto eolico. Il rischio è considerato in questo contesto come combinazione di due fattori:

- la probabilità che possa accadere un determinato evento;
- la probabilità che tale evento abbia conseguenze sfavorevoli.

Durante il funzionamento dell'impianto, il più grande rischio è dovuto alla caduta di oggetti dall'alto, queste cadute possono essere dovute:

- pezzi di ghiaccio formatisi sulla pala;
- rottura accidentale di pezzi meccanici in rotazione.

Per ciò che concerne la prima tipologia di evento, vista la latitudine dell'area di progetto e le caratteristiche climatiche, la sua probabilità si può considerare trascurabile.

Per ciò che riguarda la seconda tipologia è bene evidenziare che:

- il collegamento rigido tra le pale ed il mozzo limita sino a quasi ad annullare il rischio di distacco di una pala;
- le pale dei rotori di progetto sono realizzate in fibra di vetro e carbonio rinforzato con materiali plastici quali il poliestere o le fibre epossidiche: l'utilizzo di questi materiali limita sino a quasi ad annullare la probabilità di distacco di parti meccaniche in rotazione: anche in caso di gravi rotture le fibre che compongono la pala la mantengono di fatto unita in un unico pezzo (seppure gravemente danneggiato);
- gli aerogeneratori sono dotati di un sistema di supervisione e controllo pale. Il sistema di controllo è basato su un sistema multiprocessore, che gestisce automaticamente tutte le funzioni della turbina come l'avvio, l'arresto, la produzione, la disponibilità dei sottosistemi. Questo sistema consente anche il controllo a distanza dell'aerogeneratore. Il sistema di protezione è un sistema cablato completamente autonomo, capace di arrestare la turbina in qualunque situazione di emergenza, escludendo danni al sistema e mantenendo i carichi al di sotto dei limiti di progetto;
- gli aerogeneratori di grande taglia del tipo previsto in progetto, in considerazione anche del loro elevato valore commerciale, sono oggetto di programmi di manutenzione molto accurati che per quanto riguarda le pale è atto a verificare l'esistenza di piccole fratture, di cui se accertata la pericolosità determinano interventi di manutenzione ordinaria (riparazioni) o straordinaria (sostituzione del pezzo).

La statistica riporta fra le maggiori cause di danno quelle prodotte direttamente o indirettamente dalle fulminazioni. Proprio per questo motivo il sistema navicella-rotore-torre tubolare sarà protetto con parafulmini. In conformità a quanto previsto dalla norma CEI 81 - 1 la classe di protezione sarà quella più alta (Classe I). In termini probabilistici ciò significa un livello di protezione del 98% (il 2% di probabilità che a fulminazione avvenuta si abbiano danni al sistema).

Pertanto può affermarsi che la probabilità che si produca un danno al sistema con successivi incidenti è molto limitata se non addirittura nulla.

| | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|---------------------|
|  eni new energy Eni New Energy SpA | ID Documento Committente SY2400FGRU00147 | Pagina 7 / 22 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CS-FS | 01 |

4 GITTATA – ANALISI TEORICA

La tecnologia costruttiva degli aerogeneratori è alquanto sofisticata per cui, la valutazione della gittata massima degli elementi di un aerogeneratore, in caso di rottura accidentale, comporta lo sviluppo di modelli di calcolo articolati e complessi.

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:

- 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.
- 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.
- 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; inoltre, a causa delle diverse pressioni cinetiche esercitate dal vento, lo spezzone di pala tende anche a ruotare intorno a ciascuno dei due assi principali appartenenti al proprio piano.

Sicuramente le condizioni prese in considerazione nel 3° caso, permettono un calcolo più preciso e maggiormente corrispondente al reale moto di una pala staccatasi dal rotore per cause accidentali esse inoltre forniscono, sperimentalmente, un valore di gittata di circa il 20% in meno di quella fornita dal caso 1. Però la risoluzione del 3° caso è più complessa e richiede la conoscenza di alcune caratteristiche degli aerogeneratori, non sempre fornite dai produttori, in quanto oggetto di brevetto.

Pertanto si è deciso di utilizzare il 1° caso, di facile soluzione e che fornisce un risultato maggiorato di circa il 20%, garantendo così un ulteriore margine di sicurezza.

4.1 Traiettoria del frammento

La traiettoria iniziale della pala/sezione - di - pala distaccata è determinata principalmente dall'angolo in corrispondenza del quale avviene il distacco e dall'azione esercitata dalle forze e dai momenti di inerzia. Per quanto riguarda le forze di tipo aerodinamico e relativi momenti, queste agiranno sulla pala/sezione-di-pala influenzando i movimenti rotatori in fase di volo.

4.2 Tempo di volo

Il tempo di volo generalmente è determinato:

- dalla componente verticale della velocità iniziale posseduta dalla pala/sezione di pala immediatamente dopo il distacco, in corrispondenza del suo punto baricentrico;
- dalla posizione rispetto al suolo;
- dall'accelerazione verticale;
- dalle forze di attrito agenti sulla pala/sezione di pala stessa.

Il tempo di volo che si deduce da tali considerazioni è utilizzato successivamente per il calcolo della distanza.

4.3 Distanza percorsa

La distanza orizzontale percorsa nella fase di volo è determinata:

- dalla componente orizzontale della velocità immediatamente dopo il distacco;
- dalla velocità del vento nel momento del distacco;
- dalle forze di attrito che agiscono sulla pala/sezione - di - pala in volo;
- dal tempo di volo.



5 GEOMETRIA DEL PROBLEMA E CALCOLO GITTATA

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

$$\ddot{x} = 0$$

$$\ddot{y} = -g$$

Dove $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità. La legge del moto che costituisce soluzioni di queste equazioni è:

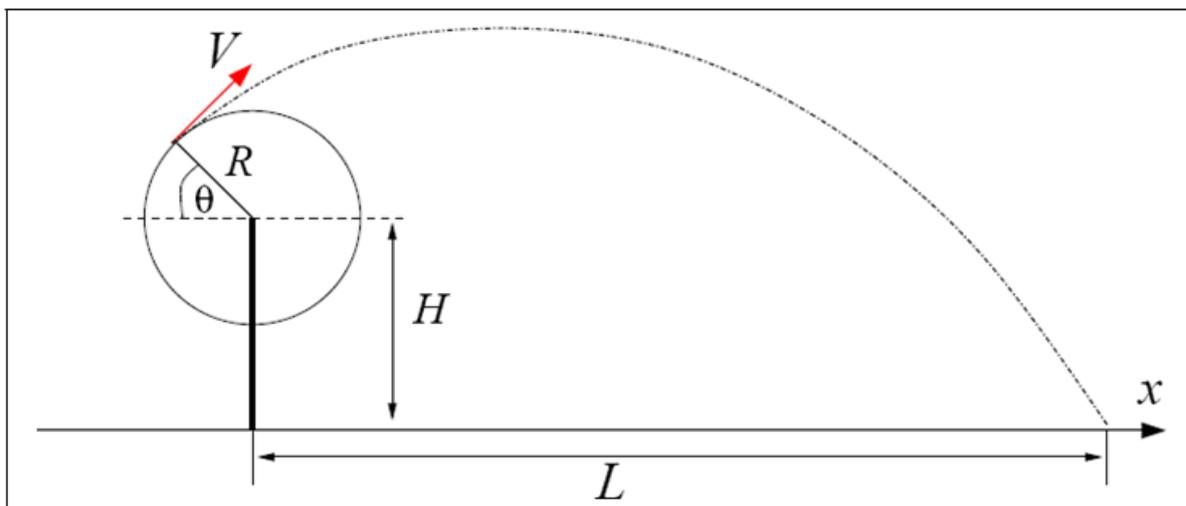
$$x(t) = x_0 + v_x t$$

$$y(t) = y_0 + v_y t - \frac{1}{2} g t^2$$

Dove (x_0, v_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 :

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

In cui viene scartata la soluzione corrispondente a tempi negativi.



La posizione e la velocità iniziale sono determinate dall'angolo θ e dalla velocità iniziale V del frammento di pala al momento del distacco. Esse sono legate alla posizione ed alla velocità iniziale dalle relazioni:

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

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

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

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

| | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|---------------------|
|  eni new energy Eni New Energy SpA | ID Documento Committente SY2400FGRU00147 | Pagina 9 / 22 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CS-FS | 01 |

La gittata L è la distanza dal palo del punto di impatto al suolo del frammento di pala.
 Dalla legge del moto si ottiene:

$$L = x(T)$$

Sostituendo l'espressione per T ricavato sopra, si ricava la gittata L in funzione di V e di θ :

$$L = \frac{V \sin(\theta)}{g} \left[V \cos(\theta) + \sqrt{V^2 \cos^2(\theta) + 2(H + R \sin(\theta))g} \right] - R \cos(\theta)$$

Come già precedentemente indicato, il calcolo della gittata massima richiede la conoscenza dei valori H (altezza del mozzo), R (distanza dal mozzo del baricentro del frammento staccatosi dal rotore, posto pari a 1/3 della lunghezza della pala) e V (velocità di distacco del frammento di pala).

