

**PROVINCIA DI PALERMO E CALTANISSETTA  
COMUNI DI POLIZZI GENEROSA - CASTELLANA SICULA -  
SCLAFANI BAGNI - VALLELUNGA PRATAMENO E VILLALBA**

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI POLIZZI GENEROSA, CASTELLANA SICULA, SCLAFANI BAGNI (PA), VALLELUNGA PRATAMENO, VILLALBA (CL) COMPOSTO DA 11 AEROGENERATORI DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 66 MW



Committente

**Edison Rinnovabili S.p.A.**

Foro Buonaparte, 31  
20121 Milano



Elaborazione

Progettista

**DCC s.r.l.**  
**Development**  
**Consulting**  
**Company**

DCC srl - Via Edmondo De Amicis, 15 - 90143  
Palermo (PA)  
Cap. Soc. € 10.000,00 i.v. Registro Imprese  
CCIAA Palermo ed Enna  
C.F. e P.IVA 06948730822 email:  
[dccsrl2050@gmail.com](mailto:dccsrl2050@gmail.com)  
Mobile: +39 3666609133

**Ing. Leonardo Trubia**  
Via Leone XIII, 50 - 90020 Castellana Sicula  
Tel. 0921 562456  
e-mail [leotrubia@libero.it](mailto:leotrubia@libero.it)

TAVOLA	OGGETTO:
PRORL0027	Relazione Shadow Flickering
SCALA: -	NOME FILE: PRORL0027 – Relazione Shadow Flickering
	DATA <i>Giugno 2023</i>

Proponente:

Coordinatori:

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	EMISSIONE	06/06/2023	Ing. Leonardo Trubia	DCC S.r.l.	Edison Rinnovabili S.p.A.



**Edison Rinnovabili Spa**

Foro Buonaparte, 31  
20121 Milano  
Tel. +39 02 6222 1  
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 66 MW denominato "Turrumè"  
**Comuni di Polizzi Generosa, Castellana Sicula, Sclafani Bagni,  
Vallelunga Pratameno e Villalba**

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

## Sommario

1	Premessa.....	2
<b>1.1</b>	<b>Il soggetto proponente .....</b>	<b>2</b>
2	Inquadramento territoriale dell'intervento.....	3
4	Normativa di riferimento .....	10
5	Individuazione dei recettori.....	12
6	Software utilizzato e modello di calcolo .....	12
7	Considerazioni finali .....	14



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31  
20121 Milano  
Tel. +39 02 6222 1  
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 66 MW denominato "Turrumè"  
**Comuni di Polizzi Generosa, Castellana Sicula, Sclafani Bagni,  
Vallelunga Pratameno e Villalba**

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

## 1 Premessa

Il presente documento descrive i risultati della valutazione **sullo Shadow Flickering** del Progetto per la realizzazione di un impianto di generazione di energia da fonte eolica, costituito da 11 aerogeneratori. L'aerogeneratore preso come riferimento in questa fase di progettazione è del produttore VESTAS, con altezza complessiva massima di 180 metri, altezza al mozzo compresa tra 105 e 114 metri e diametro del rotore massimo di 155 metri. Ogni aerogeneratore è servito da un piazzale di circa 2400 m<sup>2</sup> accessibile a mezzo di piste in misto stabilizzato di cava ampie tra i 4 e i 5 metri. Non si prevede la realizzazione di altre opere fuori terra oltre agli aerogeneratori ed alle opere di connessione, dal momento che tutti i macchinari elettrici sono collocati all'interno delle navicelle mentre i cavidotti di connessione saranno interrati.

La potenza complessiva d'impianto sarà pari a 66 MW. L'impianto in progetto ricade nel comune di Polizzi Generosa, Vallelunga Pratameno, Castellana Sicula, Sclafani Bagni (interessato solo dal passaggio cavidotto interrato MT 30kV su strada esistente), mentre le opere di connessione alla Rete Elettrica Nazionale interessano anche il Comune di Villalba.

### 1.1 Il soggetto proponente

Il parco eolico sarà realizzato grazie alla collaborazione fra aziende che vantano una ormai decennale esperienza nel settore impiantistico e che possiedono, al loro interno, professionalità di caratura internazionale nel campo della realizzazione e della gestione di impianti di produzione di energia eolica.

La società realizzatrice dell'impianto è Edison Rinnovabili S.p.A. In circa 130 anni di storia aziendale, Edison ha saputo consolidarsi in vari settori ampliando le attività in cui è presente, in particolare quello della produzione, distribuzione e vendita di energia elettrica; i parchi di produzione energetica di Edison sono altamente sostenibili, flessibili ed efficienti e sono composti da impianti termoelettrici a ciclo combinato a gas (CCGT), impianti idroelettrici, eolici, solari e a biomasse.

