

REGIONE MARCHE




Comune di Caldarola (MC)

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI 60,0 MW integrato con un sistema di accumulo della potenza di 20,0 MW e delle relative opere di connessione alla RTN sito nei comuni di Caldarola e Camerino (MC)

TITOLO

Studio sugli effetti di shadow flickering

PROGETTAZIONE	PROPONENTE	
 SR International S.r.l. C.so Vittorio Emanuele II, 282-284 - 00186 Roma Tel. 06 8079555 - Fax 06 80693106 C.F e P.IVA 13457211004 	 Fred. Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - 00185 Roma C.F e P.IVA 15604711000	

Revisione	Data	Elaborato	Verificato	Approvato	Descrizione
00	15/11/2022	G.Lauretti	Bartolazzi	F.O. Renewables	Studio sugli effetti di shadow flickering

N° DOCUMENTO

FLS-CLD-SF

SCALA

--

FORMATO

A4

Copyright © 2019 SR international s.r.l.
Tutti i diritti riservati

Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta, memorizzata in sistemi di recupero o trasmessa in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo elettronico, meccanico, fotocopie, registrazione o altrimenti, senza la previa autorizzazione scritta della società SR international srl.

GLOSSARIO

AC	Corrente alternata
AEEG	Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas
BAT	Migliori Tecniche Disponibili
CIP	Comitato interministeriale dei prezzi
CIPE	Comitato interministeriale programmazione economica
DC	Corrente continua
DGR	Decreto Giunta Regionale
DM	Decreto ministeriale
DPCM	Decreto del Presidente Consiglio dei ministri
ENEL	Operatore locale del sistema di trasmissione
ER	Energia rinnovabile
GHG	Gas ad effetto serra
GME	Gestore del mercato elettrico
IAFR	Domanda da presentare al GSE per iniziare un impianto di ER
MAP	Ministero delle attività produttive
MT	Media tensione
NA	Non ammissibili
NC	Non comunicati
NN	Non necessario
PRG	Piano Regolatore Comunale
RTI	Raggruppamento temporaneo di imprese
SR	Studio Rinnovabili
TERNA	Operatore del sistema di trasmissione nazionale
UTF	Ufficio tecnico di finanza
WTG	Wind Turbine Generator

INDICE

INDICE	3
INDICE FIGURE	3
INDICE TABELLE	3
1. PREMESSA	4
2. INTRODUZIONE	5
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3.1. Normativa internazionale.....	5
3.2. Normativa nazionale e regionale	5
4. IL PROGETTO	6
4.1. Inquadramento territoriale e progettuale	6
4.2. Layout dell’impianto eolico.....	6
4.3. Ricettori interessati	7
5. EFFETTO SHADOW-FLICKERING	8
5.1. Premessa Metodologica	8
5.2. Il software previsionale WindFarm.....	9
6. CONCLUSIONI	10

Indice figure

Figura 1. Stralcio su ortofoto con indicazione del progetto	6
Figura 2. Distribuzione dello shadow flickering lungo il territorio e ricettori individuati.....	7

Indice tabelle

Tabella 1. – Coordinate aerogeneratori del progetto eolico	7
Tabella 2. – Elenco ricettori.....	8

1. PREMESSA

Il presente progetto ha come obiettivo la realizzazione di una centrale per la produzione di energia da fonte rinnovabile tramite l'impiego di tecnologia eolica. La realizzazione dell'opera prevede l'installazione di n.12 aerogeneratori, modello tipo Vestas V150, della potenza unitaria di 5,0 MW per una potenza totale di 60,0 MW. A questi, si aggiunge un sistema di accumulo di energia elettrica di capacità pari a 20,0 MW e delle opere di connessione alla nuova Stazione di Smistamento della RTN (SE) a 132 kV, da inserire in entra - esce alle linee a 132 kV RTN "Valcimarra - Camerino" e "Valcimarra - Cappuccini" esistenti, da potenziare. Tuttavia non si esclude la possibilità di ricorrere ad alcune varianti progettuali per incrementare la produttività dell'impianto, anche in funzione dei futuri sviluppi di mercato.