I valori di H ed R sono rispettivamente H= 119 m ed R= 27.50 m e per il calcolo della velocità di distacco del frammento di pala si ricorre alla seguente formula:

$$V = \frac{2 \times \pi \times R \times rpm}{60}$$

Il massimo numero di giri per minuto che l'aerogeneratore compie è pari 12.1 quindi supponendo che la rottura della pala avvenga vicino al mozzo e considerando R= 27.50 m (lunghezza pala/3), si ottiene una velocità di distacco di circa 34.85 m/s nel baricentro della pala.

Di seguito si riporta la tabella con i calcoli effettuati, dove per "gittata teorica" si intende la massima distanza raggiunta dal baricentro della pala, mentre per "gittata massima" si intende la massima distanza raggiunta dalla punta della pala:

| Angolo | Vx | Vy | X0 | Y0 | T | Gittata teorica | Gittata massima |
|--------|------|-------|--------|--------|------|-----------------|-----------------|
| 0.00 | 0.00 | 34.85 | -27.50 | 119.00 | 9.62 | -27.50 | -82.50 |
| 1.00 | 0.61 | 34.84 | -27.50 | 119.48 | 9.63 | -21.64 | -76.64 |
| 2.00 | 1.22 | 34.82 | -27.48 | 119.96 | 9.64 | -15.76 | -70.76 |
| 3.00 | 1.82 | 34.80 | -27.46 | 120.44 | 9.64 | -9.88 | -64.88 |
| 4.00 | 2.43 | 34.76 | -27.43 | 120.92 | 9.64 | -3.99 | -58.99 |
| 5.00 | 3.04 | 34.71 | -27.40 | 121.40 | 9.64 | 1.89 | 56.89 |
| 6.00 | 3.64 | 34.65 | -27.35 | 121.87 | 9.64 | 7.77 | 62.77 |
| 7.00 | 4.25 | 34.59 | -27.30 | 122.35 | 9.64 | 13.64 | 68.64 |
| 8.00 | 4.85 | 34.51 | -27.23 | 122.83 | 9.63 | 19.49 | 74.49 |
| 9.00 | 5.45 | 34.42 | -27.16 | 123.30 | 9.63 | 25.32 | 80.32 |
| 10.00 | 6.05 | 34.32 | -27.08 | 123.78 | 9.62 | 31.12 | 86.12 |
| 11.00 | 6.65 | 34.21 | -26.99 | 124.25 | 9.61 | 36.90 | 91.90 |
| 12.00 | 7.24 | 34.08 | -26.90 | 124.72 | 9.60 | 42.64 | 97.64 |
| 13.00 | 7.84 | 33.95 | -26.80 | 125.19 | 9.58 | 48.34 | 103.34 |
| 14.00 | 8.43 | 33.81 | -26.68 | 125.65 | 9.57 | 53.99 | 108.99 |
| 15.00 | 9.02 | 33.66 | -26.56 | 126.12 | 9.55 | 59.60 | 114.60 |

| | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----|--|--|--|----------------------|---------------------|
|  new energy Eni New Energy SpA | ID Documento Committente SY2400FGRU00147 | | | | | Pagina 10 / 22 | |
| | | | | | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | CS-FS | 01 | | | | | |

| | | | | | | | |
|-------|-------|-------|--------|--------|------|--------|--------|
| 16.00 | 9.60 | 33.50 | -26.43 | 126.58 | 9.54 | 65.15 | 120.15 |
| 17.00 | 10.19 | 33.32 | -26.30 | 127.04 | 9.52 | 70.64 | 125.64 |
| 18.00 | 10.77 | 33.14 | -26.15 | 127.50 | 9.49 | 76.08 | 131.08 |
| 19.00 | 11.34 | 32.95 | -26.00 | 127.95 | 9.47 | 81.45 | 136.45 |
| 20.00 | 11.92 | 32.74 | -25.84 | 128.41 | 9.45 | 86.74 | 141.74 |
| 21.00 | 12.49 | 32.53 | -25.67 | 128.86 | 9.42 | 91.97 | 146.97 |
| 22.00 | 13.05 | 32.31 | -25.50 | 129.30 | 9.39 | 97.12 | 152.12 |
| 23.00 | 13.62 | 32.08 | -25.31 | 129.75 | 9.36 | 102.18 | 157.18 |
| 24.00 | 14.17 | 31.83 | -25.12 | 130.19 | 9.33 | 107.16 | 162.16 |
| 25.00 | 14.73 | 31.58 | -24.92 | 130.62 | 9.30 | 112.05 | 167.05 |
| 26.00 | 15.28 | 31.32 | -24.72 | 131.06 | 9.27 | 116.85 | 171.85 |
| 27.00 | 15.82 | 31.05 | -24.50 | 131.48 | 9.23 | 121.56 | 176.56 |
| 28.00 | 16.36 | 30.77 | -24.28 | 131.91 | 9.20 | 126.17 | 181.17 |
| 29.00 | 16.89 | 30.48 | -24.05 | 132.33 | 9.16 | 130.67 | 185.67 |
| 30.00 | 17.42 | 30.18 | -23.82 | 132.75 | 9.12 | 135.08 | 190.08 |
| 31.00 | 17.95 | 29.87 | -23.57 | 133.16 | 9.08 | 139.38 | 194.38 |
| 32.00 | 18.47 | 29.55 | -23.32 | 133.57 | 9.04 | 143.56 | 198.56 |
| 33.00 | 18.98 | 29.22 | -23.06 | 133.98 | 8.99 | 147.64 | 202.64 |
| 34.00 | 19.49 | 28.89 | -22.80 | 134.38 | 8.95 | 151.60 | 206.60 |
| 35.00 | 19.99 | 28.54 | -22.53 | 134.77 | 8.90 | 155.45 | 210.45 |
| 36.00 | 20.48 | 28.19 | -22.25 | 135.16 | 8.86 | 159.18 | 214.18 |
| 37.00 | 20.97 | 27.83 | -21.96 | 135.55 | 8.81 | 162.79 | 217.79 |
| 38.00 | 21.45 | 27.46 | -21.67 | 135.93 | 8.76 | 166.28 | 221.28 |
| 39.00 | 21.93 | 27.08 | -21.37 | 136.31 | 8.71 | 169.65 | 224.65 |
| 40.00 | 22.40 | 26.69 | -21.07 | 136.68 | 8.66 | 172.90 | 227.90 |
| 41.00 | 22.86 | 26.30 | -20.75 | 137.04 | 8.61 | 176.02 | 231.02 |
| 42.00 | 23.32 | 25.90 | -20.44 | 137.40 | 8.55 | 179.01 | 234.01 |
| 43.00 | 23.76 | 25.48 | -20.11 | 137.75 | 8.50 | 181.88 | 236.88 |
| 44.00 | 24.21 | 25.07 | -19.78 | 138.10 | 8.44 | 184.62 | 239.62 |
| 45.00 | 24.64 | 24.64 | -19.45 | 138.45 | 8.39 | 187.24 | 242.24 |
| 46.00 | 25.07 | 24.21 | -19.10 | 138.78 | 8.33 | 189.72 | 244.72 |
| 47.00 | 25.48 | 23.76 | -18.75 | 139.11 | 8.27 | 192.08 | 247.08 |
| 48.00 | 25.90 | 23.32 | -18.40 | 139.44 | 8.21 | 194.31 | 249.31 |
| 49.00 | 26.30 | 22.86 | -18.04 | 139.75 | 8.15 | 196.41 | 251.41 |
| 50.00 | 26.69 | 22.40 | -17.68 | 140.07 | 8.09 | 198.39 | 253.39 |
| 51.00 | 27.08 | 21.93 | -17.31 | 140.37 | 8.03 | 200.23 | 255.23 |
| 52.00 | 27.46 | 21.45 | -16.93 | 140.67 | 7.97 | 201.95 | 256.95 |
| 53.00 | 27.83 | 20.97 | -16.55 | 140.96 | 7.91 | 203.55 | 258.55 |
| 54.00 | 28.19 | 20.48 | -16.16 | 141.25 | 7.85 | 205.02 | 260.02 |
| 55.00 | 28.54 | 19.99 | -15.77 | 141.53 | 7.78 | 206.36 | 261.36 |
| 56.00 | 28.89 | 19.49 | -15.38 | 141.80 | 7.72 | 207.59 | 262.59 |

| | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--|--|--|--|----------------------|---------------------|
|  eni new energy Eni New Energy SpA | ID Documento Committente SY2400FGRU00147 | | | | | Pagina 11 / 22 | |
| | | | | | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | CS-FS | | | | | 01 | |

| | | | | | | | |
|-------|-------|-------|--------|--------|------|--------|--------|
| 57.00 | 29.22 | 18.98 | -14.98 | 142.06 | 7.65 | 208.69 | 263.69 |
| 58.00 | 29.55 | 18.47 | -14.57 | 142.32 | 7.59 | 209.67 | 264.67 |
| 59.00 | 29.87 | 17.95 | -14.16 | 142.57 | 7.52 | 210.53 | 265.53 |
| 60.00 | 30.18 | 17.42 | -13.75 | 142.82 | 7.46 | 211.27 | 266.27 |
| 61.00 | 30.48 | 16.89 | -13.33 | 143.05 | 7.39 | 211.90 | 266.90 |
| 62.00 | 30.77 | 16.36 | -12.91 | 143.28 | 7.32 | 212.42 | 267.42 |
| 63.00 | 31.05 | 15.82 | -12.48 | 143.50 | 7.26 | 212.82 | 267.82 |
| 64.00 | 31.32 | 15.28 | -12.06 | 143.72 | 7.19 | 213.11 | 268.11 |
| 65.00 | 31.58 | 14.73 | -11.62 | 143.92 | 7.12 | 213.30 | 268.30 |
| 66.00 | 31.83 | 14.17 | -11.19 | 144.12 | 7.05 | 213.38 | 268.38 |
| 67.00 | 32.08 | 13.62 | -10.75 | 144.31 | 6.99 | 213.36 | 268.36 |
| 68.00 | 32.31 | 13.05 | -10.30 | 144.50 | 6.92 | 213.24 | 268.24 |
| 69.00 | 32.53 | 12.49 | -9.86 | 144.67 | 6.85 | 213.02 | 268.02 |
| 70.00 | 32.74 | 11.92 | -9.41 | 144.84 | 6.78 | 212.70 | 267.70 |
| 71.00 | 32.95 | 11.34 | -8.95 | 145.00 | 6.72 | 212.29 | 267.29 |
| 72.00 | 33.14 | 10.77 | -8.50 | 145.15 | 6.65 | 211.79 | 266.79 |
| 73.00 | 33.32 | 10.19 | -8.04 | 145.30 | 6.58 | 211.20 | 266.20 |
| 74.00 | 33.50 | 9.60 | -7.58 | 145.43 | 6.51 | 210.53 | 265.53 |
| 75.00 | 33.66 | 9.02 | -7.12 | 145.56 | 6.44 | 209.77 | 264.77 |
| 76.00 | 33.81 | 8.43 | -6.65 | 145.68 | 6.38 | 208.94 | 263.94 |
| 77.00 | 33.95 | 7.84 | -6.19 | 145.80 | 6.31 | 208.03 | 263.03 |
| 78.00 | 34.08 | 7.24 | -5.72 | 145.90 | 6.24 | 207.04 | 262.04 |
| 79.00 | 34.21 | 6.65 | -5.25 | 145.99 | 6.18 | 205.98 | 260.98 |
| 80.00 | 34.32 | 6.05 | -4.78 | 146.08 | 6.11 | 204.86 | 259.86 |
| 81.00 | 34.42 | 5.45 | -4.30 | 146.16 | 6.04 | 203.67 | 258.67 |
| 82.00 | 34.51 | 4.85 | -3.83 | 146.23 | 5.98 | 202.41 | 257.41 |
| 83.00 | 34.59 | 4.25 | -3.35 | 146.30 | 5.91 | 201.10 | 256.10 |
| 84.00 | 34.65 | 3.64 | -2.87 | 146.35 | 5.85 | 199.72 | 254.72 |
| 85.00 | 34.71 | 3.04 | -2.40 | 146.40 | 5.78 | 198.30 | 253.30 |
| 86.00 | 34.76 | 2.43 | -1.92 | 146.43 | 5.72 | 196.82 | 251.82 |
| 87.00 | 34.80 | 1.82 | -1.44 | 146.46 | 5.65 | 195.29 | 250.29 |
| 88.00 | 34.82 | 1.22 | -0.96 | 146.48 | 5.59 | 193.71 | 248.71 |
| 89.00 | 34.84 | 0.61 | -0.48 | 146.50 | 5.53 | 192.10 | 247.10 |
| 90.00 | 34.85 | 0.00 | 0.00 | 146.50 | 5.47 | 190.43 | 245.43 |
| 91.00 | 34.84 | -0.61 | 0.48 | 146.50 | 5.40 | 188.74 | 243.74 |
| 92.00 | 34.82 | -1.22 | 0.96 | 146.48 | 5.34 | 187.00 | 242.00 |
| 93.00 | 34.80 | -1.82 | 1.44 | 146.46 | 5.28 | 185.23 | 240.23 |
| 94.00 | 34.76 | -2.43 | 1.92 | 146.43 | 5.22 | 183.43 | 238.43 |
| 95.00 | 34.71 | -3.04 | 2.40 | 146.40 | 5.16 | 181.60 | 236.60 |
| 96.00 | 34.65 | -3.64 | 2.87 | 146.35 | 5.10 | 179.74 | 234.74 |
| 97.00 | 34.59 | -4.25 | 3.35 | 146.30 | 5.05 | 177.86 | 232.86 |

| | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----|--|--|--|----------------------|---------------------|
|  new energy Eni New Energy SpA | ID Documento Committente SY2400FGRU00147 | | | | | Pagina 12 / 22 | |
| | | | | | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | CS-FS | 01 | | | | | |

| | | | | | | | |
|--------|-------|--------|-------|--------|------|--------|--------|
| 98.00 | 34.51 | -4.85 | 3.83 | 146.23 | 4.99 | 175.95 | 230.95 |
| 99.00 | 34.42 | -5.45 | 4.30 | 146.16 | 4.93 | 174.02 | 229.02 |
| 100.00 | 34.32 | -6.05 | 4.78 | 146.08 | 4.88 | 172.08 | 227.08 |
| 101.00 | 34.21 | -6.65 | 5.25 | 145.99 | 4.82 | 170.11 | 225.11 |
| 102.00 | 34.08 | -7.24 | 5.72 | 145.90 | 4.77 | 168.13 | 223.13 |
| 103.00 | 33.95 | -7.84 | 6.19 | 145.80 | 4.71 | 166.14 | 221.14 |
| 104.00 | 33.81 | -8.43 | 6.65 | 145.68 | 4.66 | 164.14 | 219.14 |
| 105.00 | 33.66 | -9.02 | 7.12 | 145.56 | 4.61 | 162.12 | 217.12 |
| 106.00 | 33.50 | -9.60 | 7.58 | 145.43 | 4.55 | 160.10 | 215.10 |
| 107.00 | 33.32 | -10.19 | 8.04 | 145.30 | 4.50 | 158.07 | 213.07 |
| 108.00 | 33.14 | -10.77 | 8.50 | 145.15 | 4.45 | 156.04 | 211.04 |
| 109.00 | 32.95 | -11.34 | 8.95 | 145.00 | 4.40 | 154.00 | 209.00 |
| 110.00 | 32.74 | -11.92 | 9.41 | 144.84 | 4.35 | 151.95 | 206.95 |
| 111.00 | 32.53 | -12.49 | 9.86 | 144.67 | 4.31 | 149.91 | 204.91 |
| 112.00 | 32.31 | -13.05 | 10.30 | 144.50 | 4.26 | 147.86 | 202.86 |
| 113.00 | 32.08 | -13.62 | 10.75 | 144.31 | 4.21 | 145.82 | 200.82 |
| 114.00 | 31.83 | -14.17 | 11.19 | 144.12 | 4.17 | 143.77 | 198.77 |
| 115.00 | 31.58 | -14.73 | 11.62 | 143.92 | 4.12 | 141.73 | 196.73 |
| 116.00 | 31.32 | -15.28 | 12.06 | 143.72 | 4.08 | 139.69 | 194.69 |
| 117.00 | 31.05 | -15.82 | 12.48 | 143.50 | 4.03 | 137.66 | 192.66 |
| 118.00 | 30.77 | -16.36 | 12.91 | 143.28 | 3.99 | 135.63 | 190.63 |
| 119.00 | 30.48 | -16.89 | 13.33 | 143.05 | 3.95 | 133.60 | 188.60 |
| 120.00 | 30.18 | -17.42 | 13.75 | 142.82 | 3.90 | 131.58 | 186.58 |
| 121.00 | 29.87 | -17.95 | 14.16 | 142.57 | 3.86 | 129.57 | 184.57 |
| 122.00 | 29.55 | -18.47 | 14.57 | 142.32 | 3.82 | 127.57 | 182.57 |
| 123.00 | 29.22 | -18.98 | 14.98 | 142.06 | 3.78 | 125.57 | 180.57 |
| 124.00 | 28.89 | -19.49 | 15.38 | 141.80 | 3.75 | 123.58 | 178.58 |
| 125.00 | 28.54 | -19.99 | 15.77 | 141.53 | 3.71 | 121.60 | 176.60 |
| 126.00 | 28.19 | -20.48 | 16.16 | 141.25 | 3.67 | 119.63 | 174.63 |
| 127.00 | 27.83 | -20.97 | 16.55 | 140.96 | 3.63 | 117.67 | 172.67 |
| 128.00 | 27.46 | -21.45 | 16.93 | 140.67 | 3.60 | 115.72 | 170.72 |
| 129.00 | 27.08 | -21.93 | 17.31 | 140.37 | 3.56 | 113.78 | 168.78 |
| 130.00 | 26.69 | -22.40 | 17.68 | 140.07 | 3.53 | 111.85 | 166.85 |
| 131.00 | 26.30 | -22.86 | 18.04 | 139.75 | 3.49 | 109.93 | 164.93 |
| 132.00 | 25.90 | -23.32 | 18.40 | 139.44 | 3.46 | 108.02 | 163.02 |
| 133.00 | 25.48 | -23.76 | 18.75 | 139.11 | 3.43 | 106.12 | 161.12 |
| 134.00 | 25.07 | -24.21 | 19.10 | 138.78 | 3.40 | 104.23 | 159.23 |
| 135.00 | 24.64 | -24.64 | 19.45 | 138.45 | 3.36 | 102.35 | 157.35 |
| 136.00 | 24.21 | -25.07 | 19.78 | 138.10 | 3.33 | 100.49 | 155.49 |
| 137.00 | 23.76 | -25.48 | 20.11 | 137.75 | 3.30 | 98.63 | 153.63 |
| 138.00 | 23.32 | -25.90 | 20.44 | 137.40 | 3.27 | 96.79 | 151.79 |

| | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--|--|--|--|-------------------|------------------|
|  eni new energy Eni New Energy SpA | ID Documento Committente SY2400FGRU00147 | | | | | Pagina 13 / 22 | |
| | | | | | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | | | | | CS-FS | 01 |

| | | | | | | | |
|--------|-------|--------|-------|--------|------|-------|--------|
| 139.00 | 22.86 | -26.30 | 20.75 | 137.04 | 3.25 | 94.96 | 149.96 |
| 140.00 | 22.40 | -26.69 | 21.07 | 136.68 | 3.22 | 93.14 | 148.14 |
| 141.00 | 21.93 | -27.08 | 21.37 | 136.31 | 3.19 | 91.33 | 146.33 |
| 142.00 | 21.45 | -27.46 | 21.67 | 135.93 | 3.16 | 89.53 | 144.53 |
| 143.00 | 20.97 | -27.83 | 21.96 | 135.55 | 3.14 | 87.74 | 142.74 |
| 144.00 | 20.48 | -28.19 | 22.25 | 135.16 | 3.11 | 85.96 | 140.96 |
| 145.00 | 19.99 | -28.54 | 22.53 | 134.77 | 3.09 | 84.20 | 139.20 |
| 146.00 | 19.49 | -28.89 | 22.80 | 134.38 | 3.06 | 82.44 | 137.44 |
| 147.00 | 18.98 | -29.22 | 23.06 | 133.98 | 3.04 | 80.70 | 135.70 |
| 148.00 | 18.47 | -29.55 | 23.32 | 133.57 | 3.01 | 78.96 | 133.96 |
| 149.00 | 17.95 | -29.87 | 23.57 | 133.16 | 2.99 | 77.23 | 132.23 |
| 150.00 | 17.42 | -30.18 | 23.82 | 132.75 | 2.97 | 75.52 | 130.52 |
| 151.00 | 16.89 | -30.48 | 24.05 | 132.33 | 2.95 | 73.81 | 128.81 |
| 152.00 | 16.36 | -30.77 | 24.28 | 131.91 | 2.92 | 72.12 | 127.12 |
| 153.00 | 15.82 | -31.05 | 24.50 | 131.48 | 2.90 | 70.43 | 125.43 |
| 154.00 | 15.28 | -31.32 | 24.72 | 131.06 | 2.88 | 68.75 | 123.75 |
| 155.00 | 14.73 | -31.58 | 24.92 | 130.62 | 2.86 | 67.09 | 122.09 |
| 156.00 | 14.17 | -31.83 | 25.12 | 130.19 | 2.84 | 65.43 | 120.43 |
| 157.00 | 13.62 | -32.08 | 25.31 | 129.75 | 2.82 | 63.77 | 118.77 |
| 158.00 | 13.05 | -32.31 | 25.50 | 129.30 | 2.81 | 62.13 | 117.13 |
| 159.00 | 12.49 | -32.53 | 25.67 | 128.86 | 2.79 | 60.50 | 115.50 |
| 160.00 | 11.92 | -32.74 | 25.84 | 128.41 | 2.77 | 58.87 | 113.87 |
| 161.00 | 11.34 | -32.95 | 26.00 | 127.95 | 2.75 | 57.25 | 112.25 |
| 162.00 | 10.77 | -33.14 | 26.15 | 127.50 | 2.74 | 55.63 | 110.63 |
| 163.00 | 10.19 | -33.32 | 26.30 | 127.04 | 2.72 | 54.03 | 109.03 |
| 164.00 | 9.60 | -33.50 | 26.43 | 126.58 | 2.71 | 52.43 | 107.43 |
| 165.00 | 9.02 | -33.66 | 26.56 | 126.12 | 2.69 | 50.84 | 105.84 |
| 166.00 | 8.43 | -33.81 | 26.68 | 125.65 | 2.68 | 49.25 | 104.25 |
| 167.00 | 7.84 | -33.95 | 26.80 | 125.19 | 2.66 | 47.67 | 102.67 |
| 168.00 | 7.24 | -34.08 | 26.90 | 124.72 | 2.65 | 46.09 | 101.09 |
| 169.00 | 6.65 | -34.21 | 26.99 | 124.25 | 2.64 | 44.52 | 99.52 |
| 170.00 | 6.05 | -34.32 | 27.08 | 123.78 | 2.62 | 42.96 | 97.96 |
| 171.00 | 5.45 | -34.42 | 27.16 | 123.30 | 2.61 | 41.39 | 96.39 |
| 172.00 | 4.85 | -34.51 | 27.23 | 122.83 | 2.60 | 39.84 | 94.84 |
| 173.00 | 4.25 | -34.59 | 27.30 | 122.35 | 2.59 | 38.28 | 93.28 |
| 174.00 | 3.64 | -34.65 | 27.35 | 121.87 | 2.58 | 36.74 | 91.74 |
| 175.00 | 3.04 | -34.71 | 27.40 | 121.40 | 2.57 | 35.19 | 90.19 |
| 176.00 | 2.43 | -34.76 | 27.43 | 120.92 | 2.56 | 33.65 | 88.65 |
| 177.00 | 1.82 | -34.80 | 27.46 | 120.44 | 2.55 | 32.11 | 87.11 |
| 178.00 | 1.22 | -34.82 | 27.48 | 119.96 | 2.54 | 30.57 | 85.57 |
| 179.00 | 0.61 | -34.84 | 27.50 | 119.48 | 2.53 | 29.03 | 84.03 |

| | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--|--|--|--|-------------------|------------------|
|  eni new energy Eni New Energy SpA | ID Documento Committente SY2400FGRU00147 | | | | | Pagina 14 / 22 | |
| | | | | | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | | | | | CS-FS | 01 |