Oggi Edison è il secondo operatore in Italia nel settore eolico (con una capacità installata soprattutto nel Mezzogiorno) configurandosi come un operatore integrato lungo la filiera eolica con attività che vanno dalla produzione alla gestione e manutenzione degli impianti fino alla vendita dell'energia.



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31  
20121 Milano  
Tel. +39 02 6222 1  
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 66 MW denominato "Turrumè"  
**Comuni di Polizzi Generosa, Castellana Sicula, Sclafani Bagni,  
Vallelunga Pratameno e Villalba**

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

## 2 Inquadramento territoriale dell'intervento

L'area di impianto si trova nel comune di Polizzi Generosa, Vallelunga Pratameno, Castellana Sicula, Sclafani Bagni (interessato solo dal passaggio cavidotto interrato MT 30kV su strada esistente), mentre le opere di connessione alla Rete Elettrica Nazionale interessano anche il Comune di Villalba.

In particolare, rispetto ai centri abitati dei già citati comuni interessati, l'impianto è così ubicato:

- A Sud-Ovest del centro abitato di **Polizzi Generosa** (PA) a circa 14Km;
- A Sud- Ovest del centro abitato di **Castellana Sicula** (PA) a circa 14Km;
- A Sud del centro abitato di **Sclafani Bagni** (PA) a circa 12Km;
- A Est del centro abitato di **Vallelunga Pratameno** (CL) a circa 3Km;
- A Nord-Est del centro abitato di **Villalba** (CL) a circa 3,5Km

Il sito è facilmente raggiungibile dalla SS121, (uscendo dal centro di Vallelunga Pratameno in direzione Resuttano, e viceversa);

Con riferimento alla cartografia della serie IGM 25 in scala 1:25000 il parco eolico (inteso come l'insieme degli aerogeneratori e delle piste che li collegano) ricade nel Foglio 259-II-SE, mentre le opere di connessione interessano anche il Foglio 267-I-NE. In relazione alla Carta tecnica regionale in scala 1:10000 invece il parco eolico ricade nei Fogli 621070, 621080, 621110 e 621120, mentre le opere di connessione interessano anche il Foglio 621150.

Dall'esame del P.R.G. vigente, emerge che le aree destinate all'installazione degli aerogeneratori ricadono tutte in **Zona E - Aree Agricole**, ne deriva che la copertura vegetale dell'area di intervento è caratterizzata principalmente dall'uso agricolo.



**Edison Rinnovabili Spa**  
Foro Buonaparte, 31  
20121 Milano  
Tel. +39 02 6222.1  
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 66 MW denominato "Turrumè"  
**Comuni di Polizzi Generosa, Castellana Sicula, Sclafani Bagni,  
Vallelunga Pratameno e Villalba**

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

L'area d'interesse è caratterizzata da una morfologia collinare e da pendenze relativamente modeste; la quota altimetrica media dei siti interessati è compresa tra di 580 m s.l.m. e mai superiore ai 670 m s.l.m. e la ventosità a 100 metri di altezza, come riportato dal CESI, è compresa tra 5 m/s e 7 m/s. La tabella che segue identifica il modello, l'identificativo, la posizione geografica (coordinate in formato WGS84) e catastale degli aerogeneratori che compongono il Parco eolico di progetto.