Soggetto responsabile del parco eolico, denominato "Energia Caldarola", è la società Fred. Olsen Renewables Italy S.r.l. che ha come attività principali lo sviluppo, la progettazione, l'installazione, la commercializzazione, la gestione e la vendita di energia elettrica generata da fonti rinnovabili. La società ha sede a Roma, in Viale Castro Pretorio n. 122 – CAP 00185, C.F. e P.IVA 15604711000. SR International S.r.l. è una società di consulenza e progettazione operante nel settore delle fonti di energia rinnovabili, in particolare solare ed eolica. Per la realizzazione del progetto in esame essa funge da soggetto di riferimento per il supporto tecnico-progettuale.

L'impianto in progetto comporta un significativo contributivo alla produzione di energia rinnovabile; l'energia prodotta sarà immessa nella Rete di Trasmissione Nazionale di proprietà della società Terna S.p.A.

2. INTRODUZIONE

Gli impianti per la produzione di energia elettrica da fonte eolica prevedono l'installazione di aerogeneratori che, per le loro caratteristiche tecniche e di funzionamento possono determinare la presenza di ombre intermittenti nell'area di installazione.

Durante il periodo di funzionamento del parco, il movimento di rotazione del rotore crea un effetto di ombreggiamento intermittente nell'area circostante chiamato shadow-flickering. Questo effetto accade, quindi, nel corso della giornata, in particolare nelle ore mattutine e serali per via della bassa posizione del sole sull'orizzonte.

In presenza di ricettori nelle vicinanze del parco eolico, l'occorrenza di questo effetto dovrà essere studiata e quantificata, per verificare il fastidio potenziale per gli esseri umani all'interno di una abitazione.

Gli elementi dell'impianto eolico che possono causare ombra sono:

- torre di sostegno
- pale in rotazione

Il fenomeno viene definito in termini tecnici "flickering" delle pale, e viene avvertito soprattutto alle elevate latitudini nord-europee, dove la permanenza del sole ad altezze limitate sopra l'orizzonte è maggiore.

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

3.1. Normativa internazionale

L'effetto shadow-flickering è più pronunciato nelle latitudini settentrionali durante i mesi invernali. In particolare, nel Nord Europa, il sole splende in un angolo obliquo per più ore del giorno e più giorni l'anno. Alcuni paesi hanno adottato dei limiti relativi all'esposizione all'effetto in questione.

I regolamenti internazionali, alcuni studi, e le linee guida del Nord Europa e Australia hanno proposto 30 ore di effetto shadow-flickering per anno come soglia di impatto significativo, ovvero il punto in cui l'effetto ombra è comunemente percepito come fastidioso. Ad esempio, un tribunale in Germania ha stabilito che l'ombreggiamento intermittente massimo consentito dovrebbe essere di 30 ore all'anno (Klepinger, 2007). In Austria, Dobesch e Kury (2001) raccomanda che il fenomeno non superi le 30 ore/anno. Le linee guida per lo sviluppo di energia eolica nello Stato di Victoria, Australia, specificano che l'intermittenza dell'ombra non può superare 30 ore all'anno in qualsiasi abitazione nelle immediate vicinanze (Sustainable Energy Authority Victoria, 2003).

In alcuni paesi vengono considerati limiti di vario tipo all'ombreggiamento intermittente. Il più rilevante è la **Germania** dove il limite è a 30 ore. Questo limite è contenuto in un documento applicativo che è consuetudine utilizzare per l'applicazione della legge federale sul controllo delle immissioni (BImSchG art.5 comma 1, punti 1 e 2, e art. 22 comma 1) (Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen - Indicazioni sulla determinazione e valutazione delle immissioni ottiche delle turbine eoliche). Secondo le consuetudini tedesche, il massimo ombreggiamento su un vicino è:

- Massimo 30 ore all'anno di ombra massima astronomica
- Massimo 30 minuti al giorno di ombra massima astronomica

Se si usa una regolazione automatica, il reale impatto dell'ombra andrà limitato a 8 ore all'anno.