| | | | | | | | |
|--------|--------|--------|-------|--------|------|--------|--------|
| 180.00 | 0.00 | -34.85 | 27.50 | 119.00 | 2.52 | 27.50 | 82.50 |
| 181.00 | -0.61 | -34.84 | 27.50 | 118.52 | 2.51 | 25.97 | 80.97 |
| 182.00 | -1.22 | -34.82 | 27.48 | 118.04 | 2.51 | 24.44 | 79.44 |
| 183.00 | -1.82 | -34.80 | 27.46 | 117.56 | 2.50 | 22.91 | 77.91 |
| 184.00 | -2.43 | -34.76 | 27.43 | 117.08 | 2.49 | 21.38 | 76.38 |
| 185.00 | -3.04 | -34.71 | 27.40 | 116.60 | 2.49 | 19.85 | 74.85 |
| 186.00 | -3.64 | -34.65 | 27.35 | 116.13 | 2.48 | 18.32 | 73.32 |
| 187.00 | -4.25 | -34.59 | 27.30 | 115.65 | 2.48 | 16.78 | 71.78 |
| 188.00 | -4.85 | -34.51 | 27.23 | 115.17 | 2.47 | 15.25 | 70.25 |
| 189.00 | -5.45 | -34.42 | 27.16 | 114.70 | 2.47 | 13.72 | 68.72 |
| 190.00 | -6.05 | -34.32 | 27.08 | 114.22 | 2.46 | 12.18 | 67.18 |
| 191.00 | -6.65 | -34.21 | 26.99 | 113.75 | 2.46 | 10.65 | 65.65 |
| 192.00 | -7.24 | -34.08 | 26.90 | 113.28 | 2.46 | 9.11 | 64.11 |
| 193.00 | -7.84 | -33.95 | 26.80 | 112.81 | 2.45 | 7.57 | 62.57 |
| 194.00 | -8.43 | -33.81 | 26.68 | 112.35 | 2.45 | 6.02 | 61.02 |
| 195.00 | -9.02 | -33.66 | 26.56 | 111.88 | 2.45 | 4.47 | 59.47 |
| 196.00 | -9.60 | -33.50 | 26.43 | 111.42 | 2.45 | 2.92 | 57.92 |
| 197.00 | -10.19 | -33.32 | 26.30 | 110.96 | 2.45 | 1.36 | 56.36 |
| 198.00 | -10.77 | -33.14 | 26.15 | 110.50 | 2.45 | -0.20 | -55.20 |
| 199.00 | -11.34 | -32.95 | 26.00 | 110.05 | 2.45 | -1.77 | -56.77 |
| 200.00 | -11.92 | -32.74 | 25.84 | 109.59 | 2.45 | -3.34 | -58.34 |
| 201.00 | -12.49 | -32.53 | 25.67 | 109.14 | 2.45 | -4.92 | -59.92 |
| 202.00 | -13.05 | -32.31 | 25.50 | 108.70 | 2.45 | -6.51 | -61.51 |
| 203.00 | -13.62 | -32.08 | 25.31 | 108.25 | 2.45 | -8.10 | -63.10 |
| 204.00 | -14.17 | -31.83 | 25.12 | 107.81 | 2.46 | -9.70 | -64.70 |
| 205.00 | -14.73 | -31.58 | 24.92 | 107.38 | 2.46 | -11.30 | -66.30 |
| 206.00 | -15.28 | -31.32 | 24.72 | 106.94 | 2.46 | -12.92 | -67.92 |
| 207.00 | -15.82 | -31.05 | 24.50 | 106.52 | 2.47 | -14.54 | -69.54 |
| 208.00 | -16.36 | -30.77 | 24.28 | 106.09 | 2.47 | -16.18 | -71.18 |
| 209.00 | -16.89 | -30.48 | 24.05 | 105.67 | 2.48 | -17.82 | -72.82 |
| 210.00 | -17.42 | -30.18 | 23.82 | 105.25 | 2.48 | -19.47 | -74.47 |
| 211.00 | -17.95 | -29.87 | 23.57 | 104.84 | 2.49 | -21.13 | -76.13 |
| 212.00 | -18.47 | -29.55 | 23.32 | 104.43 | 2.50 | -22.81 | -77.81 |
| 213.00 | -18.98 | -29.22 | 23.06 | 104.02 | 2.51 | -24.49 | -79.49 |
| 214.00 | -19.49 | -28.89 | 22.80 | 103.62 | 2.51 | -26.19 | -81.19 |
| 215.00 | -19.99 | -28.54 | 22.53 | 103.23 | 2.52 | -27.89 | -82.89 |
| 216.00 | -20.48 | -28.19 | 22.25 | 102.84 | 2.53 | -29.62 | -84.62 |
| 217.00 | -20.97 | -27.83 | 21.96 | 102.45 | 2.54 | -31.35 | -86.35 |
| 218.00 | -21.45 | -27.46 | 21.67 | 102.07 | 2.55 | -33.10 | -88.10 |
| 219.00 | -21.93 | -27.08 | 21.37 | 101.69 | 2.56 | -34.86 | -89.86 |
| 220.00 | -22.40 | -26.69 | 21.07 | 101.32 | 2.58 | -36.64 | -91.64 |

| | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----|--|--|--|----------------------|---------------------|
|  eni new energy Eni New Energy SpA | ID Documento Committente SY2400FGRU00147 | | | | | Pagina 15 / 22 | |
| | | | | | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | CS-FS | 01 | | | | | |

| | | | | | | | |
|--------|--------|--------|-------|--------|------|---------|---------|
| 221.00 | -22.86 | -26.30 | 20.75 | 100.96 | 2.59 | -38.43 | -93.43 |
| 222.00 | -23.32 | -25.90 | 20.44 | 100.60 | 2.60 | -40.24 | -95.24 |
| 223.00 | -23.76 | -25.48 | 20.11 | 100.25 | 2.62 | -42.06 | -97.06 |
| 224.00 | -24.21 | -25.07 | 19.78 | 99.90 | 2.63 | -43.90 | -98.90 |
| 225.00 | -24.64 | -24.64 | 19.45 | 99.55 | 2.65 | -45.76 | -100.76 |
| 226.00 | -25.07 | -24.21 | 19.10 | 99.22 | 2.66 | -47.63 | -102.63 |
| 227.00 | -25.48 | -23.76 | 18.75 | 98.89 | 2.68 | -49.53 | -104.53 |
| 228.00 | -25.90 | -23.32 | 18.40 | 98.56 | 2.70 | -51.44 | -106.44 |
| 229.00 | -26.30 | -22.86 | 18.04 | 98.25 | 2.72 | -53.37 | -108.37 |
| 230.00 | -26.69 | -22.40 | 17.68 | 97.93 | 2.73 | -55.32 | -110.32 |
| 231.00 | -27.08 | -21.93 | 17.31 | 97.63 | 2.75 | -57.29 | -112.29 |
| 232.00 | -27.46 | -21.45 | 16.93 | 97.33 | 2.78 | -59.28 | -114.28 |
| 233.00 | -27.83 | -20.97 | 16.55 | 97.04 | 2.80 | -61.29 | -116.29 |
| 234.00 | -28.19 | -20.48 | 16.16 | 96.75 | 2.82 | -63.33 | -118.33 |
| 235.00 | -28.54 | -19.99 | 15.77 | 96.47 | 2.84 | -65.38 | -120.38 |
| 236.00 | -28.89 | -19.49 | 15.38 | 96.20 | 2.87 | -67.46 | -122.46 |
| 237.00 | -29.22 | -18.98 | 14.98 | 95.94 | 2.89 | -69.56 | -124.56 |
| 238.00 | -29.55 | -18.47 | 14.57 | 95.68 | 2.92 | -71.68 | -126.68 |
| 239.00 | -29.87 | -17.95 | 14.16 | 95.43 | 2.95 | -73.82 | -128.82 |
| 240.00 | -30.18 | -17.42 | 13.75 | 95.18 | 2.97 | -75.99 | -130.99 |
| 241.00 | -30.48 | -16.89 | 13.33 | 94.95 | 3.00 | -78.18 | -133.18 |
| 242.00 | -30.77 | -16.36 | 12.91 | 94.72 | 3.03 | -80.39 | -135.39 |
| 243.00 | -31.05 | -15.82 | 12.48 | 94.50 | 3.06 | -82.63 | -137.63 |
| 244.00 | -31.32 | -15.28 | 12.06 | 94.28 | 3.10 | -84.89 | -139.89 |
| 245.00 | -31.58 | -14.73 | 11.62 | 94.08 | 3.13 | -87.18 | -142.18 |
| 246.00 | -31.83 | -14.17 | 11.19 | 93.88 | 3.16 | -89.49 | -144.49 |
| 247.00 | -32.08 | -13.62 | 10.75 | 93.69 | 3.20 | -91.82 | -146.82 |
| 248.00 | -32.31 | -13.05 | 10.30 | 93.50 | 3.23 | -94.17 | -149.17 |
| 249.00 | -32.53 | -12.49 | 9.86 | 93.33 | 3.27 | -96.55 | -151.55 |
| 250.00 | -32.74 | -11.92 | 9.41 | 93.16 | 3.31 | -98.96 | -153.96 |
| 251.00 | -32.95 | -11.34 | 8.95 | 93.00 | 3.35 | -101.38 | -156.38 |
| 252.00 | -33.14 | -10.77 | 8.50 | 92.85 | 3.39 | -103.83 | -158.83 |
| 253.00 | -33.32 | -10.19 | 8.04 | 92.70 | 3.43 | -106.30 | -161.30 |
| 254.00 | -33.50 | -9.60 | 7.58 | 92.57 | 3.47 | -108.79 | -163.79 |
| 255.00 | -33.66 | -9.02 | 7.12 | 92.44 | 3.52 | -111.29 | -166.29 |
| 256.00 | -33.81 | -8.43 | 6.65 | 92.32 | 3.56 | -113.82 | -168.82 |
| 257.00 | -33.95 | -7.84 | 6.19 | 92.20 | 3.61 | -116.37 | -171.37 |
| 258.00 | -34.08 | -7.24 | 5.72 | 92.10 | 3.66 | -118.93 | -173.93 |
| 259.00 | -34.21 | -6.65 | 5.25 | 92.01 | 3.71 | -121.52 | -176.52 |
| 260.00 | -34.32 | -6.05 | 4.78 | 91.92 | 3.76 | -124.11 | -179.11 |
| 261.00 | -34.42 | -5.45 | 4.30 | 91.84 | 3.81 | -126.72 | -181.72 |



