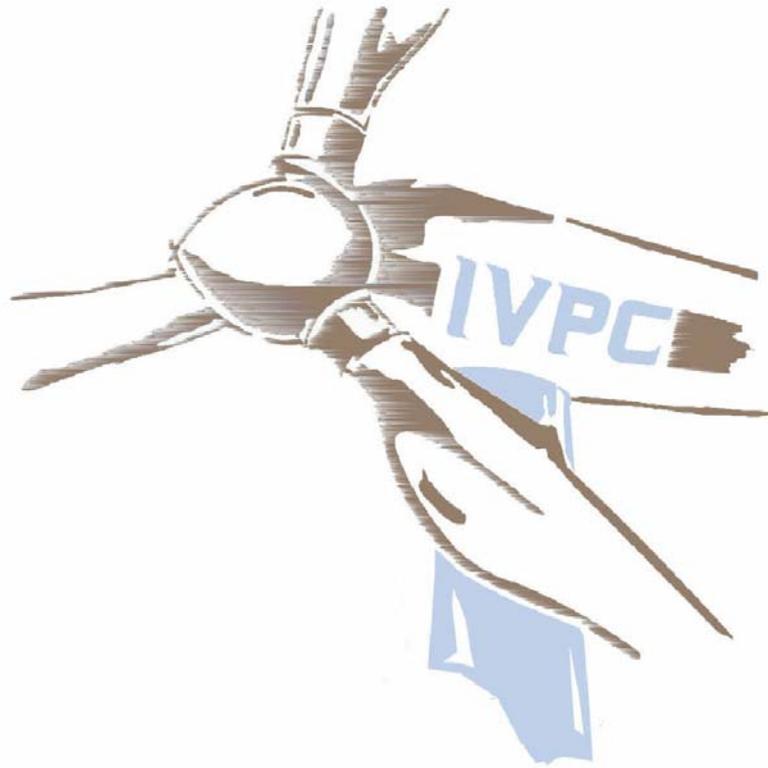


# Regione Puglia

Provincia di Foggia

Comuni di San Paolo di Civitate e Poggio Imperiale



OGGETTO :

*PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA DI POTENZA PARI A 42 MW*

COMMITTENTE :



TITOLO TAVOLA :

Shadow Flickering

SCALA :

N° TAVOLA :

REVISIONE :

DATA :

Luglio 2018

SIA R6

PROGETTISTI:



	Centrale Eolica nel Comune di <b>Poggio Imperiale e San Paolo di Civitate (FG)</b> Studio sugli effetti di shadow-flickering 18/07/2018
--	---

## Indice

1	PREMESSA	3
2	CENNI SUL FENOMENO DELLO SHADOW FLICKERING	4
3	CALCOLO DELLO SHASOW FLICKERING	4
3.1	Configurazione d'impianto	4
3.2	Individuazione dei recettori	5
3.3	Metodologia di calcolo	5
3.4	Risultati	6
4	CONCLUSIONI	8
5	ALLEGATI	8

## Informazioni documento

Categoria documento	Relazione Tecnica
Progetto	Centrale Eolica nei Comuni di Poggio Imperiale e San Paolo di Civitate (FG)
Titolo documento	Studio sugli effetti di shadow-flickering
Cliente	IVPC Power6 Srl
Numero di pagine	9
Data Registrazione	Luglio 2018

## 1 PREMESSA

La Società I.V.P.C. Power6 Srl intende realizzare un Parco Eolico nei Comuni di Poggio Imperiale e San Paolo di Civitate (FG). L'iniziativa da realizzarsi è costituita da dieci aerogeneratori del tipo Vestas V150-4.2MW, con altezza mozzo a 155 metri e diametro rotore di 150 m.

La presente analisi ha lo scopo di valutare in maniera tecnica l'eventuale impatto generato dall'evoluzione dell'ombra derivante dai dieci aerogeneratori previsti per l'installazione sull'area di progetto.