Anche in **Svezia** e **Danimarca** vi sono limiti usati in pratica di 10 ore (Danimarca) e 8 ore (Svezia).

Un approccio basato sulla valutazione caso per caso è contenuto nel documento "National Policy Statement for Renewable Energy Infrastructure (EN-3)" del Department of Energy and Climate Change (**Regno Unito**, 2011)) dove si indica una distanza di 10 diametri come zona potenzialmente impattata.

3.2. Normativa nazionale e regionale

Non esiste, al momento, normativa nazionale che faccia riferimento all'effetto shadow-flickering o che stabilisca alcun limite di esposizione a questo fenomeno. Anche al livello regionale non sono presenti disposizioni specifiche che stabiliscono limiti quantitativi o indicazioni cui sottostare.

4. IL PROGETTO

4.1. Inquadramento territoriale e progettuale

Il progetto eolico oggetto dello studio è localizzato nelle Marche, in provincia di Macerata, nel territorio comunale di Caldarola.

La centrale eolica sarà formata da n.12 unità produttive, ciascuna costituita da un aerogeneratore che nella soluzione progettuale prescelta ha potenza di 5 MW, per una potenza complessiva nominale di 60 MW e un sistema di accumulo di 20MW.

Il progetto prevede quindi l'uso di aerogeneratori della più moderna tecnologia e di elevata potenza nominale unitaria, in modo da massimizzare la potenza dell'impianto e l'energia producibile, diminuendo così il numero di turbine e quindi l'impatto ambientale a parità di potenza installata.