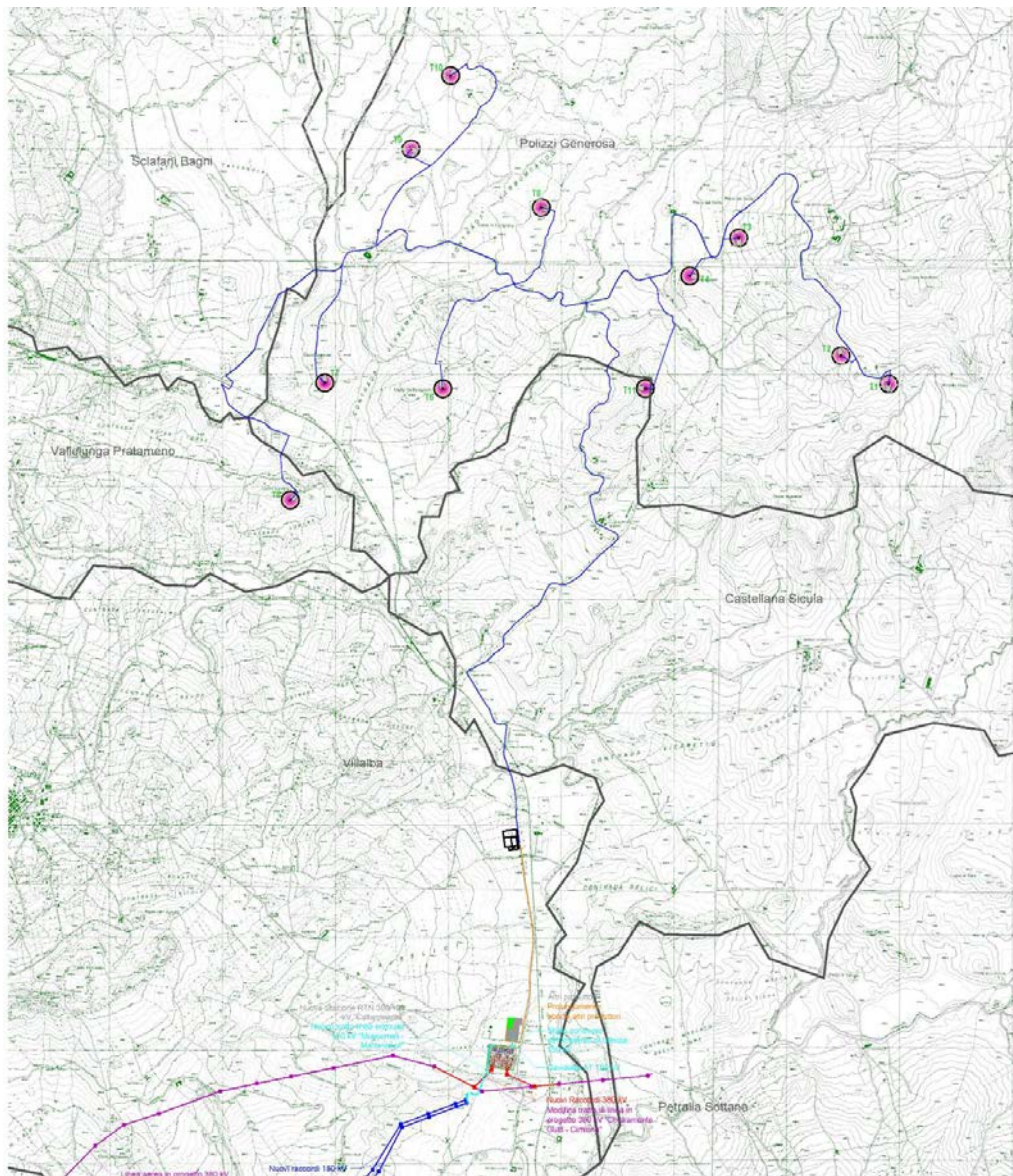
Identificativo aerogeneratore	Coordinate WGS84		Identificativo Catastale		
	Latitudine	Longitudine	Comune	Foglio	Particella
T1	37°41'22.97"N	13°55'57.36"E	Polizzi Generosa (PA)	66	90
T2	37°41'30.61"N	13°55'42.22"E	Polizzi Generosa (PA)	66	5
T3	37°42'3.59"N	13°55'3.66"E	Polizzi Generosa (PA)	65	132 41
T4	37°41'52.90"N	13°54'45.80"E	Polizzi Generosa (PA)	65	105 31
T5	37°40'48.89"N	13°52'21.40"E	Vallelunga Pratameno (CL)	28	28-29-30- 255-26
T6	37°41'21.30"N	13°53'15.35"E	Polizzi Generosa (PA)	69	101
T7	37°41'23.74"N	13°52'33.91"E	Polizzi Generosa (PA)	68	88
T8	37°42'12.35"N	13°53'52.69"E	Polizzi Generosa (PA)	63	69
T9	37°42'29.60"N	13°53'3.93"E	Polizzi Generosa (PA)	62	58-73
T10	37°42'50.48"N	13°53'16.97"E	Polizzi Generosa (PA)	62	43
T11	37°41'20.34"N	13°54'30.60"E	Castellana Sicula (PA)	41	73

Tabella 1 – Riferimento geografico-catastale dell'impianto eolico

Ogni aerogeneratore sarà servito da un piazzale di circa 60x40 metri, accessibile a mezzo di strade bianche in misto stabilizzato di cava ampie tra i 4 e i 5 metri.

Si riporta di seguito uno schema di inquadramento territoriale dell'intervento.





*Figura 1 - Corografia di inquadramento del parco eolico*



**Edison Rinnovabili Spa**  
Foro Buonaparte, 31  
20121 Milano  
Tel. +39 02 6222.1  
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 66 MW denominato "Turrumè"  
**Comuni di Polizzi Generosa, Castellana Sicula, Sclafani Bagni,  
Vallelunga Pratameno e Villalba**

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

### 3 Fenomenologia dello *Shadow Flickering*

Le turbine eoliche, come altre strutture fortemente sviluppate in altezza, proiettano un'ombra sulle aree adiacenti in presenza della luce solare diretta. Il fenomeno dello "*Shadow flickering*" indica l'effetto di ombreggiamento intermittente, espressione comunemente utilizzata per descrivere la variazione di intensità luminosa che si verifica quando le pale del rotore in movimento "intercettano" la luce solare causando appunto il fenomeno di ombreggiamento intermittente.

