

# REGIONE SICILIA

Comuni di Valledolmo (PA) e Sclafani Bagni (PA)

## PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI 36 MW sito nei comuni di Valledolmo (PA) e Sclafani Bagni (PA) e delle relative opere di connessione da realizzarsi nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula e Villalba

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 	 Sorgenia Zefiro Srl Codice Fiscale e Partita Iva: 12497930961 Indirizzo PEC: sorgenia.zefiro@legalmail.it Sede legale: Via Alessandro Algardi 4, 20148 Milano	

Revisione	Data	Elaborato	Verificato	Approvato	Descrizione
00	25/10/2022	G. Lauretti	Imperato	Sorgenia Zefiro	Studio sugli effetti di shadow flickering

N° DOCUMENTO	SCALA	FORMATO
SRG-VLL-SF	--	

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO .....</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO .....</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>RICETTORI .....</b>	<b>8</b>
<b>7</b>	<b>EFFETTO SHADOW FLICKERING .....</b>	<b>11</b>
7.1	PREMESSA METODOLOGICA .....	11
7.2	MODELLO DI CALCOLO .....	11
7.3	STIMA DEGLI IMPATTI POST-OPERAM NEL WORST CASE SCENARIO .....	12
7.4	STIMA DEGLI IMPATTI POST-OPERAM NEL REAL CASE SCENARIO .....	13
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>14</b>

**INDICE DELLE FIGURE**

---

<i>Figura 1: Inserimento dell'area di impianto e del punto di connessione su carta IGM 1:250000.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2: Inquadramento del layout di Valledolmo su cartografia IGM 1:25000 .....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 3: Distribuzione dello shadow flickering lungo il territorio e ricettori sensibili individuati .....</i>	<i>8</i>

**INDICE DELLE TABELLE**

---

<i>Tabella 1: Riferimento catastale e geografico della posizione degli aerogeneratori.....</i>	<i>6</i>
<i>Tabella 2: Caratteristiche tecniche dell'aerogeneratore di progetto.....</i>	<i>7</i>
<i>Tabella 3: Elenco ricettori .....</i>	<i>9</i>
<i>Tabella 4: Elenco e direzione finestre per i ricettori.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabella 5: Parametri di configurazione per il calcolo.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabella 6: Confronto tra i risultati del 'Worst case' e del 'Real case'.....</i>	<i>14</i>

## 1 PREMESSA

Studio Rinnovabili, in qualità di consulente tecnico e tramite la società SR International S.r.l., è stata incaricata dalla società proponente **Sorgenia Zefiro S.r.l.** di redigere il progetto definitivo per lo sviluppo di un impianto eolico e delle relative opere di connessione. Studio Rinnovabili, attraverso la società SR International Srl, è una azienda di consulenza che dal 2005 fornisce servizi nel campo delle energie rinnovabili, e tra questi l'analisi di dati vento, studi di produzione energetica, asseverazioni tecniche e progettazione di impianti eolici. Sorgenia Zefiro è una società di sviluppo e gestione di impianti per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, facente capo a Sorgenia S.p.A.

Il progetto eolico qui descritto ha una potenza nominale complessiva di 36 MW ottenuta per mezzo di 6 aerogeneratori tripala da 6 MW, collocati nel territorio dei comuni di Valledolmo e Sclafani Bagni (PA) in Regione Sicilia.

Il presente documento costituisce lo studio sugli effetti di shadow flickering concernente la realizzazione dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica denominato "Valledolmo" di potenza 36 MW (di seguito il "Progetto" o "l'Impianto"), nei Comuni di Valledolmo e Sclafani Bagni (PA), e relative opere di connessione, nei Comuni di Caltavuturo (PA), Polizzi Generosa (PA), Castellana Sicula (PA) e Villalba (CL) che intende realizzare la società Sorgenia Zefiro (di seguito la "Società").

## 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**

In Italia, al momento, non esiste una 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.

Al fine di fornire una valutazione del progetto seppur in termini qualitativi, si è considerato come parametro di riferimento per l'esposizione di ogni recettore allo shadow-flickering le 30 ore annue, considerato a livello internazionale come parametro di qualità. 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. Pertanto, alcuni paesi hanno adottato dei limiti relativi all'esposizione all'effetto in questione.

Tuttavia, nel caso in esame, questo parametro non è da intendersi come limite superiore di esposizione, essendo il progetto situato a latitudini molto diverse rispetto ai paesi in cui questo rappresenta il limite massimo.

## 4 LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

Gli aerogeneratori che compongono il progetto eolico sono interamente ubicati nei comuni di Valledolmo e Sclafani Bagni (PA), in Sicilia, ad un'altitudine compresa tra i 670 ed i 760 m s.l.m. L'area, di carattere collinare, è adibita prevalentemente ad uso agricolo.

