

Fred Olsen Renewables Italy S.r.l.

Progetto di un nuovo Parco Eolico "Energia Sorano"

Studio di Impatto Ambientale

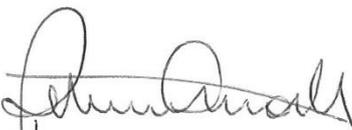
**Allegato F - Studio evoluzione dell'ombra
(Shadow flickering)**

26 luglio 2024

Ns rif. 1669402_SOR_076 – All.F

Riferimenti

Titolo	Progetto di un nuovo parco eolico "Energia Sorano" - Studio di Impatto Ambientale Allegato F - Studio evoluzione dell'ombra (Shadow flickering)
Cliente	Fred Olsen Renewables Italy S.r.l.
Redatto	Sara Screnci
Verificato	Lorenzo Magni
Approvato	Omar Retini
Numero di progetto	1669402
Numero di pagine	22
Data	26 luglio 2024




Colophon

TAUW Italia S.r.l.
Galleria Giovan Battista Gerace 14
56124 Pisa
T +39 05 05 42 78 0
E info@tauw.it

Il presente documento è di proprietà del Cliente che ha la possibilità di utilizzarlo unicamente per gli scopi per i quali è stato elaborato, nel rispetto dei diritti legali e della proprietà intellettuale. TAUW Italia detiene il copyright del presente documento. La qualità ed il miglioramento continuo dei prodotti e dei processi sono considerati elementi prioritari da TAUW Italia, che opera mediante un sistema di gestione certificato secondo le norme **UNI EN ISO 9001:2015, UNI EN ISO 14001:2015 e UNI ISO 45001:2018.**



Ai sensi del GDPR n.679/2016 la invitiamo a prendere visione dell'informativa sul Trattamento dei Dati Personali su www.TAUW.it.

Ns rif. 1669402_SOR_076 – All.F

Indice

1	Introduzione.....	4
2	Il fenomeno di evoluzione dell’ombra indotta da aerogeneratori	5
2.1	Normativa	7
3	Ubicazione del progetto.....	8
4	Caratteristiche delle turbine.....	11
5	Recettori	13
6	Modello di calcolo	16
7	Risultati.....	17
8	Conclusioni.....	22

APPENDICI:

Appendice 1: Risultati estratti dal software WindPro

Ns rif. 1669402_SOR_076 – All.F

1 Introduzione

La finalità della presente Relazione tecnica specialistica è quella di valutare l'eventuale impatto generato dall'evoluzione dell'ombra prodotta dalle pale eoliche degli aerogeneratori facenti parte del progetto di realizzazione del nuovo parco eolico denominato "Energia Sorano", che la Società Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. intende realizzare nel Comune di Sorano (GR) in Regione Toscana.

Il progetto del presente studio prevede la realizzazione dell'impianto eolico con 8 nuovi aerogeneratori (o turbine eoliche denominate "WTG" o "T") della potenza nominale di 6,2 MW ciascuno con relativa viabilità di accesso interna (la viabilità di accesso interna sarà in parte di nuova realizzazione ed in parte saranno adeguate strade esistenti), piazzole per lo stoccaggio dei componenti e per il loro montaggio, aree temporanee di cantiere dotate di parcheggi e uffici per il personale e zone di stoccaggio per elementi minori. Durante l'esercizio dell'impianto, verranno effettuate regolazioni di potenza sugli aerogeneratori tali da ridurre il valore al di sotto di quello nominale. Pertanto, tali regolazioni consentiranno di avere una potenza complessiva massima dell'impianto di 43,4MW.

La finalità del presente lavoro è quella di valutare l'eventuale impatto dell'ombreggiamento che può essere originato dagli aerogeneratori in progetto nella fase di esercizio andando a simulare l'effetto stroboscopico delle ombre proiettate dalle pale rotanti degli aerogeneratori eolici quando sussistono le condizioni meteorologiche opportune (Shadow Flickering).

Le valutazioni di cui sopra sono state effettuate con l'ausilio del software di simulazione specifico **WindPRO**.

2 Il fenomeno di evoluzione dell'ombra indotta da aerogeneratori

Lo shadow flickering (letteralmente ombreggiamento intermittente) descrive una fluttuazione periodica dell'intensità luminosa osservata da un recettore. Tale effetto (stroboscopico) è causato dalla proiezione, su una generica superficie, dell'ombra indotta da oggetti in movimento. Nel caso specifico di un impianto eolico il fenomeno è generato dalla proiezione, al suolo o su un recettore (abitazione), dell'ombra prodotta dalle pale degli aerogeneratori in rotazione in determinate condizioni di esposizione del sole.

Il fenomeno, dal punto di vista di un potenziale recettore, si traduce in una variazione alternata e ciclica di intensità luminosa che, a lungo andare, può provocare fastidio agli occupanti delle abitazioni le cui finestre risultano esposte al fenomeno stesso.

I parametri che concorrono al verificarsi dell'evento sono:

- Altezza del mozzo;
- Diametro del rotore delle WTG e larghezza della pala;
- Posizione del sole;
- Condizioni climatiche (direzione del vento, velocità del vento, copertura nuvolosa).

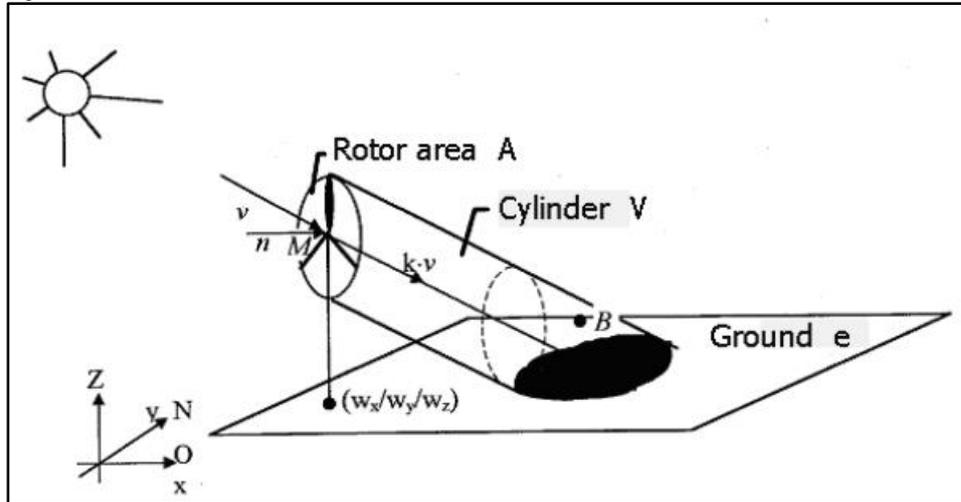
Di seguito si riporta quanto ricavabile da letteratura per la valutazione della significatività del fenomeno in analisi.

Le frequenze che possono provocare un senso di fastidio, corrispondenti all'entità della variazione alternata e ciclica di intensità luminosa, sono comprese tra i 2,5 Hz ed i 20 Hz (Verkuijlen and Westra, 1984).

L'areale entro cui il fenomeno risulta maggiormente percepibile è compreso in un raggio di 500 m con centro nell'aerogeneratore (Journal of the Acoustical Society of America 139, 1480 (2016)). Tra i 500 e 1000 m il fenomeno si verifica nelle prime ore del giorno o verso l'imbrunire, quando il sole è molto basso sull'orizzonte (con un angolo minimo di 3° sopra l'orizzonte) e le ombre diventano molto lunghe; pertanto, esse si dissipano prima di raggiungere il suolo (o il recettore) (si veda Fig. 2a).