Nel caso specifico di un impianto di produzione energetica da fonte eolica il fenomeno è generato dalla proiezione, al suolo o su un recettore, dell'ombra prodotta dalle pale degli aerogeneratori in rotazione quando una fonte luminosa (il sole) si trova alle spalle.

La variazione alternata di intensità luminosa dal punto di vista di un potenziale recettore, a lungo andare, può provocare fastidio ai possibili occupanti esposti al fenomeno stesso.

Tale fenomeno risulta non presente quando, in assenza di vento, le pale non sono in movimento oppure quando la radiazione solare è occultata dalla presenza di nubi o nebbie.

Studi condotti sui possibili effetti dello *shadow flickering* sulla salute umana, evidenziano come, dal punto di vista di un potenziale recettore le frequenze che possono causare fastidi risultano comprese tra i 2,5 ed i 20 Hz (*Verkuijlen and Westra, 1984*).

È da attenzionare che ad oggi i recenti aerogeneratori tripala presentano operatività con velocità di rotazione ridotta e molto al di sotto dei 35 RPM (1,75 Hz) minore quindi alla frequenza definita critica di 2,5 Hz individuata in letteratura.

In merito a quanto sopra esposto risulta doveroso definire ed elencare nella seguente tabella i dati operativi delle turbine "Vestas V150-6.0" adoperati per la simulazione del presente elaborato:



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31  
20121 Milano  
Tel. +39 02 6222 1  
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 66 MW denominato "Turrumè"  
**Comuni di Polizzi Generosa, Castellana Sicula, Sclafani Bagni,  
Vallelunga Pratameno e Villalba**

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

Dati costruttivi e di esercizio	
Vestas V150-6.0	
Potenza Nominale: 6.00 MW	
Rotore	
Tipo	3 pale
Diametro	150m
Area Spazzata	17.671 m <sup>2</sup>
Tilt	6°
Pale	
Lunghezza	73,65 m
Larghezza MAX	4,2 m
Materiale	Fibra di vetro/Carbonio/Plastica
Colore	Bianco/Grigi
Torre	
Tipo	Tubolare
Altezza hub	105
Colore	Bianco/Grigi
Dati operativi	
Cut-in Wind Speed	3 m/s
Cut-out Wind Speed	25 m/s
RPM Max	12,6

Tabella 2 - dati operativi riferiti al modello di aerogeneratore utilizzato nella simulazione





**Edison Rinnovabili Spa**  
Foro Buonaparte, 31  
20121 Milano  
Tel. +39 02 6222 1  
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 66 MW denominato "Turrumè"  
**Comuni di Polizzi Generosa, Castellana Sicula, Sclafani Bagni,  
Vallelunga Pratameno e Villalba**

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

Lo *Shadow flickering* può causare disturbi se sperimentato da un ricettore per periodi prolungati. Le condizioni che ne favoriscono il fenomeno risultano essere:

- La presenza di un livello sufficiente di intensità luminosa;
- L'assenza di ostacoli tra il ricettore e l'aerogeneratore;
- L'orientamento perpendicolare del rotore rispetto alla congiungente sole-ricettore di fatti quando il piano del rotore è perpendicolare alla linea sole-ricettore, l'ombra proiettata dalle pale muove all'interno di un "disco" causando l'effetto di *shadow flickering*. Invece, se il piano del rotore è in linea con il sole, l'effetto di *shadow flickering* sarebbe trascurabile.

Oltre quanto detto affinché il fenomeno possa essere definito non trascurabile devono sussistere le seguenti condizioni:

- La posizione del sole produca una luminosità sufficiente (almeno 10° sull'orizzonte per la latitudine di progetto) e che non vi sia un'elevata copertura dalle nubi;
- Le pale del rotore siano in movimento quindi in rotazione;
- L'aerogeneratore e il ricettore non siano troppo distanti, perché le ombre risultanti proiettate sono di maggiore intensità nell'area più prossima all'aerogeneratore.

Le relazioni spaziali tra un aerogeneratore e un'abitazione, insieme alla direzione del vento, sono fattori critici per la durata del fenomeno di *shadow flicker*. Questo fenomeno potrebbe verificarsi all'alba o al tramonto quando le ombre sono molto lunghe e la radiazione solare diretta è meno intensa a causa dell'elevazione solare ridotta, per distanze di circa 500 metri. Tuttavia, al di là di una certa distanza, l'ombra smette di essere un problema poiché il rapporto tra lo spessore della pala dell'aerogeneratore e il diametro apparente del sole diventa molto piccolo. Pertanto, la situazione più critica si verifica quando il piano del rotore è perpendicolare alla linea che collega l'abitazione al sole, poiché in tali condizioni l'ombra proiettata darà origine a un cerchio del diametro della pala del generatore eolico.