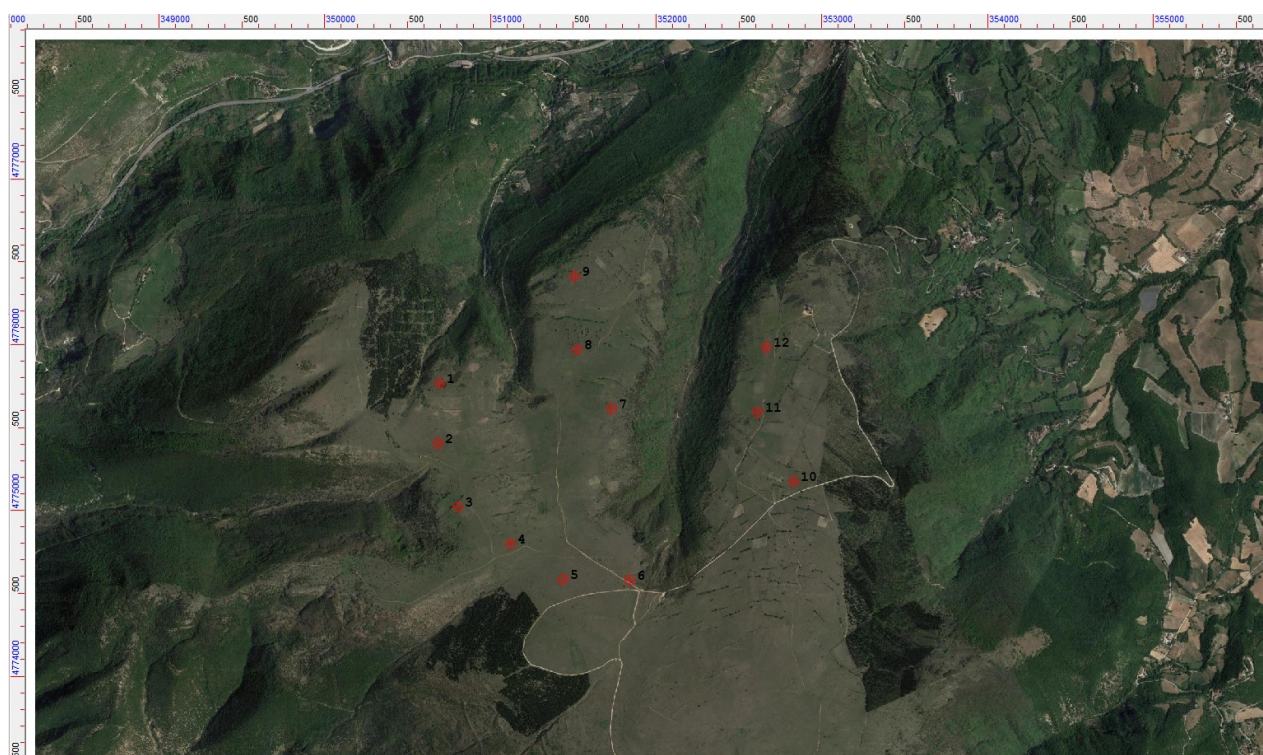


Figura 1. Stralcio su ortofoto con indicazione del progetto

Si riporta in Figura 1 una rappresentazione fotografica della porzione di territorio interessata dal progetto eolico.

4.2. Layout dell'impianto eolico

In tabella 1 sono riportate le coordinate espresse nel sistema di riferimento UTM33–WGS84 33N.

Turbine	Comune	Long	Lat	Tipo
T1	Caldarola	350696	4775769	V150 HH125
T2	Caldarola	350685	4775404	V150 HH125
T3	Caldarola	350805	4775022	V150 HH125
T4	Caldarola	351120	4774800	V150 HH125
T5	Caldarola	351436	4774589	V150 HH125
T6	Caldarola	351841	4775619	V150 HH125
T7	Caldarola	351732	4775619	V150 HH125
T8	Caldarola	351524	4775976	V150 HH125
T9	Caldarola	351509	4776414	V150 HH125
T10	Caldarola	352830	4775179	V150 HH125
T11	Caldarola	352613	4775597	V150 HH125
T12	Caldarola	352666	4775987	V150 HH125

Tabella 1. – Coordinate aerogeneratori del progetto eolico

Il layout presentato utilizza una turbina tipo: Vestas V150
 Potenza unitaria: 5 MW
 Altezza da terra della navicella: 125 m
 Diametro del rotore: 150 m

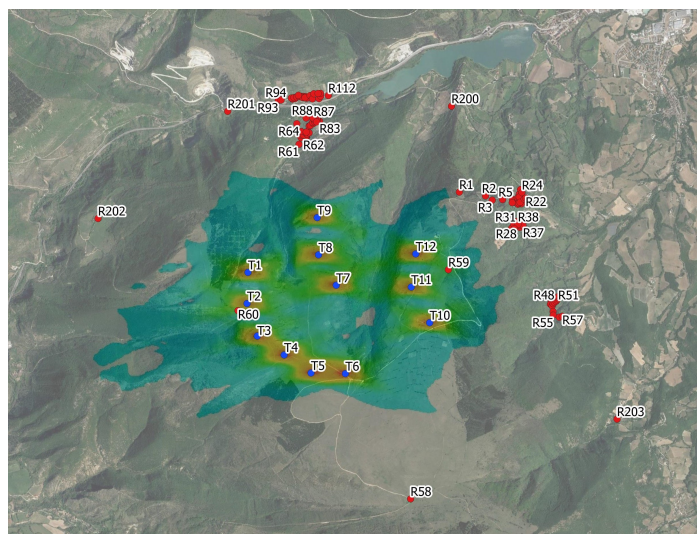
4.3. Ricettori interessati

Il terreno dell'area di progetto è prevalentemente destinato ad uso agricolo e fuori dal centro di Caldarola di oltre 3 Km.

Per l'individuazione dei ricettori potenzialmente affetti da shadow-flickering è stata predisposta una prima analisi del territorio in cui è stato considerato come limite spaziale una circonferenza di 1,5km per singola turbina e come limite temporale un minimo di 30h annuali.

In figura 2 vengono mostrati i risultati incrociati dei due criteri.