Ns rif. 1669402_SOR_076 – All.F

Figura 2a Proiezione d'ombra al suolo



La **durata massima del fenomeno** oltre cui può essere avvertito un potenziale fastidio da parte di un recettore su cui concordano linee guida tedesche di progettazione degli impianti eolici e vari studi di ricerca¹ è:

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

Si rammenta che le condizioni di base sopracitate per la valutazione dell'esposizione non hanno alcun effetto prescrittivo ai fini della presente valutazione del fenomeno dello Shadow Flickering, il quale si basa unicamente su esperienza di studio e di ricerca; tali valori di soglia costituiscono valori di riferimento di natura prettamente letteraria, non esistendo a oggi riferimenti normativi cogenti nell'ambito della giurisprudenza italiana in merito al fenomeno dello Shadow Flicker.

¹ Haac R., Darlow R., Kaliski K., Rand J., Hoen B., In the shadow of wind energy: Predicting community exposure and annoyance to wind turbine shadow flicker in the United States, Energy Research & Social Science, 87 (2022).

Ns rif. 1669402_SOR_076 – All.F

2.1 Normativa

Attualmente in Italia non sono state emanate specifiche norme o linee guida che regolamentino i limiti di esposizione al fenomeno dello Shadow flickering generato dall'esercizio degli impianti eolici, né è stata definita una distanza massima oltre la quale si ritiene improbabile il verificarsi di un impatto significativo sulla salute umana.

Sono da segnalare, a livello regionale, le indicazioni fornite dalla Regione Abruzzo che riporta, tra i requisiti di sicurezza per la salute umana da rispettare nella scelta della localizzazione degli impianti eolici, le distanze oltre le quali non sono da valutare gli effetti dello shadow flickering:

- b.** Distanza minima da edifici a carattere abitativo, commerciale, per servizi e turistico-ricreativo: **300** metri, previa verifica di compatibilità acustica; in caso contrario sarà compito del proponente l'impianto verificare e certificare che il rumore immesso dalle turbine in prossimità delle abitazioni non porti ad un superamento dei limiti imposti dalla normativa vigente, oltre a ciò il proponente dovrà garantire che non si creino effetti di Shadow-Flickering in prossimità delle abitazioni.

Ns rif. 1669402_SOR_076 – All.F

3 Ubicazione del progetto

Il Parco Eolico “Energia Sorano” sarà realizzato nella parte più orientale della Regione Toscana, al confine con il Lazio, nel Comune di Sorano (GR).

L’area interessata dall’Impianto eolico è di tipo collinare, risulta lontana da centri abitati ed è posta a quote comprese fra 700 m e 950 m s.l.m..

I centri abitati più prossimi all’Impianto eolico sono Elmo, posto a circa 800 m in direzione sud rispetto agli aerogeneratori in progetto, Montevitozzo, ubicato a circa 3 km in direzione est rispetto agli aerogeneratori in progetto, Castell’Azzara localizzato a circa 4,5 km in direzione nord-est rispetto agli aerogeneratori in progetto e Selvena, distante circa 3,5 km in direzione nord rispetto agli aerogeneratori in progetto.

Le caratteristiche geografiche dell’impianto eolico in progetto sono indicate nella seguente tabella (misurate in posizione baricentrica rispetto alla posizione degli aerogeneratori).

Tabella 3a Caratteristiche geografiche del sito di impianto

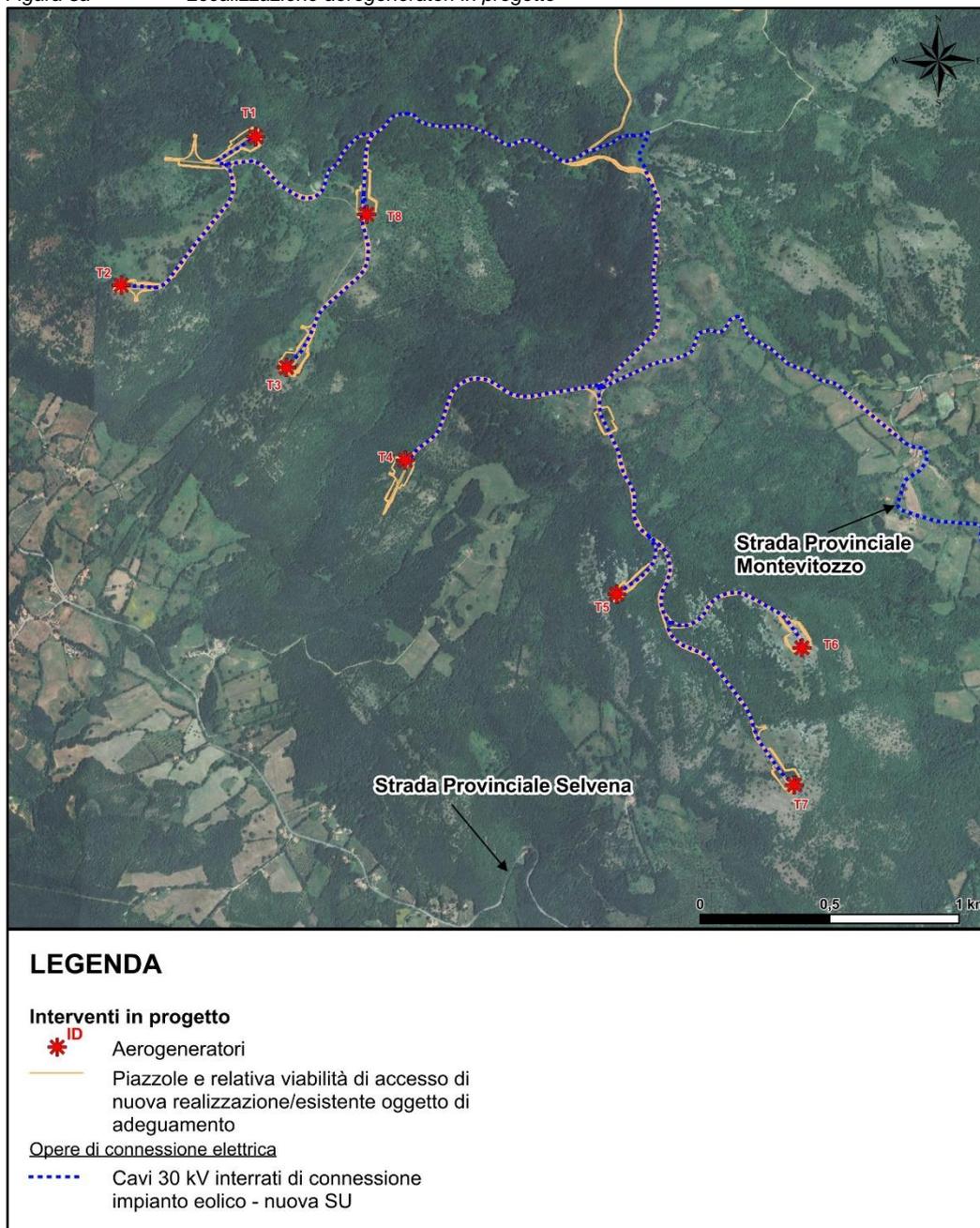
Nome impianto	Comune	Provincia	Coordinate geografiche (WGS84) Fuso 32 N	Altitudine media (m s.l.m.)
Energia Sorano	Sorano	Grosseto	4734300 N 719388 E	~ 730

L’area dell’impianto eolico è raggiungibile tramite la SP Montorio e dalla SP Selvena entrambe oggetto di adeguamento stradale ai fini della costruzione del nuovo impianto.

Nella seguente Figura 3a si riporta l’ubicazione degli aerogeneratori su immagine satellitare.

Ns rif. 1669402_SOR_076 – All.F

Figura 3a Localizzazione aerogeneratori in progetto



Di seguito si riportano le coordinate nel sistema di riferimento UTM 32N - WGS84 (EPSG:32632) degli 8 nuovi aerogeneratori in progetto localizzati tutti nel territorio comunale di Sorano.