Anche se il fenomeno di *shadow flicker* può essere percepito anche all'esterno, diventa evidente e fastidioso soprattutto in quegli ambienti con finestre esposte alle ombre. In generale, l'area soggetta a questo fenomeno non si estende oltre un km dall'aerogeneratore, e le zone a maggiore impatto sono entro i 500 metri di distanza dalle macchine, con una durata del fenomeno di circa 200 ore all'anno. Il *flickering*, se presente, di solito dura non più di 30-40 minuti nell'arco di una giornata.

Di fatti il presente studio descriverà come l'intensità di questo fenomeno sia di gran lunga inferiore, se non nullo rispetto ai valori sopra descritti.



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31  
20121 Milano  
Tel. +39 02 6222 1  
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 66 MW denominato "Turrumè"  
**Comuni di Polizzi Generosa, Castellana Sicula, Sclafani Bagni,  
Vallelunga Pratameno e Villalba**

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

L'intensità del fenomeno di *shadow flicker* è definita come la differenza di luminosità percepita in presenza e in assenza di *flickering* in una determinata posizione. In generale, l'intensità del fenomeno dipende da diversi fattori. Se le pale dell'aerogeneratore hanno una forma rastremata con lo spessore che aumenta verso il mozzo, l'intensità del flickering sarà tanto maggiore quanto maggiore è la porzione di disco solare coperta dalla pala stessa e quanto più vicino è il ricettore. L'intensità del *flickering* sarà minima quando l'ombra prodotta è generata all'estremità delle pale. Maggiori distanze tra generatore e ricettore determinano ombre meno definite, e in tal caso l'effetto *flickering* risulterà meno intenso e meno evidente.

La finalità della presente relazione è quella di stimare le zone che potrebbero essere interessate dal fenomeno di *shadow flickering*, in relazione agli aerogeneratori presenti nel parco eolico considerato. Per valutare l'impatto del fenomeno, si possono analizzare due casi specifici. Il primo caso è quello del "*worst case*", in cui si valuta la massima durata del fenomeno, considerando cielo sempre sgombro da nubi, rotore in movimento continuo e perpendicolarità tra il rotore e il potenziale ricettore. Il secondo caso è quello del "*real case*", in cui si tiene conto del soleggiamento effettivo dell'area e delle specifiche condizioni anemologiche che determinano la reale operabilità degli aerogeneratori, valutando così la durata realistica del fenomeno.



**Edison Rinnovabili Spa**  
Foro Buonaparte, 31  
20121 Milano  
Tel. +39 02 6222 1  
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 66 MW denominato "Turrumè"  
**Comuni di Polizzi Generosa, Castellana Sicula, Sclafani Bagni,  
Vallelunga Pratameno e Villalba**

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

#### 4 Normativa di riferimento

In Italia al momento non ci sono leggi o linee guida specifiche che regolamentino i limiti di esposizione al fenomeno dello *shadow flicker* generato dagli impianti eolici, né è stata stabilita una distanza massima oltre la quale si ritiene improbabile che ci sia un impatto significativo sulla salute umana. Tuttavia, a livello internazionale ci sono diverse normative e linee guida che fissano dei limiti precisi di esposizione al fenomeno, in termini di ore/anno e ore/giorno.

La valutazione in questione mira a considerare il fenomeno, tenendo conto delle principali linee guida e normative internazionali che fissano i limiti di esposizione al di sotto dei quali gli effetti del fenomeno sulle persone sono considerati trascurabili o nulli.

Tra queste normative troviamo:

- "Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (Guideline for identification and evaluation of the optical emissions of wind turbines) (WEA-Schattenwurf-Hinweise)" del Länderausschuss für Immissionsschutz (Germania, 2002);
- "National Policy Statement for Renewable Energy Infrastructure (EN-3)" del Department of Energy and Climate Change (Regno Unito, 2011).

Per completezza, si citano anche altre normative in materia, come ad esempio:

- "Guidelines for Wind Farm Development" del Western Australian Planning Commission (Australia- Western Australia, 2004);
- "National Wind Farm Development Guidelines - Draft" dell'Environment Protection and Heritage Council (Australia-Governo Nazionale, 2010);
- "Onshore wind turbines" del Scottish Government (Scozia, 2012);
- "Arrêté du Gouvernement wallon portant conditions sectorielles relatives aux parcs d'éoliennes d'une puissance totale supérieure ou égale à 0,5 MW" del Governo Vallone (Belgio-Regione Vallone, 2014);
- "Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller" del Danish Government, Naturstyrelsen, Miljøministeriet (Danimarca, 2015).
- "Wind farm State Code Planning Guideline" del State of Queensland, Department of Infrastructure, Local Government and Planning (Australia-Stato del Queensland, 2017);
- "Policy and planning Guidelines for Development of Wind Energy Facilities in Victoria" del Victoria State Government, Department of Environment, Land, Water and Planning



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31  
20121 Milano  
Tel. +39 02 6222 1  
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 66 MW denominato "Turrumè"  
**Comuni di Polizzi Generosa, Castellana Sicula, Sclafani Bagni,  
Vallelunga Pratameno e Villalba**

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

(Australia, 2017);

- "VLAREM II" del Vlaamse overheid – Departement Leefmilieu, Natuur en Energie (Belgio-Regione delle Fiandre 2017);

La maggior parte dei paesi che hanno stabilito linee guida o regolamenti riguardanti il fenomeno dello *Shadow flicker* si sono basati sulle norme di riferimento tedesche e sui limiti di accettabilità da esse introdotti. Invece, nazioni come Austria, Brasile, Canada, India, Giappone e Polonia, in assenza di una specifica normativa o linea guida, seguono le indicazioni contenute nelle linee guida tedesche considerandole come buona pratica.