new energy

Eni New Energy SpA

ID Documento Committente

SY2400FGRU00147

Pagina
16 / 22

Stato di
Validità

Numero
Revisione

CS-FS

01

| | | | | | | | |
|--------|--------|-------|--------|-------|------|---------|---------|
| 262.00 | -34.51 | -4.85 | 3.83 | 91.77 | 3.86 | -129.34 | -184.34 |
| 263.00 | -34.59 | -4.25 | 3.35 | 91.70 | 3.91 | -131.97 | -186.97 |
| 264.00 | -34.65 | -3.64 | 2.87 | 91.65 | 3.97 | -134.61 | -189.61 |
| 265.00 | -34.71 | -3.04 | 2.40 | 91.60 | 4.02 | -137.25 | -192.25 |
| 266.00 | -34.76 | -2.43 | 1.92 | 91.57 | 4.08 | -139.90 | -194.90 |
| 267.00 | -34.80 | -1.82 | 1.44 | 91.54 | 4.14 | -142.56 | -197.56 |
| 268.00 | -34.82 | -1.22 | 0.96 | 91.52 | 4.20 | -145.21 | -200.21 |
| 269.00 | -34.84 | -0.61 | 0.48 | 91.50 | 4.26 | -147.86 | -202.86 |
| 270.00 | -34.85 | 0.00 | 0.00 | 91.50 | 4.32 | -150.50 | -205.50 |
| 271.00 | -34.84 | 0.61 | -0.48 | 91.50 | 4.38 | -153.14 | -208.14 |
| 272.00 | -34.82 | 1.22 | -0.96 | 91.52 | 4.45 | -155.76 | -210.76 |
| 273.00 | -34.80 | 1.82 | -1.44 | 91.54 | 4.51 | -158.37 | -213.37 |
| 274.00 | -34.76 | 2.43 | -1.92 | 91.57 | 4.58 | -160.97 | -215.97 |
| 275.00 | -34.71 | 3.04 | -2.40 | 91.60 | 4.64 | -163.54 | -218.54 |
| 276.00 | -34.65 | 3.64 | -2.87 | 91.65 | 4.71 | -166.09 | -221.09 |
| 277.00 | -34.59 | 4.25 | -3.35 | 91.70 | 4.78 | -168.62 | -223.62 |
| 278.00 | -34.51 | 4.85 | -3.83 | 91.77 | 4.85 | -171.11 | -226.11 |
| 279.00 | -34.42 | 5.45 | -4.30 | 91.84 | 4.92 | -173.57 | -228.57 |
| 280.00 | -34.32 | 6.05 | -4.78 | 91.92 | 4.99 | -175.99 | -230.99 |
| 281.00 | -34.21 | 6.65 | -5.25 | 92.01 | 5.06 | -178.38 | -233.38 |
| 282.00 | -34.08 | 7.24 | -5.72 | 92.10 | 5.13 | -180.71 | -235.71 |
| 283.00 | -33.95 | 7.84 | -6.19 | 92.20 | 5.21 | -183.00 | -238.00 |
| 284.00 | -33.81 | 8.43 | -6.65 | 92.32 | 5.28 | -185.24 | -240.24 |
| 285.00 | -33.66 | 9.02 | -7.12 | 92.44 | 5.36 | -187.42 | -242.42 |
| 286.00 | -33.50 | 9.60 | -7.58 | 92.57 | 5.43 | -189.53 | -244.53 |
| 287.00 | -33.32 | 10.19 | -8.04 | 92.70 | 5.51 | -191.59 | -246.59 |
| 288.00 | -33.14 | 10.77 | -8.50 | 92.85 | 5.58 | -193.57 | -248.57 |
| 289.00 | -32.95 | 11.34 | -8.95 | 93.00 | 5.66 | -195.49 | -250.49 |
| 290.00 | -32.74 | 11.92 | -9.41 | 93.16 | 5.74 | -197.33 | -252.33 |
| 291.00 | -32.53 | 12.49 | -9.86 | 93.33 | 5.82 | -199.08 | -254.08 |
| 292.00 | -32.31 | 13.05 | -10.30 | 93.50 | 5.89 | -200.76 | -255.76 |
| 293.00 | -32.08 | 13.62 | -10.75 | 93.69 | 5.97 | -202.34 | -257.34 |
| 294.00 | -31.83 | 14.17 | -11.19 | 93.88 | 6.05 | -203.84 | -258.84 |
| 295.00 | -31.58 | 14.73 | -11.62 | 94.08 | 6.13 | -205.24 | -260.24 |
| 296.00 | -31.32 | 15.28 | -12.06 | 94.28 | 6.21 | -206.54 | -261.54 |
| 297.00 | -31.05 | 15.82 | -12.48 | 94.50 | 6.29 | -207.73 | -262.73 |
| 298.00 | -30.77 | 16.36 | -12.91 | 94.72 | 6.37 | -208.83 | -263.83 |
| 299.00 | -30.48 | 16.89 | -13.33 | 94.95 | 6.45 | -209.81 | -264.81 |
| 300.00 | -30.18 | 17.42 | -13.75 | 95.18 | 6.53 | -210.68 | -265.68 |
| 301.00 | -29.87 | 17.95 | -14.16 | 95.43 | 6.60 | -211.43 | -266.43 |
| 302.00 | -29.55 | 18.47 | -14.57 | 95.68 | 6.68 | -212.07 | -267.07 |

| | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--|--|--|--|----------------------|---------------------|
|  eni new energy Eni New Energy SpA | ID Documento Committente SY2400FGRU00147 | | | | | Pagina 17 / 22 | |
| | | | | | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | CS-FS | | | | | 01 | |