Figura 2. Distribuzione dello shadow flickering lungo il territorio e ricettori individuati



I ricettori che risultano interessati dal fenomeno di shadow flicker sono riportati in tabella 2:

Ricettore	Comune	E	N	Categoria catastale	Tipo
R59	Caldarola	353049	4775801,32	C03 - laboratori per arti e mestieri	non sensibile
R60	Caldarola	350579	4775320,6	A04 -abitazione di tipo popolare	non sensibile

Tabella 2. – Elenco ricettori

Per quanto concerne il ricettore R59, esso viene considerato “non sensibile” in quanto non rientra nella categoria delle abitazioni A. Al contrario, il ricettore R60 appartiene alla categoria catastale A04 (abitazione di tipo popolare), tuttavia da sopralluoghi e foto risulta mediamente disabitato ed al massimo impiegato per brevi periodi come punto di appoggio per pastori. Pertanto si ritiene anche questo ricettore “non sensibile”.

Per ulteriori approfondimenti sui ricettori, si rimanda all’elaborato “FLS-CLD-RIC – Analisi dei ricettori”.

5. EFFETTO SHADOW-FLICKERING

Shadow-flickering è il fenomeno di ombreggiamento intermittente, caratterizzato dalle ombre che occorrono su strutture e osservatori in un determinato periodo del giorno in cui il sole si trova dietro al rotore dal punto di vista dell’osservatore. L’effetto è dovuto alla rotazione delle pale che proiettano un’ombra intermittente sul territorio circostante e sulle finestre delle case.

Questo effetto è più marcato nelle latitudini a nord durante i mesi invernali, per causa dell’angolo del sole. Tuttavia, è possibile che l’ombreggiamento intermittente accada in qualunque breve momento tra l’alba ed il tramonto. L’effetto di ombreggiamento intermittente può essere esperito dagli osservatori e strutture localizzate nelle vicinanze delle turbine eoliche.

Il fenomeno non accade in giorni nuvolosi, o quando qualsiasi altro fenomeno oscura il sole, o quando gli aerogeneratori non sono in funzionamento.

L’effetto è più visibile dall’interno degli edifici. L’ombra mobile del rotore si proietta sulle finestre di una casa creando all’interno della stessa un effetto fastidioso di alternanza luce ombra.

L’ombreggiamento intermittente e la sua durata dipendono da questi fattori:

- direzione della casa relativamente alla turbina
- distanza dalla turbina (quanto più lontano, più trascurabile)
- direzione del vento – la forma dell’ombra sarà determinata dalla posizione della pala in imbardata, che si muove in accordo con la direzione del vento
- altezza della turbina e diametro del rotore
- giorno e stagione dell’anno
- condizione meteorologiche (la presenza di nuvole riduce la luce diretta e perciò il rischio di ombreggiamento intermittente)

5.1. Premessa Metodologica

Le variabili utilizzate per la modellazione dell’effetto shadow-flickering includono:

- coordinate degli aerogeneratori
- coordinate dei ricettori selezionati
- i dati sugli aerogeneratori previsti nel layout – altezza, diametro del rotore
- la rosa dei venti
- l’orografia del terreno

- la percentuale oraria di illuminazione solare
- l'elevazione del sole. Se è inferiore a 2 gradi rispetto all'orizzonte l'effetto si annulla (dovuto allo scattering dell'atmosfera su gli angoli minori)
- la velocità del vento. L'effetto è stato considerato inesistente per vento inferiore o superiore alla velocità di generazione (creando così una stima più conservativa della quantità di tempo che i rotori sono in movimento)
- l'effetto di richiusura della luce a valle della pala. L'ombra è inesistente se la percentuale di sole "mascherato" dalla pala è inferiore a 20%, perché in questo caso l'ombra è trascurabile;

5.2. Il software previsionale WindFarm

Il modello di calcolo dell'ombreggiamento intermittente è stato condotto usando il software WindFarm 5, usato specificamente per la modellazione e valutazione dei progetti di parchi eolici.