Le linee guida tedesche sono state introdotte nel 2002 dal comitato statale per il controllo dell'inquinamento e sono state adottate dalla maggior parte dei Lander come buone pratiche per la valutazione dell'impatto del fenomeno dello *shadow flickering* prodotto da un parco eolico. Secondo tali linee guida, lo *shadow flickering* deve essere valutato fino ad una distanza tale che il rotore copra il 20% del disco solare e per angoli del sole sull'orizzonte superiori a 3 gradi, ad un'altezza di 2 metri dal suolo. Inoltre, i valori limite di accettabilità stabiliti sono di massimo 30 minuti al giorno e 30 ore all'anno. Tuttavia, a distanze superiori il fenomeno è da considerarsi notevolmente rarefatto da poter produrre fastidio, mentre per angoli inferiori si ritiene schermato dalla presenza di edifici e/o vegetazione.



**Edison Rinnovabili Spa**  
Foro Buonaparte, 31  
20121 Milano  
Tel. +39 02 6222 1  
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 66 MW denominato "Turrumè"  
**Comuni di Polizzi Generosa, Castellana Sicula, Sclafani Bagni,  
Vallelunga Pratameno e Villalba**

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

## 5 Individuazione dei recettori

Al fine di valutare l'impatto del sistema di turbine eoliche proposto sugli edifici, nel periodo di Giugno 2023 previo sopralluogo, sono stati individuati i potenziali recettori sensibili all'interno di un'area corrispondente all'involuppo di zone cuscinetto circolari aventi un raggio di un km a partire dal centro coincidente all'asse del punto di posizionamento delle WTG considerate.

Sebbene il fenomeno possa essere percepito anche all'esterno degli edifici, risulta evidente e potenzialmente fastidioso negli ambienti con finestre posizionate lungo l'asse sole-turbina eolica. Per questo motivo, al fine di ottenere una valutazione cautelativa e sebbene le ispezioni in loco abbiano dato esito negativo, nella simulazione si è considerata la presenza di finestre con un'altezza e una larghezza di 1x1 metro, posizionate ad un'altezza di 2 metri dal suolo a 90 gradi di inclinazione ed inoltre disposte su tutte le facciate degli edifici considerati, rivolte quindi verso i quattro punti cardinali (N-S-E-O).

I recettori considerati possono essere identificati come:

1. Abitazioni o strutture atte ad ospitare persone al fine di dimora;
2. Allevamenti atti ad ospitare animali in maniera stanziale o temporanea.

I riferimenti dettagliati dei potenziali recettori individuati all'interno della zona cuscinetto specificata sono riportati nelle schede allegate all'elaborato:

- "Relazione recettori".

Nelle schede sono riportati i dati dei recettori individuati con identificazione del comune di riferimento, dati catastali, coordinate, tipologia di utilizzo e stato di conservazione così come le distanze dettagliate dalle WTG più prossime.

Di questi ultimi si è effettuata una scrematura eliminando tutti quei recettori che, mediante opportune valutazioni, possono essere esclusi dalla categorizzazione di "Recettori sensibili alla fenomenologia dello Shadow Flickering".

## 6 Software utilizzato e modello di calcolo

Per valutare gli effetti del fenomeno di *shadow flickering* generato da un parco eolico, vengono utilizzati spesso software specializzati in grado di simulare il comportamento del fenomeno stesso. I programmi utilizzati per la progettazione di impianti eolici includono solitamente moduli specifici per l'analisi e la valutazione del fenomeno di *flickering*.



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31  
20121 Milano  
Tel. +39 02 6222.1  
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 66 MW denominato "Turrumè"  
**Comuni di Polizzi Generosa, Castellana Sicula, Sclafani Bagni,  
Vallelunga Pratameno e Villalba**

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

Per effettuare l'analisi dell'impatto prodotto dal fenomeno di *shadow flickering* causato da un parco eolico, è necessario utilizzare un modello digitale del terreno dell'area interessata dalla progettazione, nonché le coordinate x-y-z (Est, Nord, quota) dei generatori eolici e dei possibili recettori sensibili. Inoltre, si devono considerare i dati relativi alla posizione del sole durante l'anno e le condizioni operative delle turbine nello stesso periodo. Queste informazioni sono fondamentali per condurre un'analisi accurata del fenomeno di *flickering*. Solitamente, i pacchetti software utilizzati per la progettazione di parchi eolici includono moduli specifici per il calcolo e l'analisi di questo fenomeno.