| | | | | | | | |
|--------|--------|-------|--------|--------|------|---------|---------|
| 303.00 | -29.22 | 18.98 | -14.98 | 95.94 | 6.76 | -212.58 | -267.58 |
| 304.00 | -28.89 | 19.49 | -15.38 | 96.20 | 6.84 | -212.97 | -267.97 |
| 305.00 | -28.54 | 19.99 | -15.77 | 96.47 | 6.92 | -213.24 | -268.24 |
| 306.00 | -28.19 | 20.48 | -16.16 | 96.75 | 7.00 | -213.37 | -268.37 |
| 307.00 | -27.83 | 20.97 | -16.55 | 97.04 | 7.07 | -213.37 | -268.37 |
| 308.00 | -27.46 | 21.45 | -16.93 | 97.33 | 7.15 | -213.24 | -268.24 |
| 309.00 | -27.08 | 21.93 | -17.31 | 97.63 | 7.23 | -212.97 | -267.97 |
| 310.00 | -26.69 | 22.40 | -17.68 | 97.93 | 7.30 | -212.57 | -267.57 |
| 311.00 | -26.30 | 22.86 | -18.04 | 98.25 | 7.38 | -212.02 | -267.02 |
| 312.00 | -25.90 | 23.32 | -18.40 | 98.56 | 7.45 | -211.34 | -266.34 |
| 313.00 | -25.48 | 23.76 | -18.75 | 98.89 | 7.52 | -210.51 | -265.51 |
| 314.00 | -25.07 | 24.21 | -19.10 | 99.22 | 7.60 | -209.54 | -264.54 |
| 315.00 | -24.64 | 24.64 | -19.45 | 99.55 | 7.67 | -208.42 | -263.42 |
| 316.00 | -24.21 | 25.07 | -19.78 | 99.90 | 7.74 | -207.16 | -262.16 |
| 317.00 | -23.76 | 25.48 | -20.11 | 100.25 | 7.81 | -205.76 | -260.76 |
| 318.00 | -23.32 | 25.90 | -20.44 | 100.60 | 7.88 | -204.20 | -259.20 |
| 319.00 | -22.86 | 26.30 | -20.75 | 100.96 | 7.95 | -202.51 | -257.51 |
| 320.00 | -22.40 | 26.69 | -21.07 | 101.32 | 8.02 | -200.66 | -255.66 |
| 321.00 | -21.93 | 27.08 | -21.37 | 101.69 | 8.09 | -198.67 | -253.67 |
| 322.00 | -21.45 | 27.46 | -21.67 | 102.07 | 8.15 | -196.53 | -251.53 |
| 323.00 | -20.97 | 27.83 | -21.96 | 102.45 | 8.22 | -194.25 | -249.25 |
| 324.00 | -20.48 | 28.19 | -22.25 | 102.84 | 8.28 | -191.83 | -246.83 |
| 325.00 | -19.99 | 28.54 | -22.53 | 103.23 | 8.34 | -189.26 | -244.26 |
| 326.00 | -19.49 | 28.89 | -22.80 | 103.62 | 8.40 | -186.54 | -241.54 |
| 327.00 | -18.98 | 29.22 | -23.06 | 104.02 | 8.46 | -183.69 | -238.69 |
| 328.00 | -18.47 | 29.55 | -23.32 | 104.43 | 8.52 | -180.69 | -235.69 |
| 329.00 | -17.95 | 29.87 | -23.57 | 104.84 | 8.58 | -177.56 | -232.56 |
| 330.00 | -17.42 | 30.18 | -23.82 | 105.25 | 8.64 | -174.29 | -229.29 |
| 331.00 | -16.89 | 30.48 | -24.05 | 105.67 | 8.69 | -170.89 | -225.89 |
| 332.00 | -16.36 | 30.77 | -24.28 | 106.09 | 8.75 | -167.35 | -222.35 |
| 333.00 | -15.82 | 31.05 | -24.50 | 106.52 | 8.80 | -163.68 | -218.68 |
| 334.00 | -15.28 | 31.32 | -24.72 | 106.94 | 8.85 | -159.89 | -214.89 |
| 335.00 | -14.73 | 31.58 | -24.92 | 107.38 | 8.90 | -155.97 | -210.97 |
| 336.00 | -14.17 | 31.83 | -25.12 | 107.81 | 8.95 | -151.92 | -206.92 |
| 337.00 | -13.62 | 32.08 | -25.31 | 108.25 | 8.99 | -147.76 | -202.76 |
| 338.00 | -13.05 | 32.31 | -25.50 | 108.70 | 9.04 | -143.48 | -198.48 |
| 339.00 | -12.49 | 32.53 | -25.67 | 109.14 | 9.08 | -139.09 | -194.09 |
| 340.00 | -11.92 | 32.74 | -25.84 | 109.59 | 9.12 | -134.58 | -189.58 |
| 341.00 | -11.34 | 32.95 | -26.00 | 110.05 | 9.17 | -129.97 | -184.97 |
| 342.00 | -10.77 | 33.14 | -26.15 | 110.50 | 9.20 | -125.26 | -180.26 |
| 343.00 | -10.19 | 33.32 | -26.30 | 110.96 | 9.24 | -120.45 | -175.45 |



new energy
Eni New Energy SpA

ID Documento Committente
SY2400FGRU00147

Pagina
18 / 22

Stato di
Validità

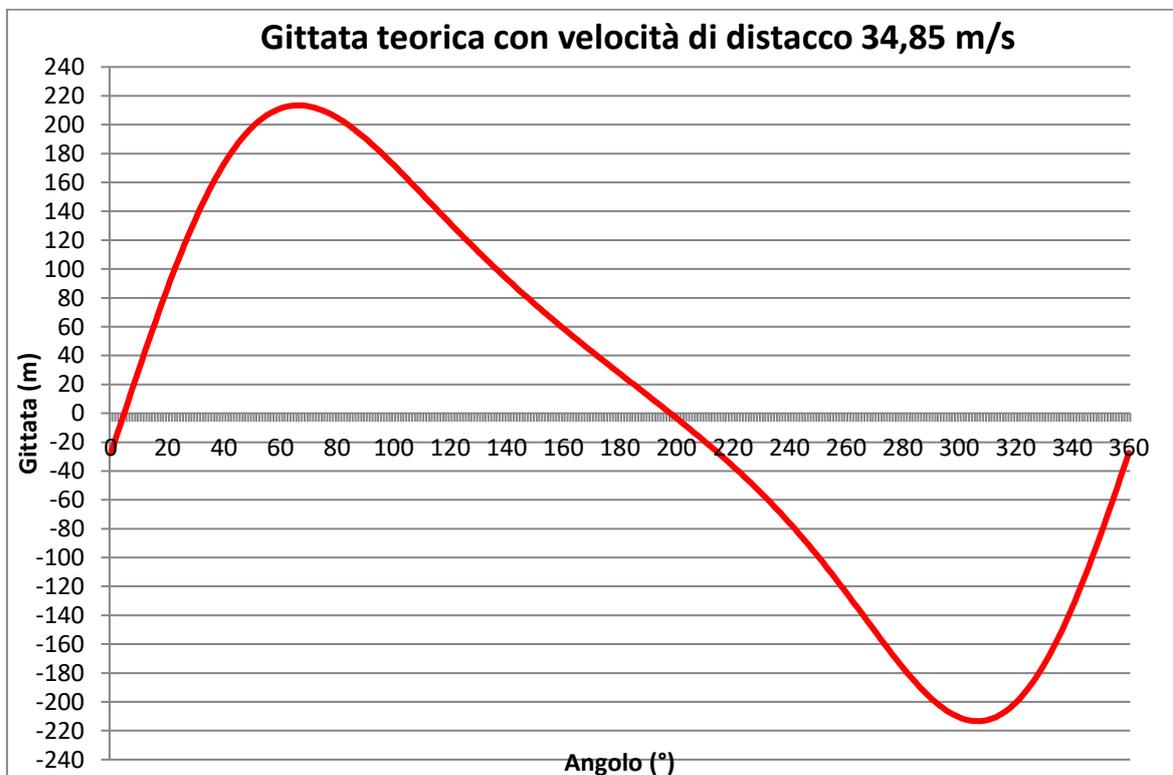
Numero
Revisione

CS-FS

01

| | | | | | | | |
|--------|-------|-------|--------|--------|------|---------|---------|
| 344.00 | -9.60 | 33.50 | -26.43 | 111.42 | 9.28 | -115.54 | -170.54 |
| 345.00 | -9.02 | 33.66 | -26.56 | 111.88 | 9.31 | -110.54 | -165.54 |
| 346.00 | -8.43 | 33.81 | -26.68 | 112.35 | 9.34 | -105.45 | -160.45 |
| 347.00 | -7.84 | 33.95 | -26.80 | 112.81 | 9.38 | -100.28 | -155.28 |
| 348.00 | -7.24 | 34.08 | -26.90 | 113.28 | 9.40 | -95.03 | -150.03 |
| 349.00 | -6.65 | 34.21 | -26.99 | 113.75 | 9.43 | -89.71 | -144.71 |
| 350.00 | -6.05 | 34.32 | -27.08 | 114.22 | 9.46 | -84.31 | -139.31 |
| 351.00 | -5.45 | 34.42 | -27.16 | 114.70 | 9.48 | -78.85 | -133.85 |
| 352.00 | -4.85 | 34.51 | -27.23 | 115.17 | 9.51 | -73.33 | -128.33 |
| 353.00 | -4.25 | 34.59 | -27.30 | 115.65 | 9.53 | -67.75 | -122.75 |
| 354.00 | -3.64 | 34.65 | -27.35 | 116.13 | 9.55 | -62.12 | -117.12 |
| 355.00 | -3.04 | 34.71 | -27.40 | 116.60 | 9.56 | -56.44 | -111.44 |
| 356.00 | -2.43 | 34.76 | -27.43 | 117.08 | 9.58 | -50.72 | -105.72 |
| 357.00 | -1.82 | 34.80 | -27.46 | 117.56 | 9.59 | -44.96 | -99.96 |
| 358.00 | -1.22 | 34.82 | -27.48 | 118.04 | 9.61 | -39.16 | -94.16 |
| 359.00 | -0.61 | 34.84 | -27.50 | 118.52 | 9.62 | -33.34 | -88.34 |
| 360.00 | 0.00 | 34.85 | -27.50 | 119.00 | 9.62 | -27.50 | -82.50 |

Di seguito si riporta il grafico della gittata in funzione dell'angolo e della velocità di distacco.



| | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|---------------------|
|  eni new energy Eni New Energy SpA | ID Documento Committente SY2400FGRU00147 | Pagina 19 / 22 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CS-FS | 01 |

Nel grafico si propone la gittata teorica nel caso in cui si distacchi l'intera pala dal mozzo con una velocità di 34,85 m/ s, che costituisce la massima velocità raggiunta dal baricentro della pala allorquando il rotore compie 12.1 rivoluzioni per minuto.

La massima gittata teorica è di circa 213 m.