Ns rif. 1669402_SOR_076 – All.F

Tabella 3b Localizzazione dei nuovi aerogeneratori in progetto

ID	Coordinate UTM 32N - WGS84 (EPSG:32632)		Quota
	X [m]	Y [m]	Z [m s.l.m.]
T1	718415	4735044	918
T2	717939	4734432	831
T3	718598	4734158	840
T4	719081	4733830	736
T5	719932	4733368	844
T6	720661	4733211	827
T7	720669	4732676	767
T8	718865	4734774	903

Ns rif. 1669402_SOR_076 – All.F

4 Caratteristiche delle turbine

Come anticipato nell'Introduzione, l'analisi è focalizzata sul progetto di realizzazione di un nuovo parco eolico costituito da 8 aerogeneratori. Ogni nuovo aerogeneratore avrà una potenza di 6,2 MW. Gli aerogeneratori sono stati posizionati in maniera tale da rispettare una distanza reciproca pari a 3 diametri (486m) in direzione ortogonale rispetto a quella del vento prevalente.

Di seguito si riportano le caratteristiche di un aerogeneratore tipo considerato ai fini dello sviluppo del progetto.

La potenza nominale delle turbine previste sarà pari a 6,2 MW.

L'aerogeneratore tipo utilizzato nel progetto ha le seguenti caratteristiche dimensionali (Figura 4a):

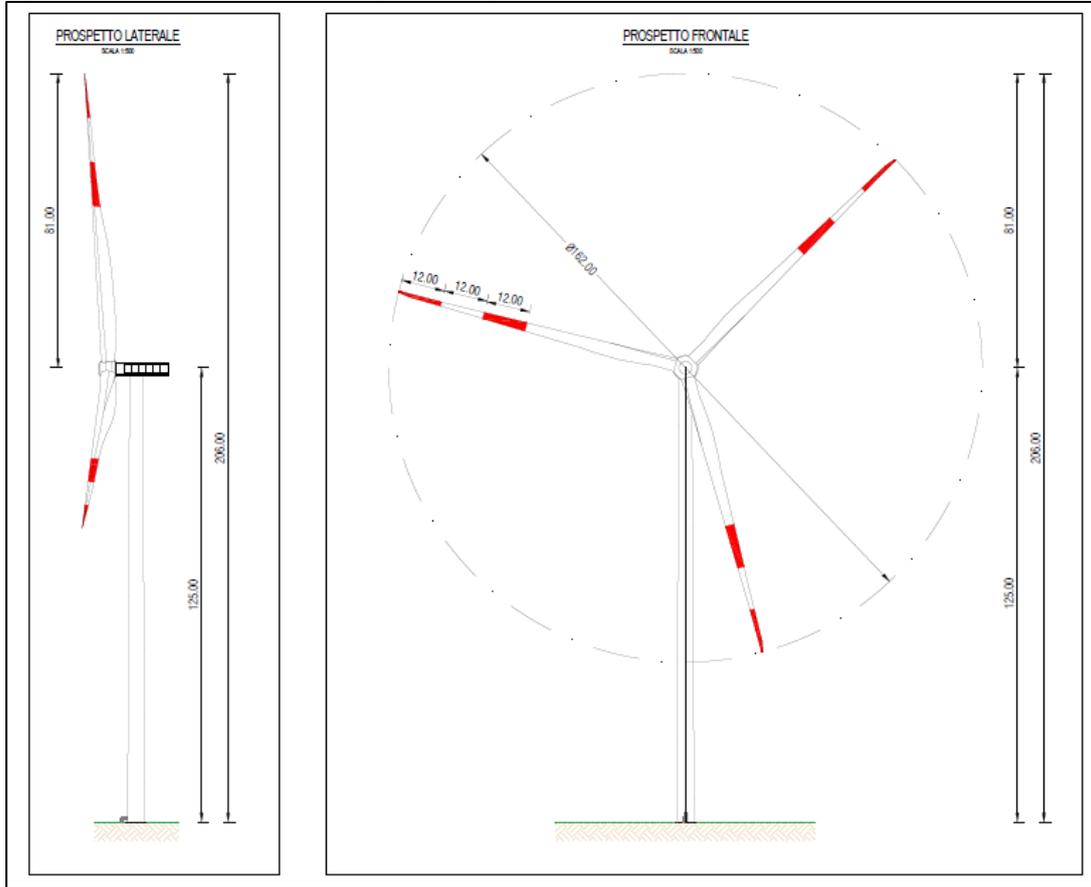
Altezza massima alla punta	$h_{tip} = 206,0$ m
Altezza al mozzo	$hh = 125,0$ m
Diametro del rotore	$\phi = 162,0$ m

Ai fini del presente studio, scegliendo tra quelli disponibili nel *Catalogo* del Software WindPro, sono stati utilizzati gli aerogeneratori VESTAS V162-6.2-6 200 aventi le seguenti caratteristiche dimensionali (che più si avvicinano a quelle di progetto):

- ✓ Potenza: 6,20 MW;
- ✓ Diametro del rotore: 162 m;
- ✓ Altezza mozzo: 125 m;
- ✓ Lunghezza massima della pala: 76 m;
- ✓ N. pale: 3;
- ✓ Velocità di rotazione (stimata a regime per singola pala): 8,3 RPM – 0,14 Hz.

Ns rif. 1669402_SOR_076 – All.F

Figura 4a Schema dell'aereogeneratore tipo



Ns rif. 1669402_SOR_076 – All.F

5 Recettori

Allo scopo di valutare l'eventuale impatto indotto sugli edifici da parte dell'impianto eolico in progetto, sono stati considerati i recettori presenti in un'areale corrispondente all'involuppo delle aree buffer circolari di raggio pari a 1 km con centro coincidente con le postazioni delle WTG in oggetto (*Journal of the Acoustical Society of America 139, 1480 (2016)*).

La selezione dei recettori è avvenuta a partire da quelli individuati sul territorio per lo studio di impatto acustico. Da essi, sono stati esclusi i recettori con destinazione d'uso che non prevede presenza di persone, ad esempio: baracche, stalle/fienili.

A valle della selezione, i recettori di interesse si riducono a un numero di 9. Per ognuno di essi, nel modello di simulazione, è stato inserito il punto rappresentante il centroide dello stesso.

La posizione di tali recettori in relazione agli aerogeneratori di progetto è mostrata nella mappa riportata in Figura 5a, mentre le caratteristiche sono descritte in Tabella 5a.

La sensibilità di un recettore rispetto al fenomeno di ombreggiamento dipende, oltre che alla sua posizione, anche dall'esposizione delle sue parti vetrate (finestre o altro) rispetto alla direttrice sole-turbina: infatti, nel caso in cui un edificio non abbia alcuna finestratura sul lato esposto al fenomeno di ombreggiamento, il fastidio per gli occupanti dello stesso sarà nullo.

Tuttavia, in una fase di simulazione iniziale, a favore di sicurezza, si è scelto di impostare per ciascun recettore la modalità "greenhouse" del modello, ossia ipotizzando che tutte le loro pareti siano vetrate e quindi potenzialmente esposte al fenomeno di ombreggiamento. Inoltre, è stata trascurata la presenza di alberi o altri ostacoli che, intercettando le ombre prodotte dagli aerogeneratori ne potrebbero ridurre il fenomeno.

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa, in cui sono indicate per ciascun recettore individuato le relative coordinate (UTM 32N - WGS 84 – EPSG:32632) e la tipologia catastale (tutti i ricettori individuati ricadono nel Comune di Sorano).