## 2 CENNI SUL FENOMENO 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 cosiddetto fenomeno del "flickering", indica l'effetto di lampeggiamento che si verifica quando le pale del rotore in movimento "tagliano" la luce solare in maniera intermittente. Tale variazione alternata di intensità luminosa, a lungo andare, può provocare fastidio agli occupanti delle abitazioni le cui finestre risultano esposte al fenomeno stesso.

Studi condotti sui possibili effetti dello shadow flickering sulla salute umana raccomandano, al fine di ridurre al minimo i fastidi, una velocità di flickering non superiore a 3 tagli al secondo<sup>1</sup>. Poiché si tratta di aerogeneratori tripala, tale frequenza si traduce in una velocità massima di rotazione del rotore di 60 rpm (rotazioni per minuto).

La turbina Vestas V150-4.2 MW prevista per l'installazione ha una velocità di rotazione massima di 12 rpm che corrisponde ad una velocità massima di flickering di 0,6 tagli al secondo, nettamente inferiore alla frequenza massima raccomandata. Tuttavia una progettazione attenta è fondamentale per evitare questo spiacevole fenomeno e in relazione a ciò, si fa presente che già in fase di scelta delle aree sulle quali ubicare l'impianto si è cercato di allontanarsi il più possibile dall'area urbana e dalle masserie adibite ad abitazione.

## 3 CALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING

### 3.1 Configurazione d'impianto

Il progetto prevede l'installazione di 10 aerogeneratori Vestas V150-4.2 MW. La disposizione prevista per le turbine è riportata nella tabella sottostante.

Turbina	Comune	UTM – WGS84		Altitudine [m]
		Long. E [m]	Lat. N [m]	
WTG1	Poggio Imperiale (FG)	528594	4631877	30
WTG2	Poggio Imperiale (FG)	528952	4631804	30
WTG3	Poggio Imperiale (FG)	529302	4631907	23
WTG4	San Paolo di Civitate (FG)	522177	4624911	127
WTG5	San Paolo di Civitate (FG)	525674	4625783	88
WTG6	San Paolo di Civitate (FG)	524617	4623165	90
WTG7	San Paolo di Civitate (FG)	525235	4623098	87
WTG8	San Paolo di Civitate (FG)	526006	4623552	81
WTG9	San Paolo di Civitate (FG)	526620	4623709	76
WTG10	San Paolo di Civitate (FG)	524000	4622965	98

Tab. 3.1 Coordinate geografiche puntuali turbine d'impianto

<sup>1</sup> G. Harding et al.: "Wind turbines, flicker, and photosensitive epilepsy: Characterizing the flashing that may precipitate seizures and optimizing guidelines to prevent them", 4 aprile 2008

	Centrale Eolica nel Comune di <b>Poggio Imperiale e San Paolo di Civitate (FG)</b> Studio sugli effetti di shadow-flickering 18/07/2018
--	---

Dr seguito è riportata una scheda riassuntiva delle principali caratteristiche della turbina Vestas V150-4.2 MW

Potenza nominale	4200 kW
n° pale	3
Diametro rotore	150 m
Area spazzata	17 671 m <sup>2</sup>
Altezza mozzo rotore	155.0 m
Tipologia torre	tubolare
larghezza massima della pala	4.2 m
Velocità di rotazione del rotore	4.9 - 12.0 rpm
Velocità vento di avvio	3.0 m/s
Velocità vento di stacco	24.5 m/s

Tab. 3.2 Estratto delle specifiche tecniche della turbina Vestas V150-4.2MW

### 3.2 Individuazione dei recettori

Ai fini della previsione degli impatti indotti dall'impianto eolico in progetto sono stati individuati i fabbricati presenti nei pressi degli aerogeneratori. Di seguito sono riportati i riferimenti geografici dei recettori individuati.