Nell'ipotesi più sfavorevole che la punta della pala atterri in posizione orizzontale rispetto al baricentro nella direzione del moto si può calcolare la massima gittata della punta della pala come:

Massima gittata teorica + 2/3 (lunghezza pala)

La gittata massima quindi è pari a $213.38m + 2/3 \times 82.5m = 268.38m$

Si sottolinea che il valore calcolato sovrastima quello reale della gittata massima; infatti la presenza dell'aria, genera delle forze di resistenza viscosse che agendo sulla superficie del frammento ne riducono tempo di volo e distanza.

| | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------|------------------|
|  eni new energy Eni New Energy SpA | ID Documento Committente SY2400FGRU00147 | Pagina 20 / 22 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CS-FS | 01 |

6 CONSIDERAZIONI FINALI

Ponendosi quindi nelle condizioni peggiori si è dimostrato che l'impatto della stessa avviene a distanze contenute, infatti nel caso di rottura il valore massimo di gittata ottenuto dai calcoli, è di circa 268m.

Si tenga presente che tale valore nella realtà risulta inferiore; difatti è giusto considerare simultaneamente le condizioni peggiori di velocità del vento, di angolo di lancio, velocità di rotazione, azione di portanza sul profilo alare dopo il distacco, ma le cause che porterebbero ad un eventuale distacco della pala o parte di essa sono rappresentate prevalentemente da un colpo di fulmine o da un urto accidentale di notevole intensità agente alla base della torre.

L'accadimento di tali fenomeni ha un valore di rischio molto basso, resi ancora più bassi dal fattore di contemporaneità. Si tenga conto che tutte le turbine eoliche sono dotate di un complesso sistema parafulmine, e per quanto riguarda l'urto non è pensabile potersi tutelare da un incidente, quale un velivolo o altro, che impatta sul rotore di una turbina o alla base della torre.

Le principali banche dati esistenti al mondo ed assunte per la determinazione della probabilità di uno scenario di collasso sono quelle redatte dai seguenti Enti :

- EMD, Energie- og Miljødata, in Danimarca;
- ISET, Institut für Solar Energieversorgungstechnik, in Germania

Il numero totale di incidenti e le corrispondenti popolazioni delle turbine sono riportati in Tab. 2.4 dello studio EMD, nei diversi periodi temporali (espressi in anni dal 1984 al 2000):

Table 2.4: Overview of incidents in the total wind turbine population

| Part | 84-92 | 93-00 | 84-00 | Factor | Total | Turbine Years | Notes |
|--------------|-----------|-----------|-----------|--------|-------|---------------|------------------------------------------------|
| Blades | 7 | 7 | 14 | 1.4 | 20 | 29889 | Total number of turbines |
| Tips | 1 | 2 | 3 | 1.0 | 3 | 24006 | Total number of stall turbines |
| Nacelle | 3.5 | 1 | 4.5 | 1.0 | 4.5 | 29889 | Total number of turbines |
| Tower | 1.5 | 1 | 2.5 | 1.0 | 2.5 | 29889 | Total number of turbines |
| Small Parts | | 21 | 21 | 1.0 | 21 | 17452 | Total number of turbines between 1993 and 2000 |
| TOTAL | 13 | 32 | 45 | | | | |

Nello studio ISET invece il numero totale di casi di danni critici alle turbine, potenzialmente pericolosi e quindi rilevanti ai fini dell'analisi di rischio, sono riportati nella Tab. 3.1.

Table 3.1: Number of critical turbine damage cases with the potential to cause danger to the surrounding area

| Part | Number | Turbine Years |
|-----------------------------|--------|---------------|
| Blade separation | 7 | 13000 |
| Fallen nacelle and/or rotor | 4 | 13000 |
| Tower failure | 0 | 13000 |

Gran parte dei fenomeni di collasso è stato attribuito alla fulminazione, la cui pericolosità è stata notevolmente ridotta grazie al sistema parafulmine già citato.



6.1 Recettori sensibili

Nella figura n.3 sono riportate per ogni aerogeneratore le aree di potenziale impatto in caso di distacco di un elemento calcolate in precedenza e i fabbricati in cui si ipotizza la presenza continuativa di persone per più di 4 ore consecutive.

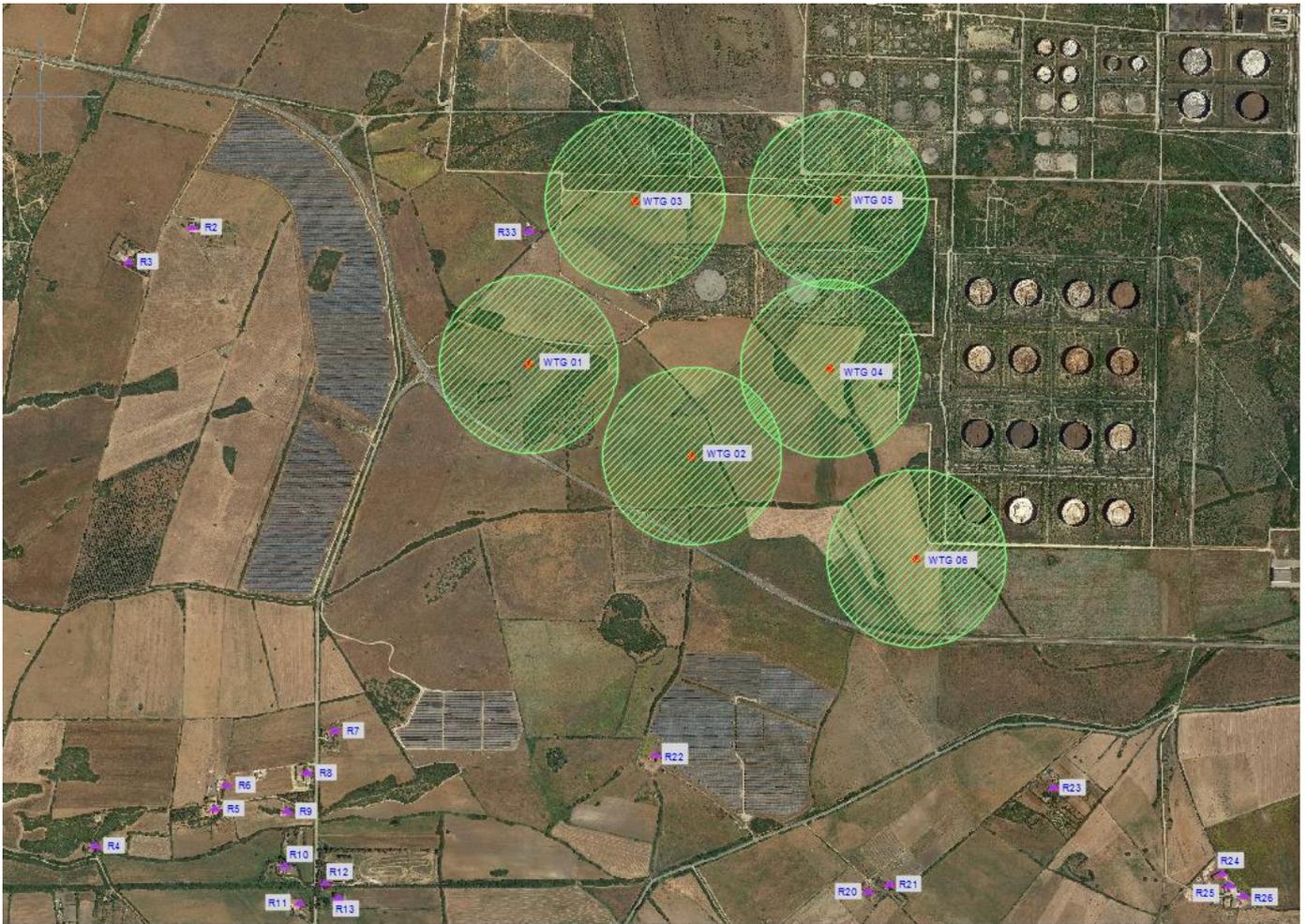


Figura 3: Planimetria aree Gittata massima ed individuazione dei fabbricati esistenti

Si può osservare che nessuno dei fabbricati ricade all'interno dell'area di potenziale impatto. All'interno del raggio di gittata dell'aerogeneratore WTG01, circa 200 m a ovest della base della pala, è presente un vecchio casolare (figura 4). Come si evince dalla foto e come confermato dal sopralluogo effettuato, il fabbricato risulta abbandonato e quindi non rientra nell'ambito di applicazione delle valutazioni sopra effettuate.

| | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|---------------------|
|  new energy Eni New Energy SpA | ID Documento Committente SY2400FGRU00147 | Pagina 22 / 22 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CS-FS | 01 |



Figura 4: fabbricato nell'area di pericolosità del WTG01– Casolare