Ns rif. 1669402_SOR_076 – All.F

Figura 5a Localizzazione dei recettori, e inviluppo del buffer di 1 km dagli aerogeneratori in progetto

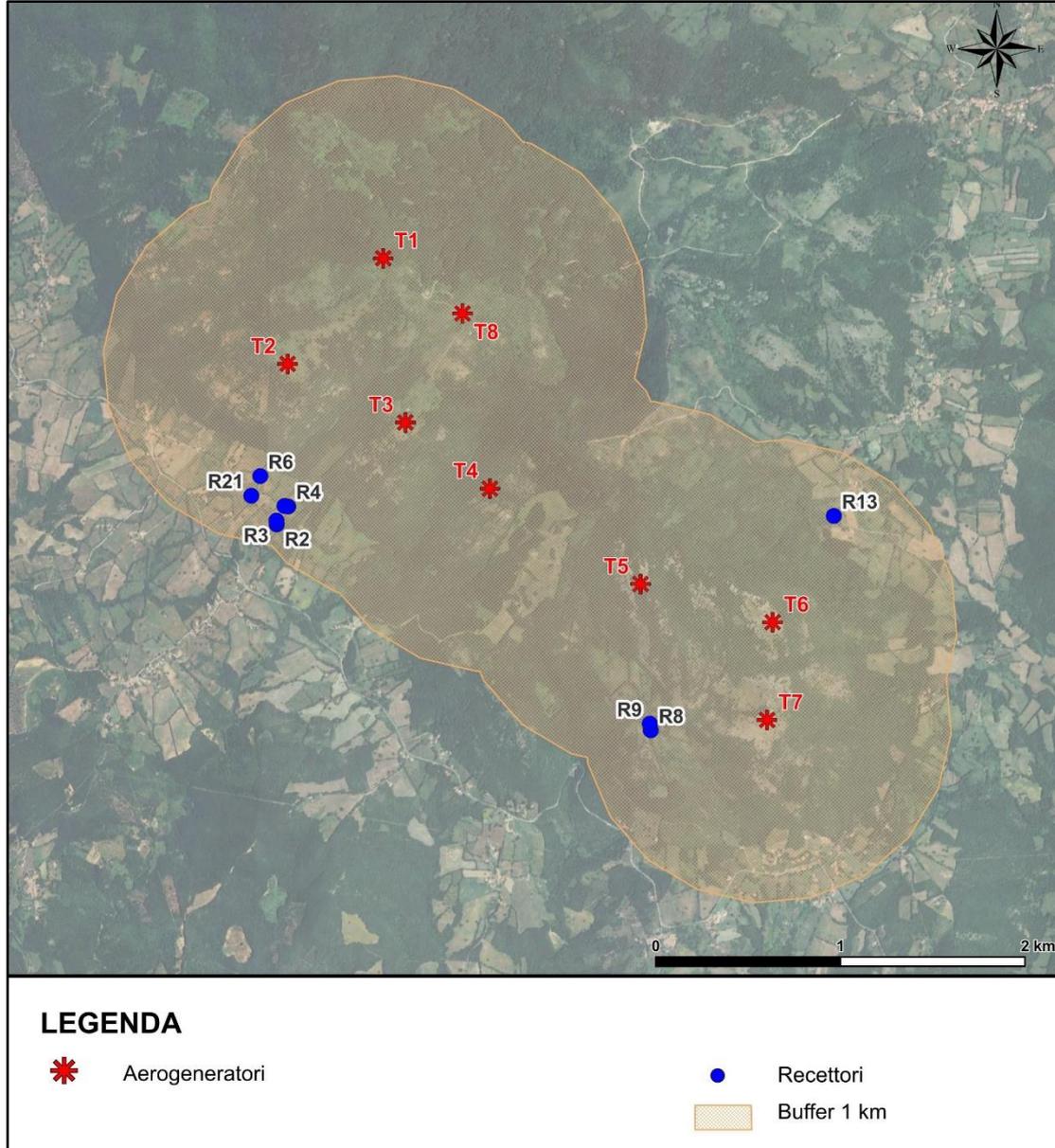


Tabella 5a Tabella coordinate, quota s.l.m. e tipologia dei recettori selezionati per lo studio

ID	Etichetta	X [m]	Y [m]	Z [m s.l.m]	Distanza dalla WTG più vicina [m]	Tipologia catastale
A	R2	717942	4733553	613	879 m da T2	Abitativo/Abitato
B	R3	717939	4733574	613	858 m da T2	Abitativo/Abitato
C	R4	717997	4733655	631	779 m da T2	Abitativo/Abitato
D	R5	717977	4733656	629	777 m da T2	Abitativo/Abitato

Ns rif. 1669402_SOR_076 – All.F

ID		Etichetta	X [m]	Y [m]	Z [m s.l.m]	Distanza dalla WTG più vicina [m]	Tipologia catastale
E		R6	717835	4733810	642	631 m da T2	Abitativo/Abitato
F		R8	720044	4732575	664	633 m da T7	Abitativo/Abitato
G		R9	720037	4732611	670	636 m da T7	Abitativo/Abitato
H		R13	720951	4733814	621	669 m da T6	Abitativo/Abitato
I		R21	717794	4733700	621	747 m da T2	Abitativo/Abitato

Ns rif. 1669402_SOR_076 – All.F

6 Modello di calcolo

L'analisi del potenziale impatto prodotto da un parco eolico in termini di shadow flickering è realizzata, generalmente, attraverso l'impiego di specifici applicativi che modellano il fenomeno in esame.

Nello specifico, nel presente studio, è stato impiegato il modulo shadow flickering del software **WindPro 3.5**.

L'analisi si basa necessariamente sull'impiego di un modello digitale del terreno dell'area oggetto di progettazione (per ricavare la topografia del terreno), sulla scelta e sul posizionamento degli aerogeneratori e dei potenziali ricettori, nonché sull'inserimento dei dati che correlano la posizione del sole nell'arco dell'anno con le condizioni operative delle turbine nello stesso arco di tempo.

Al fine di calcolare la posizione relativa del sole nell'arco di un anno rispetto al parco eolico ed ai ricettori è necessario definire la longitudine, la latitudine ed il fuso orario dell'area interessata dal progetto (coordinate baricentriche del dominio di calcolo).

Perseguendo l'obiettivo di ottenere una simulazione più cautelativa, a vantaggio di sicurezza, le simulazioni sono state effettuate ipotizzando le seguenti condizioni "sfavorevoli":

1. nessun ostacolo (oltre a quello orografico) è stato interposto fra turbine e recettori;
2. per ogni turbina: rotore in movimento alla massima frequenza e in moto continuo (nessuna schedulazione di funzionamento è stata imposta);
3. direzione del vento allineata con quella da turbina a recettore;
4. imposizione dei recettori come struttura dotata di finestre, settando la modalità *greenhouse*, ossia ipotizzando che le finestre siano omnidirezionali e su tutte le pareti dei fabbricati.

Inoltre, sono stati impostati i seguenti parametri di simulazione secondo quanto riscontrato dalla letteratura esistente e dal settaggio di default del software di calcolo:

- a) area di calcolo: 1000 m;
- b) altezza del sole minima dall'orizzonte sotto la quale l'influenza risulta nulla: 3°;
- c) altezza dal suolo a cui si calcola il percepimento del fenomeno: 2 m;
- d) passo temporale di calcolo: 1 minuto;
- e) passo spaziale della griglia di calcolo: 1 m.

Al momento del calcolo del fenomeno sono stati utilizzati i dati di eliofania reale rilevati dalla stazione meteorologica più vicina e con condizioni geografiche assimilabili a quelle del sito, fra quelle presenti nel database del software, ovvero "Vigna di Valle", Comune di Bracciano, Roma (Tabella 6a).

Tabella 6a *Eliofania utilizzata nel modello, ricavata dalla stazione meteorologica di Vigna di Valle (i valori indicano le ore/giorno in cui il sole splende non coperto da nubi, come media degli anni 1969-1993)*

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
3,98	4,87	5,46	6,60	8,30	9,30	10,54	9,73	7,82	6,08	4,48	3,95

Ns rif. 1669402_SOR_076 – All.F

7 Risultati

In Tabella 7a sono riportati, per ogni recettore, i risultati relativi alle ore/anno di ombreggiamento percepite calcolate dal modello. La Tabella 7b invece riporta, per ogni aerogeneratore, le ore/anno di ombreggiamento prodotte complessivamente verso i recettori.