Recettore	Comune	Destinazione d'uso	UTM – WGS84		Numero finestre e orientamento
			Long. E [m]	Lat. N [m]	
R1	San Paolo di Civitate	Abitazione	525401	4626254	4 (60°, 150°, 240°, 330°)
R2	San Paolo di Civitate	Abitazione	526905	4624298	4 (40°, 130°, 220°, 310°)
R3	San Paolo di Civitate	Abitazione	526947	4624425	4 (40°, 130°, 220°, 310°)

Tab. 3.3 Coordinate geografiche puntuali recettori

Sebbene il fenomeno possa essere percepito anche all'esterno, esso risulta evidente e fastidioso in quegli ambienti con finestrate rivolte verso le ombre, per questo si è considerato nella simulazione, la presenza di finestre di altezza 1 m e larghezza 1 m disposte su tutte le facciate degli edifici considerati ad altezza sul suolo di 2 m.

### 3.3 Metodologia di calcolo

La valutazione tecnica è stata eseguita con l'ausilio del software WindFarm 4.2.5.3 della ReSoft Ltd, software di simulazione specifico per la progettazione di impianti eolici.

Il software utilizza una serie di dati di input caratterizzanti quali:

- l'altimetria della zona simulata;
- la disposizione geografica delle turbine e dimensione geometrica dei loro componenti (torre e pale);
- la disposizione geografica dei "recettori sensibili" (abitazioni e relative finestre);
- la latitudine e longitudine dell'area interessata.

	Centrale Eolica nel Comune di <b>Poggio Imperiale e San Paolo di Civitate (FG)</b> Studio sugli effetti di shadow-flickering 18/07/2018
--	---

Sulla base di questi dati il software calcola il numero di ore annue di esposizione allo shadow flickering per ciascun nodo del grigliato che copre l'intera area, nonché il numero di ore di esposizione per gli ambienti abitativi attraverso le finestre.

Per l'esecuzione della simulazione sono stati fissati i seguenti parametri:

- coordinate geografiche baricentriche (UTM-WGS84): 525800E, 4626625N;
- coordinate geografiche delle turbine considerate (vedi tabella 3.1);
- coordinate geografiche delle turbine considerate e disposizione delle finestre (vedi tabella 3.3);
- estensione area simulata: 31 km x 31 km (960 km<sup>2</sup>);
- risoluzione di calcolo: 50 m;
- raggio d'influenza massimo: 2.3 km dal punto di installazione dell'aerogeneratore;
- altezza del punto di vista dell'osservatore: 2.0 m sls;
- parametri turbina:
  - diametro rotore: 150.0 m
  - altezza torre: 155.0 m
  - larghezza media della pala: 3 m

Il calcolo viene effettuato dal software nella condizione più sfavorevole possibile (*caso peggiore*), in quanto si considera che:

- il sole splende per tutta la giornata, dall'alba al tramonto (cioè si è sempre in assenza di copertura nuvolosa);
- il piano di rotazione delle pale è sempre perpendicolare alla direttrice sole-aerogeneratore (l'aerogeneratore "insegue" il sole);
- gli aerogeneratori sono sempre operativi;
- non sono presenti alberi o altri ostacoli che, intercettando l'ombra degli aerogeneratori, riducano o annullino il fastidio del flickering.

Ciò considerato si evince che i risultati ai quali si perverrà sono estremamente cautelativi, trattandosi di una stima puramente teorica. Allo scopo di pervenire a valori più realistici, prossimi al caso reale, si può tener conto dell'eliofania locale, ovvero del numero di ore di cielo libero da nubi durante il giorno.

Il valore di eliofania locale, nel periodo dell'anno in cui si verifica il fenomeno sui recettori (vedi Fig. 3.1), è di circa 3,5 h/giorno<sup>2</sup>; che corrispondono a circa il 34% del tempo in cui il sole permane al di sopra dell'orizzonte.

### 3.4 Risultati

La tabella 3.4 riporta i risultati del calcolo eseguito come descritto nel paragrafo precedente.