Il modulo "Shadow flicker" di WindFarm calcola il numero di volte all'anno in cui il rotore, visualizzato da una finestra di una casa nelle vicinanze dell'aerogeneratore, è in linea con il sole e, quindi, accade l'effetto di ombreggiamento intermittente.

Il software WindFarm calcola, quindi, il numero di ore teoriche per anno in cui l'effetto shadow-flickering accade, in qualsiasi localizzazione entro una certa distanza delle turbine; in questo caso a 1.5km da ogni aerogeneratore.

Il modello di calcolo di WindFarm considera le seguenti semplificazioni:

- il sole è sempre presente, in qualsiasi periodo dell'anno
- il sole può essere rappresentato da un unico punto
- il rotore gira di fronte all'osservatore e, quindi le pale delle turbine sono sempre perpendicolari alla direzione di visualizzazione dalla localizzazione del ricettore

Fattori che affettano la modellazione dell'effetto shadow-flickering

La durata dell'effetto shadow-flickering utilizzando questa metodologia sovrastima il numero di ore del fenomeno nella localizzazione del progetto per diverse ragioni:

1. La direzione di rotazione del rotore considerata è la più problematica. Qualsiasi orientazione del rotore riduce l'area in cui è proiettata l'ombra, e quindi, riduce la durata del fenomeno. La rosa dei venti del sito può essere utilizzata per determinare l'orientazione probabile del rotore e, quindi, calcolare la riduzione della durata dell'effetto di ombreggiamento intermittente.
2. Una giornata nuvolosa depotenzia il numero di ore in cui accade il fenomeno di shadow-flickering. I dati meteorologici della stazione più vicina possono essere usati per stimare la frequenza di nuvolosità e, dunque, fornire una indicazione di quanto venga ridotto l'effetto.
3. Aerosol, fumo, o umidità presenti nell'atmosfera possono influenzare l'ombreggiamento causato dall'aerogeneratori.
4. La lunghezza dell'ombra dipende dell'angolo di diffusione della incidenza diretta di sole che, invece, è dipendente della concentrazione di umidità, fumo e altri aerosol, che sono dispersi nell'atmosfera, tra la fonte e i ricettori.
5. La modellazione delle pale di dimensione uniforme, anziché della sua forma reale (più larga vicino alla torre e più sottile alla punta) risultano in una sovrastima della durata dell'ombreggiamento intermittente. Ciò deriva dal fatto che l'ombra causata per la parte più sottile della pala è meno lunga dell'ombra risultante dalla parte più larga.
6. La modellazione del sole come un punto, anziché in forma di un disco, risolta in una sovrastima della durata dell'effetto. La luce proveniente da diverse porzioni del sole si può sovrapporre attorno all'aerogeneratore risultando nella riduzione dell'ombreggiamento intermittente.
7. La analisi non considera che, quando il sole è posizionato direttamente dietro alla navicella della turbina eolica, non esiste variazione nella intensità di luce ricevuta al ricettore e quindi, non accade il fenomeno.

8. La presenza di vegetazione o altre barriere fisiche in torno al ricettore può funzionare come scudo alla visualizzazione della turbina eolica, e quindi, ridurre o annullare l'effetto.
9. I periodi di fermo per causa di bassa ventosità, o per manutenzione, riducono l'effetto shadow-flickering.

6. CONCLUSIONI

In Figura 2 è stata riportata la mappa di influenza dell'effetto di shadow flickering ricavata secondo la procedura descritta al Capitolo 5. Come si evince, i potenziali ricettori interessati sono 2: R59 ed R60. Tuttavia, essi sono considerati "non sensibili" in quanto risultano rispettivamente non abitabile e impiegato solo come punto di appoggio durante i periodi di pastorizia (per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato FLS-CLD-RIC, "Analisi dei ricettori"). Pertanto si conclude che il fenomeno dello shadow flickering generato dall'impianto in esame non determina alcun impatto negativo significativo su ricettori sensibili (di fatto, assenti nell'area considerata).