Il risultato complessivo può essere visualizzato anche nell'Appendice 1 e nelle mappe di Figura 7b e 7c.

Tabella 7a Risultati complessivi relativi a ciascun recettore; ore espresse in [hh:mm]

Nome	ID	Valore atteso
		Ore/anno
R2	A	00:00
R3	B	00:00
R4	C	00:00
R5	D	00:00
R6	E	00:00
R8	F	60:58
R9	G	46:37
R13	H	26:39
R21	I	00:00

Tabella 7b Ore di ombreggiamento all'anno prodotte da ciascun generatore verso i recettori.

Nome	Valore atteso [hh:mm]
T1	00:00
T2	00:00
T3	00:00
T4	24:55
T5	00:00
T6	26:39
T7	71:13
T8	00:00

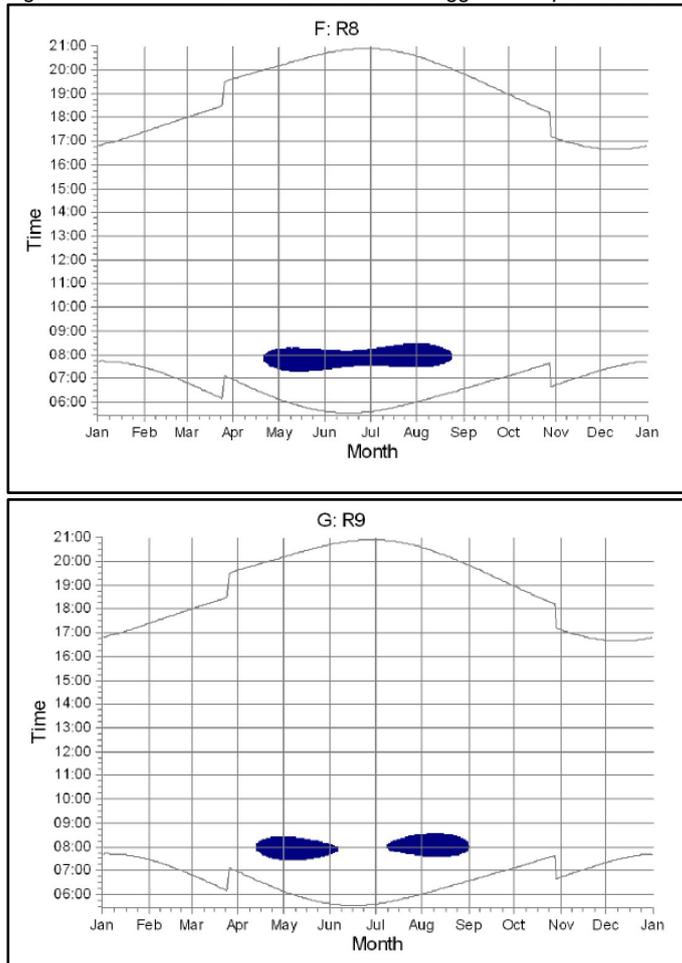
Rispetto alla simulazione effettuata si evidenzia che:

- ✓ Sono stati individuati nell'area di calcolo 10 recettori, edifici civili, che potrebbero essere interessati dal fenomeno.
- ✓ Di questi, 6 non sono impattati dal fenomeno. Dei restanti 4, solo 2 risultano interessati da un valore atteso superiore alle 30 ore/anno di ombreggiamento (R8/F; R9/ G).
- ✓ Il fenomeno dello shadow flickering percepito dai suddetti recettori R8/F e R9/G è tuttavia limitato alle prime ore del mattino, come desumibile dalle immagini sotto riportate e dalla

Ns rif. 1669402_SOR_076 – All.F

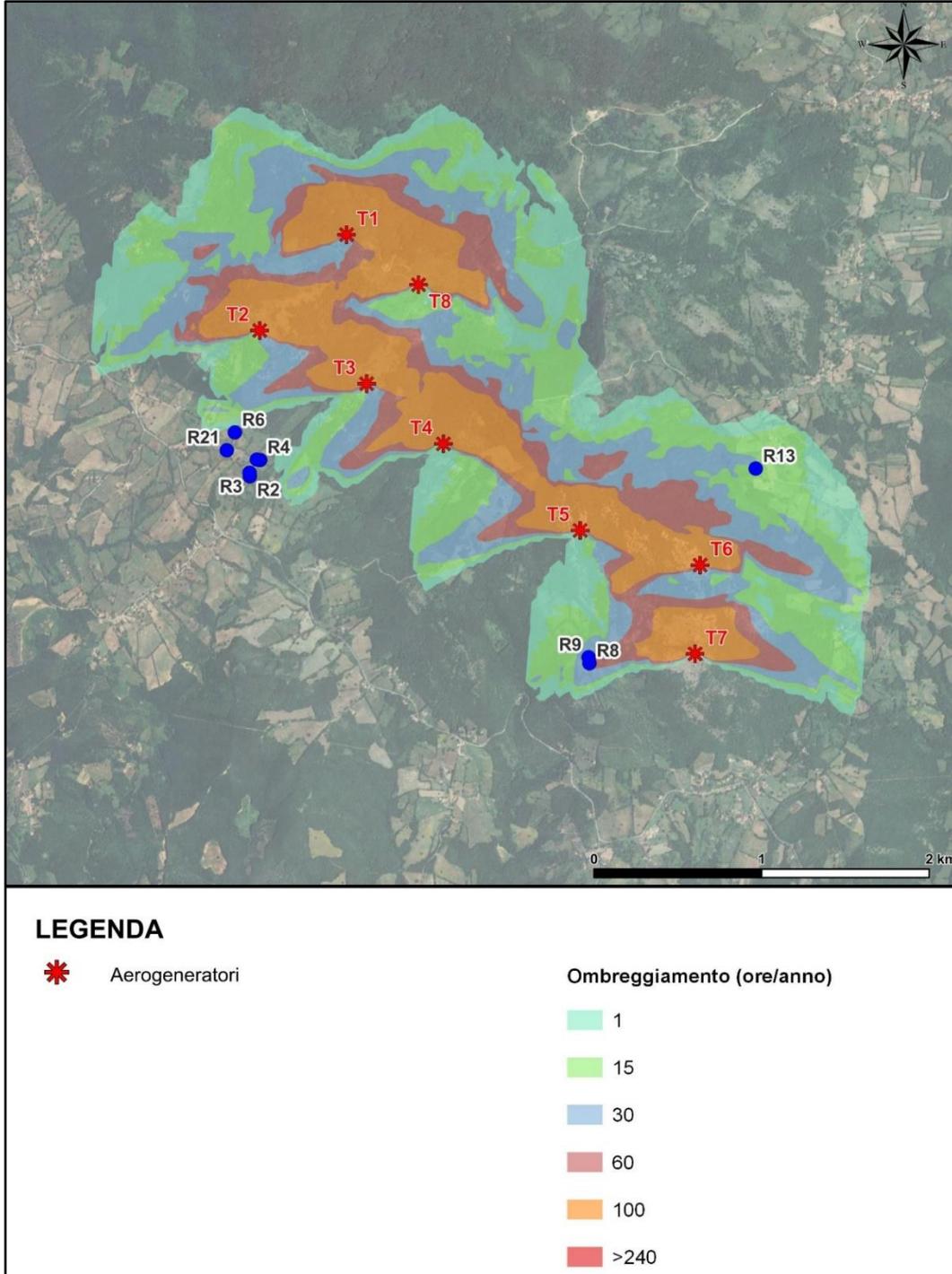
mappa in Figura 7c. In effetti, entrambi i recettori si trovano ad una distanza maggiore di 500 m dall'aerogeneratore più vicino (T7) e quindi l'ombra da esso generata si verifica solo quando il sole è molto basso sull'orizzonte.