---

<sup>2</sup> *La radiazione solare globale e la durata del soleggiamento in Italia dal 1991 al 2010* (Aeronautica Militare - Reparto di Sperimentazioni di Meteorologia Aeronautica)

Recettore	Giorni l'anno	Caso peggiore [h/anno]	Caso reale [h/anno]
R1	86	76	26
R2	39	39	13
R3	0	0	0

Tab. 3.4 Risultati del calcolo

Dalla tabella si evince che nell'ipotesi peggiore (caso teorico) il recettore R1 subisce il fenomeno dell'ombreggiamento intermittente per 76 ore l'anno, mentre il valore reale atteso è inferiore a 26 ore l'anno; il recettore R2 subisce il fenomeno per 39 ore l'anno con un valore atteso inferiore a 13 ore l'anno.

Si sottolinea che il caso reale, calcolato tenendo conto dell'eliofania locale come descritto nel paragrafo precedente, è comunque un valore cautelativo in quanto nella stima non si è tenuto conto degli effetti mitigativi dovuti al piano di rotazione delle pale non sempre ortogonale alla direttrice sole-finestra, ai periodi di non funzionamento delle turbine e all'eventuale presenza di ostacoli e/o vegetazione interposti tra il sole e la finestra.

È stato elaborato un calendario dell'ombra che riporta in maniera grafica i giorni dell'anno in cui può verificarsi il fenomeno (asse delle ascisse) e l'orario di inizio e di fine del fenomeno (asse delle ordinate), nelle condizioni del *caso peggiore*.

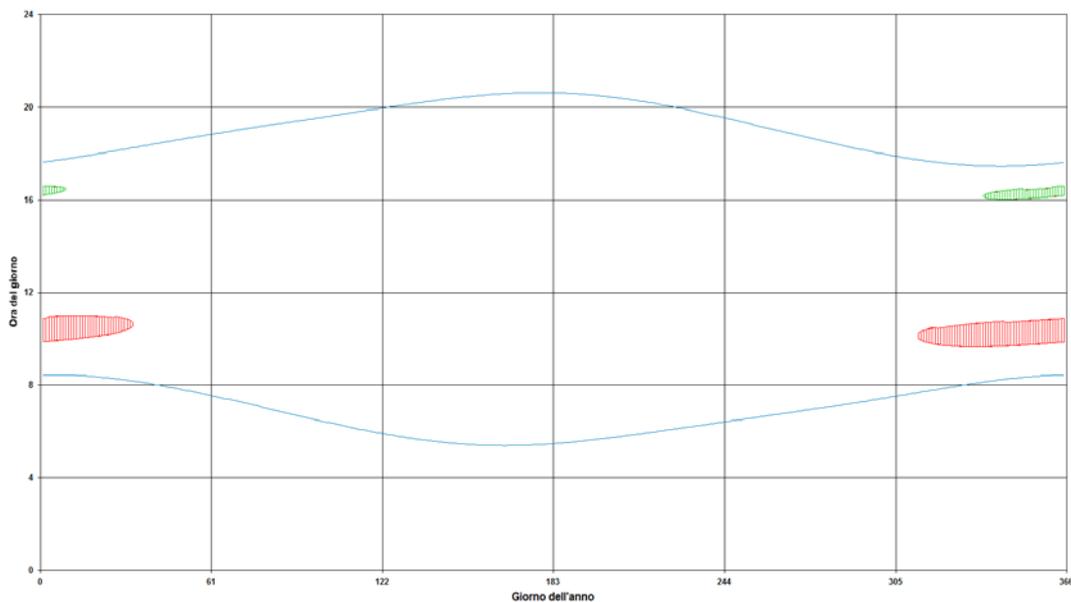


Fig. 3.1 Calendario dell'ombra

Dalla lettura del calendario si legge facilmente che il fenomeno dell'ombreggiamento, si può verificare nei mesi di dicembre e gennaio poco dopo l'alba, tra le 9:30 e le 11:00, sul recettore R2 a causa della turbina WTG8 (macchia verde) e nei mesi di novembre, dicembre e gennaio nel pomeriggio tra le 16:00 e le 16:30, a causa della turbina WTG5 sul recettore R1 (macchia rossa). Le curve di colore blu indicano l'ora dell'alba e del tramonto.