Per determinare la posizione del sole rispetto al parco eolico e ai potenziali ricevitori nel corso di un anno, è indispensabile stabilire la longitudine, la latitudine e il fuso orario dell'area di progetto (coordinate baricentriche del dominio di calcolo).

Nel presente studio sono stati utilizzati software specifici che consentono di analizzare la posizione del sole nell'arco di un anno al fine di individuare i periodi in cui ogni turbina eolica può generare ombre sulle finestre delle abitazioni circostanti.

I software consentono di analizzare in modo dettagliato il fenomeno dello *shadow flickering* causato dalla proiezione delle ombre degli aerogeneratori sulle abitazioni o strutture limitrofe. In particolare, il modello offre la possibilità di calcolare il potenziale per le ombre intermittenti alle finestre, visualizzare un calendario grafico degli eventi di *flickering* e un elenco dettagliato di ciascun evento di ombreggiamento, comprensivo dell'ora di inizio, di fine e della durata del fenomeno, oltre alle informazioni sui singoli aerogeneratori coinvolti. Inoltre, i software consentono di creare mappe di impatto potenziale che mostrano le ore di ombra intermittente per l'intero parco eolico o per le singole macchine, rappresentate tramite curve di isodurata. È importante notare che l'ombra smette di rappresentare un problema al di là di una certa distanza, determinata dal rapporto tra lo spessore della pala e il diametro apparente del disco solare.

In altre parole, durante le simulazioni effettuate per questo progetto, si è considerata una distanza massima di 2040 m come limite di influenza per il fenomeno di *shadow flickering*, insieme ad un angolo minimo di altezza del sole sull'orizzonte di 3°. Tuttavia, queste scelte sono state molto prudenti rispetto alla teoria del fenomeno di *shadow flickering* e alle sue implicazioni pratiche.

In particolare, il modello numerico utilizzato, come altri presenti sul mercato, produce in output una mappa di impatto nel caso più penalizzante, il cosiddetto "*WORST CASE*", corrispondente alle ore in cui il sole permane al di sopra dell'orizzonte nell'arco dell'anno (ore di luce, circa 4380 h/anno), indipendentemente dalla presenza o meno di nuvole, le quali inficerebbero il fenomeno dello *shadow flickering* a causa dell'impossibilità di generare ombre.





**Edison Rinnovabili Spa**  
Foro Buonaparte, 31  
20121 Milano  
Tel. +39 02 6222 1  
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 66 MW denominato "Turrumè"  
**Comuni di Polizzi Generosa, Castellana Sicula, Sclafani Bagni,  
Vallelunga Pratameno e Villalba**

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

Il *worst case*, in particolare, si basa sui seguenti assunti:

- Non si hanno ostacoli naturali o artificiali (come alberi, muri, edifici, ecc...) tra i ricevitori e gli aerogeneratori, ad eccezione dell'orografia del terreno che limita o elimina completamente il fenomeno dello *shadow flickering*;
- Gli aerogeneratori sono sempre in funzione;
- Si ha presenza del sole durante tutte le ore diurne dell'anno (senza nuvole);
- La direzione del vento (*worst case wind direction*) è tale che il piano del rotore è perpendicolare alla linea che congiunge il sole al ricevitore, ovvero l'aerogeneratore segue il sole;

In altre parole, poiché il fenomeno dello *shadow flickering* si verifica solo quando ci sono, sole libero da nubi e vento sufficiente a far girare le pale, i valori calcolati dal modello (che considera la presenza costante di sole e rotore sempre in funzione) possono essere ulteriormente ridotti tenendo conto delle ore effettive di insolazione e funzionamento dell'aerogeneratore rispetto alle ore totali in un anno (8766 h).

Va considerato quindi che i risultati sono estremamente conservativi in quanto si tratta di una stima puramente teorica.

Nell'elaborazione attuata è stato considerato, oltre al Worst Case, i possibili casi reali funzione dei valori di eliofania dell'area e le ore effettive di lavoro dell'impianto.

- REAL CASE - FUNZIONE DELL'ELIOFANIA DELL'AREA

Per ottenere risultati più realistici e vicini al caso reale (*REAL CASE*), è necessario considerare il valore di eliofania locale, ovvero il numero di ore di cielo libero da nubi durante il giorno. Nel caso dell'area presa in esame, il valore medio di eliofania corrisponde a circa 2500 ore l'anno, il che significa che i risultati del calcolo possono essere abbattuti del 43%, che è il complemento a 1 del rapporto  $2500/4380 = 57\%$ . In altre parole, rispetto al *WORST CASE*, la probabilità di verificarsi del fenomeno di *shadow flickering* si riduce realisticamente, per l'area in questione, al 57% del valore calcolato dal modello impiegato e che corrisponde alla probabilità che il disco solare risulti libero da nubi.