Figura 7a Risultati calendario ombreggiamento per recettori R8/F e R9/G



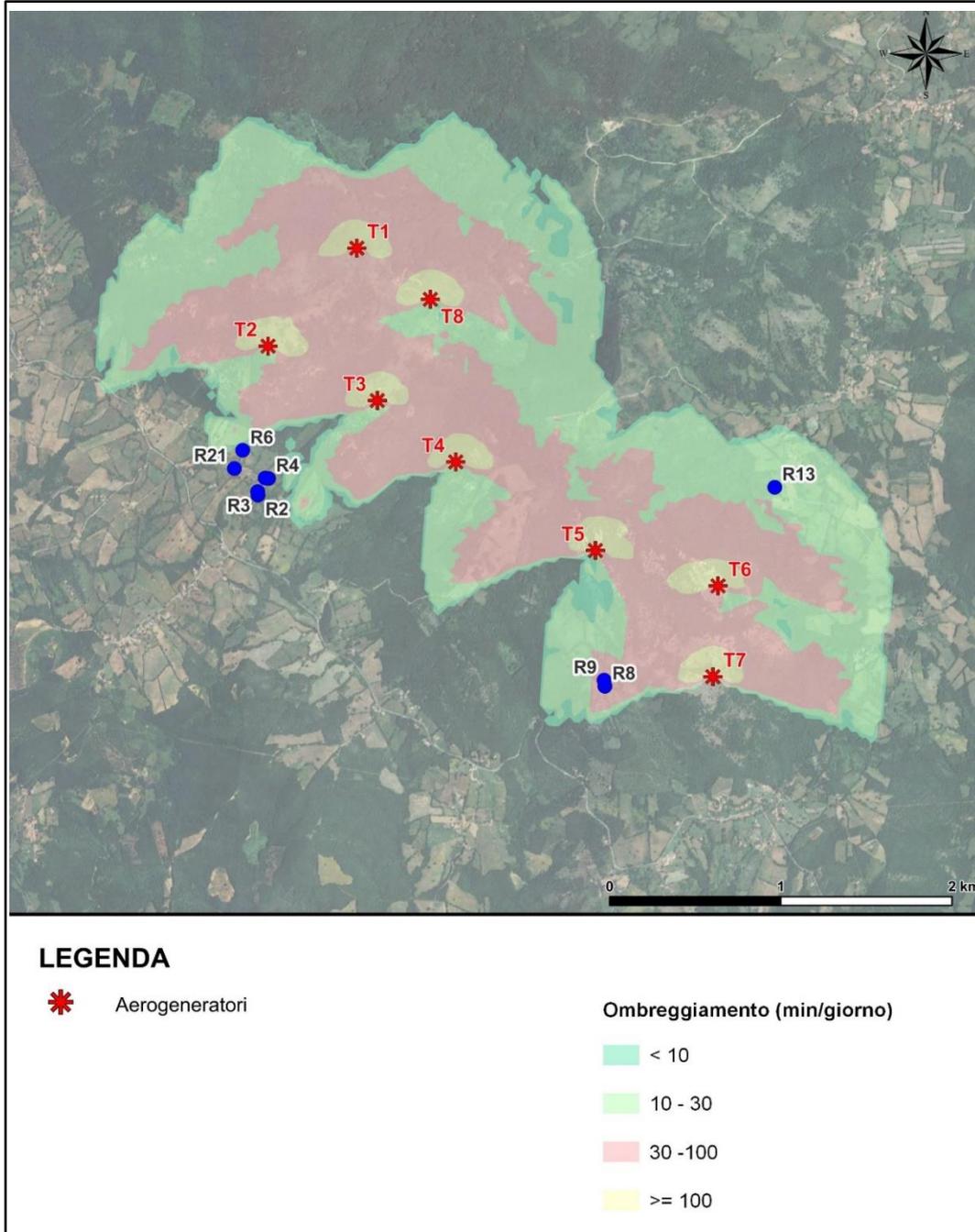
Ns rif. 1669402_SOR_076 – All.F

Figura 7b Risultati calendario ombreggiamento ore/anno



Ns rif. 1669402_SOR_076 – All.F

Figura 7c Risultati calendario ombreggiamento min/d



Ns rif. 1669402_SOR_076 – All.F

- ✓ Si evidenzia che tutti i recettori sono posti a una distanza maggiore di 500 m dall'aerogeneratore più vicino: pertanto, come esplicitato al §2, il fenomeno si verifica nelle prime ore del giorno, quando il sole è molto basso sull'orizzonte (con un angolo minimo di 3° sopra l'orizzonte) e le ombre diventano molto lunghe dissolvendosi, di fatto, prima di raggiungere il recettore;
- ✓ Si ricorda che tra le ipotesi di base inserite nel software è stato assunto che:
 - la condizione “*greenhouse*” per i recettori, ovvero che l'edificio presenti tutte le pareti vetrate, pertanto l'effetto potrebbe essere ulteriormente ridotto nel caso si considerino le reali esposizioni delle finestre
 - non è stata considerata la presenza di ostacoli forniti dalla vegetazione lungo la direttrice di sviluppo dell'ombra che naturalmente andrebbero ad attenuare se non ad annullarne gli effetti specialmente per i recettori ubicati a distanze maggiori di 500 m dagli aerogeneratori potenzialmente interessati dalle ombre delle prime ore del mattino.

Infine, si ricorda che secondo dati di letteratura la frequenza di rotazione delle pale eoliche può essere ritenuta “disturbante” se maggiore o uguale a 2.5 Hz. Gli aerogeneratori del caso studiato hanno una velocità di rotazione tale che la frequenza risulta pari a c.a. 0,47 Hz, quindi nettamente al di sotto di quella critica.

In sintesi, i risultati ottenuti, considerando anche le assunzioni cautelative adottate per la modellazione, inducono a considerare non significativo il disturbo indotto dall'ombreggiamento dei recettori considerati causato dagli aerogeneratori in progetto.

In Appendice 1 vengono riportati i risultati estratti dal software windPro, per ogni recettore.

Ns rif. 1669402_SOR_076 – All.F

8 Conclusioni

Lo studio ha permesso di valutare l'eventuale impatto indotto dall'effetto di sfarfallio dell'ombra (shadow flickering) che potrebbe essere causato dall'esercizio degli 8 nuovi aerogeneratori facenti parte del progetto di realizzazione del nuovo Parco Eolico "Energia Sorano", che la Società Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. intende realizzare nel Comune di Sorano (GR) in Regione Toscana.

Come riportato nei paragrafi precedenti in Italia, attualmente, non sono state emanate specifiche norme o linee guida che regolamentino i limiti di esposizione al fenomeno dello Shadow flickering generato dall'esercizio degli impianti eolici, né è stata definita una distanza massima oltre la quale si ritiene improbabile il verificarsi di un impatto significativo sulla salute umana; pertanto lo studio è stato basato su dati di letteratura e sui parametri forniti di default dal modello di calcolo utilizzato (WindPro 3.5).

I risultati ottenuti, considerando anche le assunzioni cautelative adottate per la simulazione, inducono a considerare non significativo il disturbo indotto dall'ombreggiamento dei ricettori considerati causato dall'esercizio degli aerogeneratori in progetto.

Appendice 1

Risultati estratti dal Software WindPro

SHADOW - Main Result

Calculation: shadow_0

Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence	1 000 m
Minimum sun height over horizon for influence	3 °
Day step for calculation	1 days
Time step for calculation	1 minutes

Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [VIGNA DI VALLE]

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
3.98	4.87	5.46	6.60	8.30	9.30	10.54	9.73	7.82	6.08	4.48	3.95

No operational time reduction. It is assumed the WTGs are always running with worst case wind direction.