## 4 CONCLUSIONI

A seguito di quanto descritto nei paragrafi precedenti si può concludere che, pur considerando una stima cautelativa, il fenomeno dello shadow flickering di verifica esclusivamente su due abitazioni, denominate R1 ed R2, incidendo in maniera molto limitata, in quanto il valore atteso è inferiore a 26 e 13 ore totali in un anno rispettivamente.

Va altresì sottolineato che:

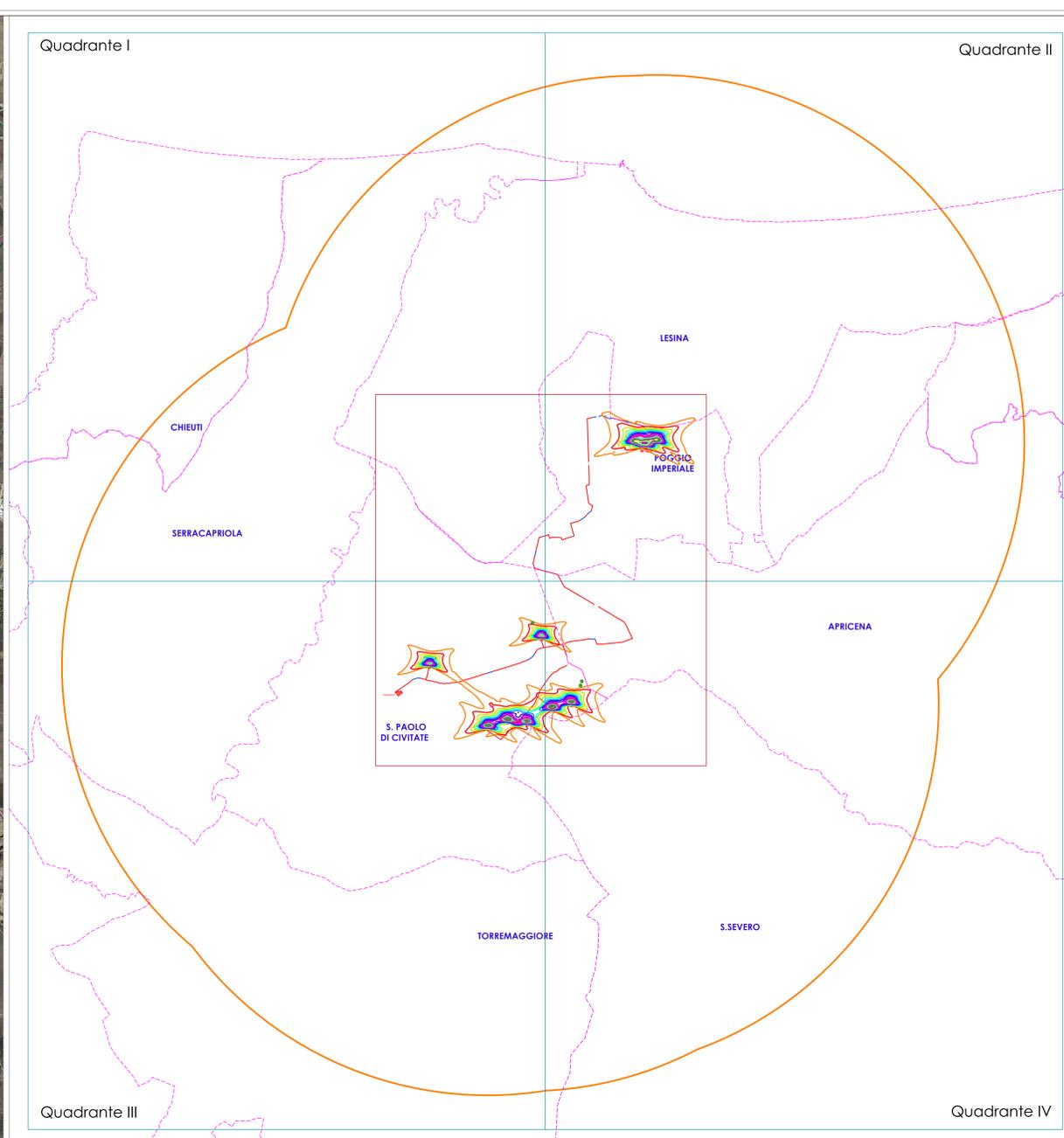
- la velocità di rotazione della turbina Vestas V150-4.2MW è di 12 rotazioni al minuto, quindi nettamente inferiore alla frequenza massima raccomandata (60 rpm), escludendo quindi la possibilità di qualsiasi danno per la salute;
- le due turbine in progetto che causano il fenomeno dell'ombreggiamento sono molto distanti dai recettori (la turbina WTG5 dista circa 530 m dal recettore R1 e la turbina WTG8 dista circa 1.16 km dal recettore R2). In tali circostanze l'effetto dell'ombra è trascurabile poiché il rapporto tra lo spessore della pala e la distanza dal recettore è molto ridotto.