- REAL CASE - FUNZIONE DELLE ORE EFFETTIVE DI FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO.

Ulteriormente, per ottenere risultati più realistici e vicini al caso reale (*REAL CASE*), risulta necessario considerare anche il numero di ore di funzionamento stimato dell'impianto eolico nell'arco dell'anno (6972,5 ore) ed il totale, ovvero il numero di ore in cui l'impianto sarà in funzione rispetto



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31  
20121 Milano  
Tel. +39 02 6222 1  
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 66 MW denominato "Turrumè"  
**Comuni di Polizzi Generosa, Castellana Sicula, Sclafani Bagni,  
Vallelunga Pratameno e Villalba**

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

alle ore totali in cui l'impianto potrebbe essere in funzione. Tale approccio permette di riformulare i valori calcolati dal modello che possono essere ulteriormente abbattuti del 20,45% (pari al complemento a 1 del rapporto  $6972,5/8766$ ). Pertanto, il valore finale di impatto calcolato dovrebbe essere ulteriormente ridotto del 20,45%, rispetto al valore ottenuto dal modello che considera il rotore sempre in movimento. Questo valore dovrebbe quindi essere più realistico riguardo l'impatto del fenomeno di *shadow flickering* sul parco eolico in esame.

In breve, i valori calcolati dal modello numerico per le ore di ombreggiamento intermittente all'anno possono essere ridotti realisticamente considerando che il fenomeno di *shadow flickering* si verifica solo quando c'è contemporaneamente sole libero da nubi e vento che fa girare il rotore dell'aerogeneratore.

Pertanto, il valore calcolato dal modello può essere notevolmente abbattuto in funzione della probabilità composta di avere contemporaneamente entrambi i fenomeni.

In ultimo, un ulteriore fattore al momento non computabile, che comporterebbe una ulteriore riduzione del fenomeno, risulta essere la direzione del vento. Tale fattore comporta che il piano del rotore non sia sempre perpendicolare alla linea che congiunge il sole al ricevitore. Nell'area, la direzione prevalente del vento non segue l'andamento del disco solare, questo comporta una riduzione del fenomeno, di fatti nei casi più realistici l'ombra generata e proiettata al suolo si ridurrà verosimilmente ad una retta, in quanto il piano del rotore non risulta sempre allineato con la direzione del sole.



**Edison Rinnovabili Spa**

Foro Buonaparte, 31  
20121 Milano  
Tel. +39 02 6222.1  
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 66 MW denominato "Turrumè"  
**Comuni di Polizzi Generosa, Castellana Sicula, Sclafani Bagni,  
Vallelunga Pratameno e Villalba**

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

## 7 Considerazioni finali

A seguito di quanto descritto nei paragrafi precedenti e in considerazione dei recettori presi in esame:

- R04 a circa 245m dall'aerogeneratore T01;
- R11 a circa 870m dall'aerogeneratore T03;
- R15 a circa 730m dall'aerogeneratore T11;
- R19 a circa 930m dall'aerogeneratore T08;
- R20 a circa 950m dall'aerogeneratore T10;
- R31 a circa 520m dall'aerogeneratore T06;
- R34 a circa 550m dall'aerogeneratore T05;
- R36 a circa 640m dall'aerogeneratore T05;
- R38 a circa 660m dall'aerogeneratore T05;

Viste le distanze si può classificare come "sensibile" il recettore:

- R04 a circa 245m dall'aerogeneratore T01;

Che ad oggi appare in mediocri condizioni e ad uso deposito.

Si può concludere che lo studio effettuato sul fenomeno dello shadow-flickering si basa su una stima cautelativa, in quanto non si è tenuto conto degli effetti mitigativi dovuti al piano di rotazione delle pale non sempre ortogonale alla direttrice sole-recettore, e dell'eventuale presenza di ostacoli e/o vegetazione interposti tra il sole ed il recettore.

È stata altresì considerata l'ipotesi di finestre poste su 4 lati degli immobili. Il fenomeno è potenzialmente riscontrabile solo in periodi limitati del giorno e durante alcuni mesi dell'anno. Per la totalità dei recettori indagati lo shadow-flickering risulta inferiore a 30 ore l'anno.

Va sottolineato comunque che:

- La velocità di rotazione massima (non sempre raggiunta) delle turbine che verranno montate è 17 RPM (rotazioni al minuto), quindi nettamente inferiore a 50 RPM, frequenza massima raccomandata al fine di ridurre al minimo i fastidi e soddisfare le condizioni di benessere;
- Non sussiste una normativa italiana in materia, per cui il progetto non si pone in difformità a prescrizioni normative o prassi.