A ZVI (Zones of Visual Influence) calculation is performed before flicker calculation so non visible WTG do not contribute to calculated flicker values. A WTG will be visible if it is visible from any part of the receiver window. The ZVI calculation is based on the following assumptions:

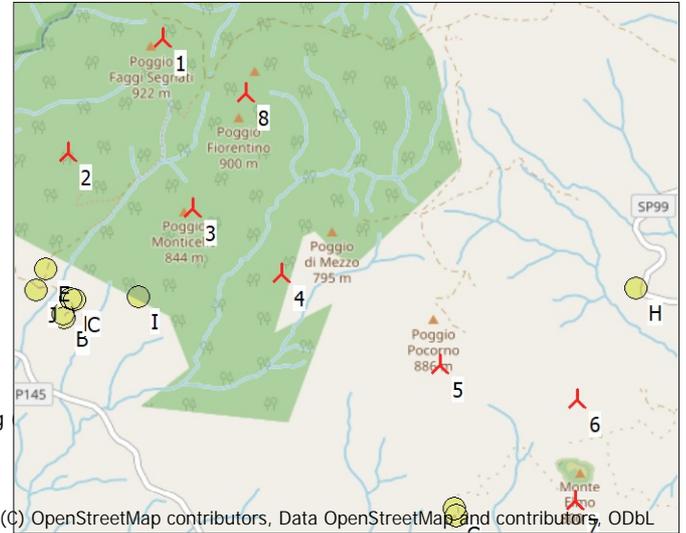
Height contours used: Elevation Grid Data Object: sorano_0_EMDGrid_0.wpg
 Obstacles not used in calculation
 Receptor grid resolution: 1.0 m
 Topographic shadow included in calculation

All coordinates are in

UTM (north)-WGS84 Zone: 32

WTGs

	Easting	Northing	Z	Row data/Description	WTG type				Shadow data			
					Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Calculation distance	RPM
			[m]				[kW]	[m]	[m]	[m]	[RPM]	
1	718 415	4 735 044	918.0	T1	Yes	VESTAS	V162-6.2-6 200	6 200	162.0	125.0	1 000	0.0
2	717 939	4 734 432	831.0	T2	Yes	VESTAS	V162-6.2-6 200	6 200	162.0	125.0	1 000	0.0
3	718 598	4 734 158	839.9	T3	Yes	VESTAS	V162-6.2-6 200	6 200	162.0	125.0	1 000	0.0
4	719 081	4 733 830	736.3	T4	Yes	VESTAS	V162-6.2-6 200	6 200	162.0	125.0	1 000	0.0
5	719 932	4 733 368	844.3	T5	Yes	VESTAS	V162-6.2-6 200	6 200	162.0	125.0	1 000	0.0
6	720 661	4 733 211	826.7	T6	Yes	VESTAS	V162-6.2-6 200	6 200	162.0	125.0	1 000	0.0
7	720 669	4 732 676	766.7	T7	Yes	VESTAS	V162-6.2-6 200	6 200	162.0	125.0	1 000	0.0
8	718 865	4 734 774	902.5	T8	Yes	VESTAS	V162-6.2-6 200	6 200	162.0	125.0	1 000	0.0



(C) OpenStreetMap contributors, Data OpenStreetMap and contributors, ODbL

Scale 1:40 000

▲ New WTG

● Shadow receptor

Shadow receptor-Input

No.	Name	Easting	Northing	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l.
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
A	R2	717 942	4 733 553	611.8	1.0	1.0	1.0	90.0	"Green house mode"	2.0
B	R3	717 939	4 733 574	613.0	1.0	1.0	1.0	90.0	"Green house mode"	2.0
C	R4	717 997	4 733 655	630.9	1.0	1.0	1.0	90.0	"Green house mode"	2.0
D	R5	717 977	4 733 656	628.6	1.0	1.0	1.0	90.0	"Green house mode"	2.0
E	R6	717 835	4 733 810	641.6	1.0	1.0	1.0	90.0	"Green house mode"	2.0
F	R8	720 044	4 732 575	664.4	1.0	1.0	1.0	90.0	"Green house mode"	2.0
G	R9	720 037	4 732 611	670.1	1.0	1.0	1.0	90.0	"Green house mode"	2.0
H	R13	720 951	4 733 814	620.9	1.0	1.0	1.0	90.0	"Green house mode"	2.0
I	R15	718 334	4 733 675	675.4	1.0	1.0	1.0	90.0	"Green house mode"	2.0
J	R21	717 794	4 733 700	621.0	1.0	1.0	1.0	90.0	"Green house mode"	2.0

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Name	Shadow, worst case			Shadow, expected values	
		Shadow hours per year	Shadow days per year	Max shadow hours per day	Shadow hours per year	Shadow hours per year
		[h/year]	[days/year]	[h/day]	[h/year]	[h/year]
A	R2	0:00	0	0:00	0:00	0:00
B	R3	0:00	0	0:00	0:00	0:00
C	R4	0:00	0	0:00	0:00	0:00
D	R5	0:00	0	0:00	0:00	0:00
E	R6	0:00	0	0:00	0:00	0:00
F	R8	96:25	124	0:57	60:58	60:58

To be continued on next page...

SHADOW - Main Result

Calculation: shadow_0

...continued from previous page

No.	Name	Shadow, worst case		Shadow, expected values	
		Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow hours per year [h/year]
G	R9	74:47	107	0:56	46:37
H	R13	58:26	90	0:52	26:39
I	R15	39:37	93	0:33	24:55
J	R21	0:00	0	0:00	0:00