Al fine di ridurre e/o eliminare gli effetti di shadow flickering sulle abitazioni interessate sono possibili due soluzioni:

- completamento della piantumazione già presente e non considerata nella fase di studio o, in alternativa,
- l'installazione sugli aerogeneratori che causano il fenomeno dell'ombreggiamento (WTG5 e WTG8), dello *Shadow Detection System*, una innovativa tecnologia sviluppata da Vestas che, attraverso l'analisi della posizione del sole, del rotore della turbina e delle abitazioni circostanti, blocca la turbina nei periodi di tempo in cui si creano le condizioni favorevoli per il verificarsi dello shadow flickering, annullando così il fenomeno.

## 5 ALLEGATI

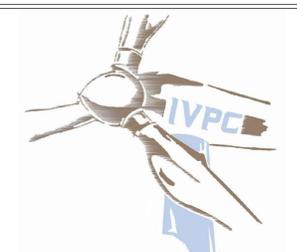
- Tavola ALL. SIA R6 - Mappa delle ore di ombreggiamento



**Legenda**

	Aerogeneratori Poggio Imperiale		300 ore -Anno		850 ore -Anno
	Aerogeneratori S. Paolo di Civitate		350 ore -Anno		900 ore -Anno
	Cavo interrato e tratto di cavo TOC		400 ore -Anno		950 ore -Anno
	Area Sottostazione di consegna		450 ore -Anno		
	Confini comunali		500 ore -Anno		
	Aerea Vasta		550 ore -Anno		
	50 ore -Anno		600 ore -Anno		
	100 ore -Anno		650 ore -Anno		
	150 ore -Anno		700 ore -Anno		
	200 ore -Anno		750 ore -Anno		
	250 ore -Anno		800 ore -Anno		

**Regione Puglia**  
 Provincia di Foggia  
**Comuni di San Paolo di Civitate e Poggio Imperiale**



---

OGGETTO:  
**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA DI POTENZA PARI A 42 MW**

COMMITTENTE:  **IVPC POWER 6**      TITOLO TAVOLA: **Mappe delle ore di ombreggiamento Shadow Flickering**

REDA: **1:15000**      N° TAVOLA: **ALL . SIA R6**

REVISIONE: **00**      DATA: **Luglio 2018**

PROGETTISTI: 



BIWERIMENTI CARTOGRAFICI:  
 Carta Tecnica Regionale - Pianeta Cartografico della Regione Puglia  
 Questo documento contiene informazioni tecniche che devono essere utilizzate esclusivamente per gli scopi del contratto per il quale esso è stato redatto. A norma di legge IVPC Power 6 S.p.A. si riserva la proprietà di questo documento con diritto di riproduzione e non è autorizzato a terzi senza autorizzazione scritta. All information contained herein is the property of IVPC Power 6 S.p.A. No part should be reproduced without IVPC Power 6 S.p.A.'s written permission. All rights reserved.