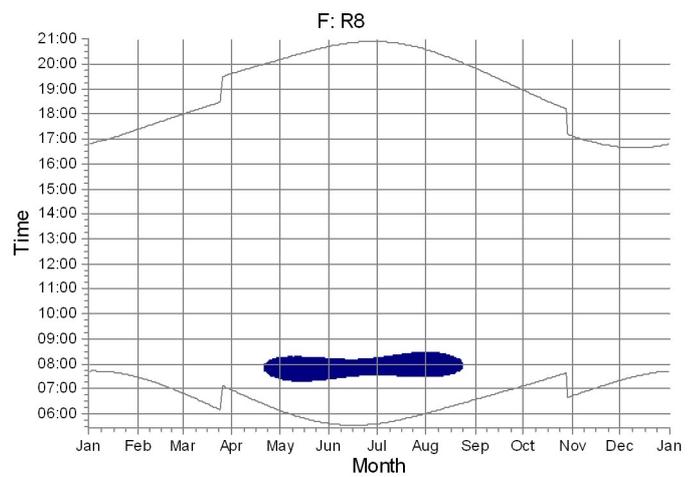
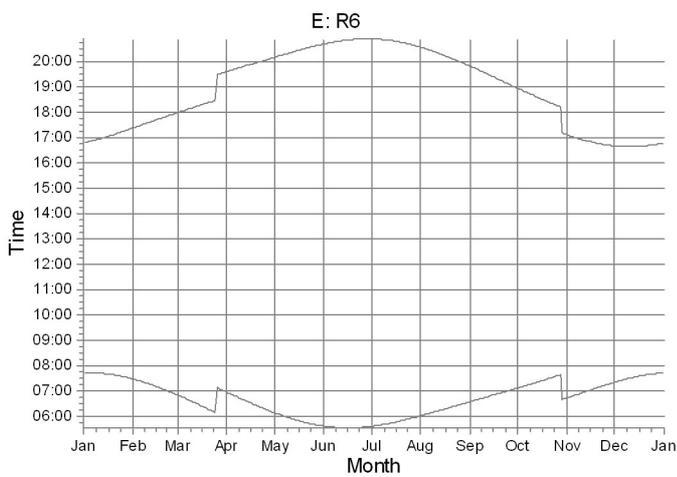
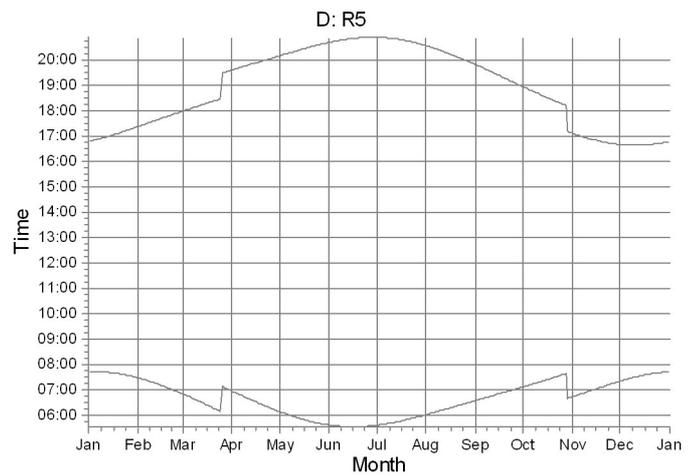
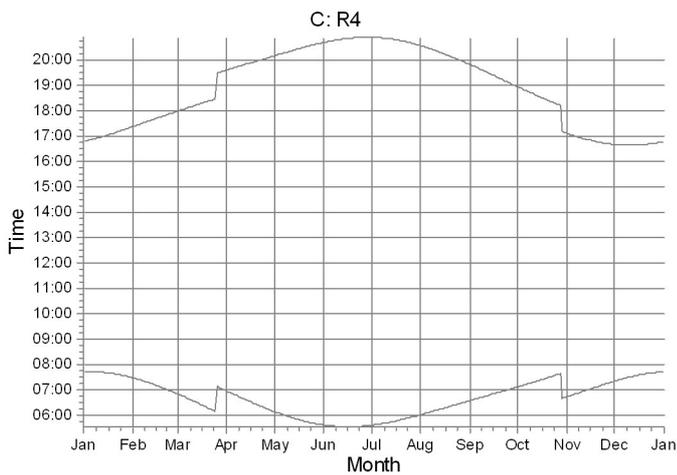
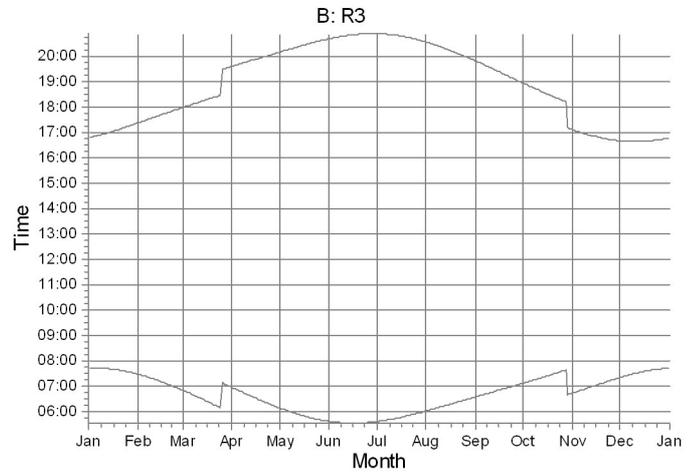
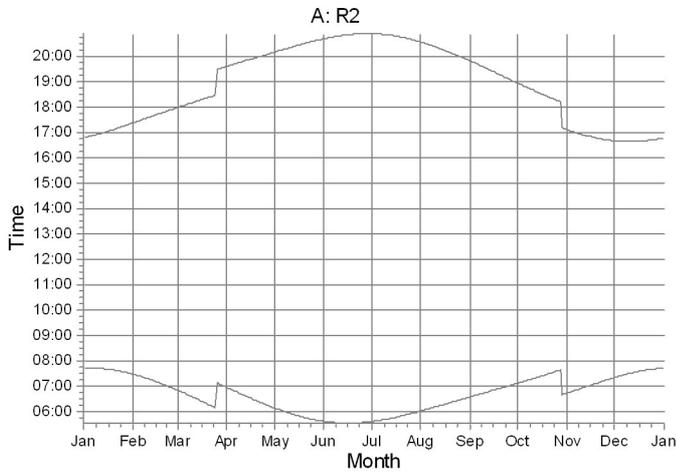
Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	T1	0:00	0:00
2	T2	0:00	0:00
3	T3	0:00	0:00
4	T4	39:37	24:55
5	T5	0:00	0:00
6	T6	58:26	26:39
7	T7	113:25	71:13
8	T8	0:00	0:00

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: shadow_0

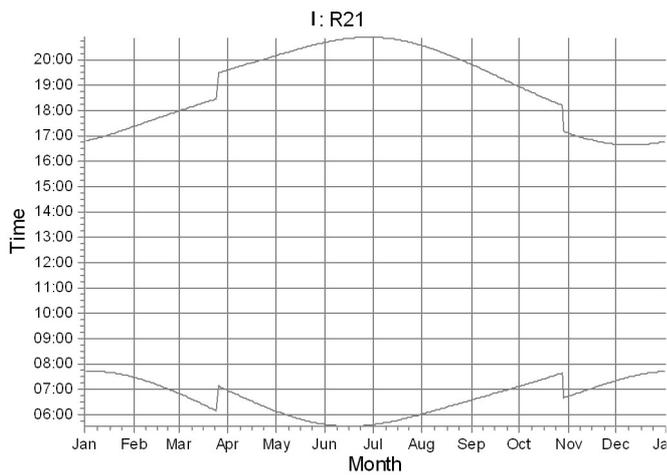
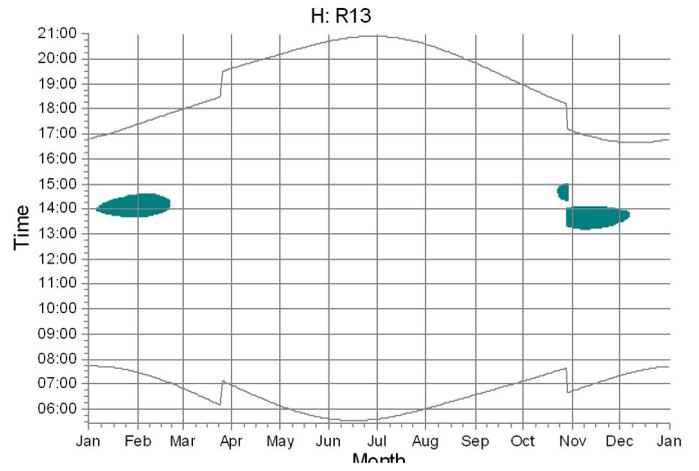
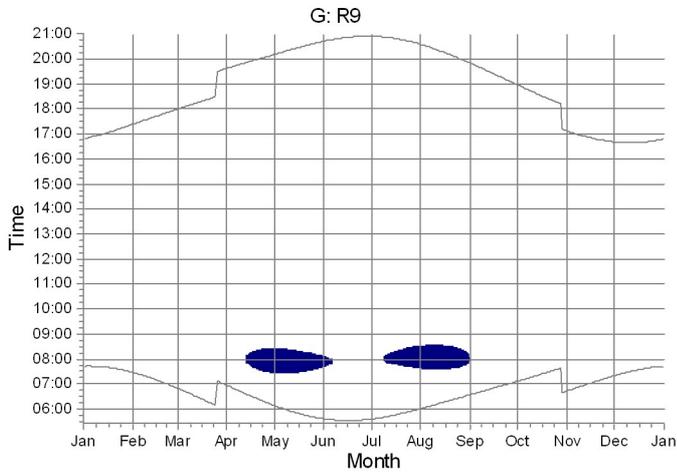


WTGs

 7: T7

SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: shadow_0



WTGs