L'area del parco eolico è situata a circa 2.5 km a nord del centro abitato di Valledolmo (PA), a 3.8 km a sud del centro abitato di Caltavuturo (PA) ed a circa 4.5 km a sud del centro abitato di Sclafani Bagni (PA). L'elettricità prodotta viene condotta per mezzo di un cavidotto interrato a 30 kV dall'area di parco fino ad una cabina di trasformazione 30/36 kV, posta nelle vicinanze di una sottostazione di nuova realizzazione inserita sul futuro elettrodotto "Chiaramonte Gulfi – Ciminna", attraverso la quale avverrà la connessione con la Rete di Trasmissione Nazionale (RTN). Nel suo percorso, tale cavidotto interrato passa sui territori comunali di Valledolmo, Sclafani Bagni, Caltavuturo, Polizzi Generosa e Castellana Sicula in provincia di Palermo, ed infine il comune di Villalba, in provincia di Caltanissetta. Figura 1 riporta la posizione dell'area progetto su IGM 1:250000, nonché della Stazione Utente 30/36 kV e della Stazione 380/150/36 kV della RTN.

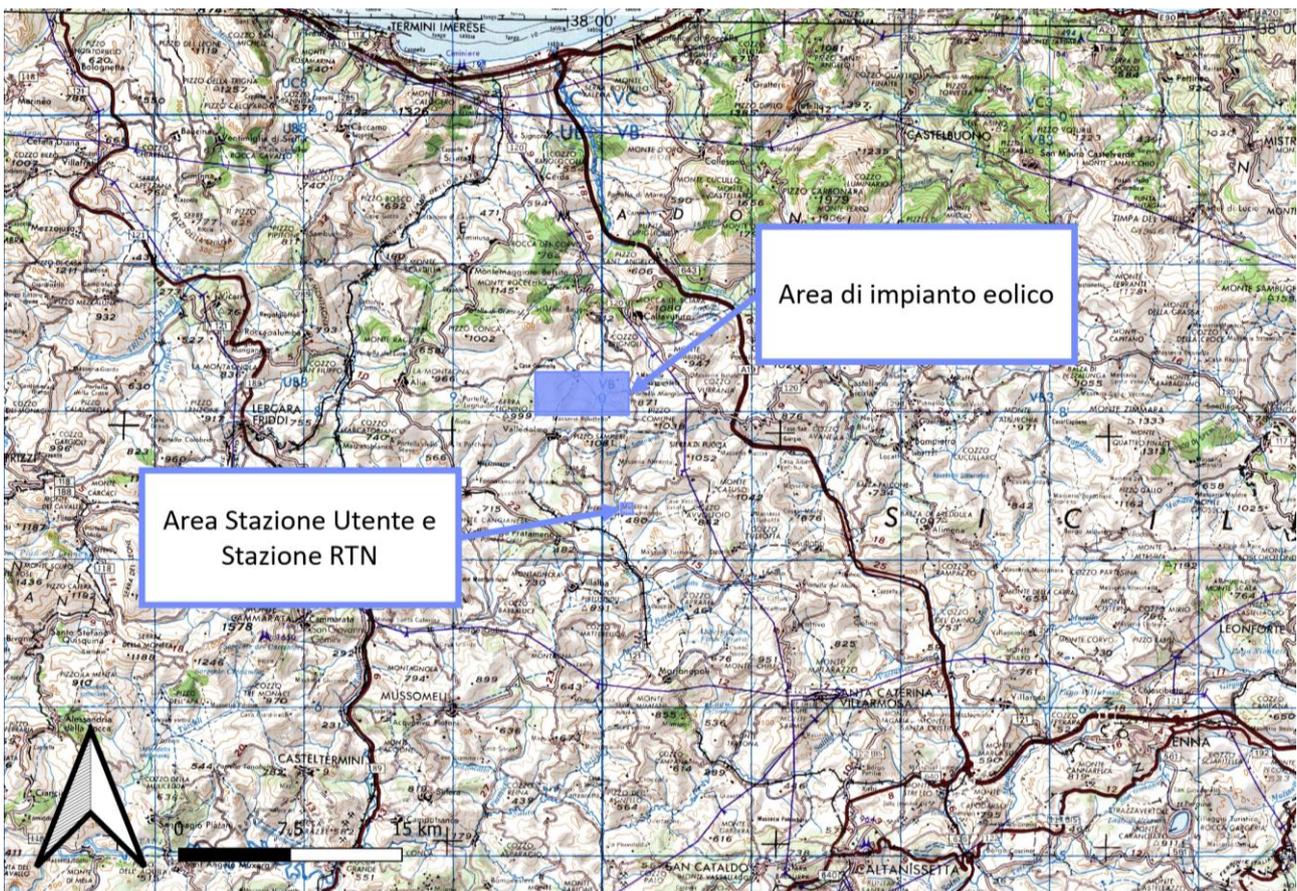


Figura 1: Inserimento dell'area di impianto e del punto di connessione su carta IGM 1:250000

Si riporta, inoltre, il layout di impianto su carta IGM 1:25000 (Figura 2). Seguono gli identificativi, i dati catastali e le coordinate assolute nel sistema di riferimento UTM WGS84 F33 Nord (Tabella 1).

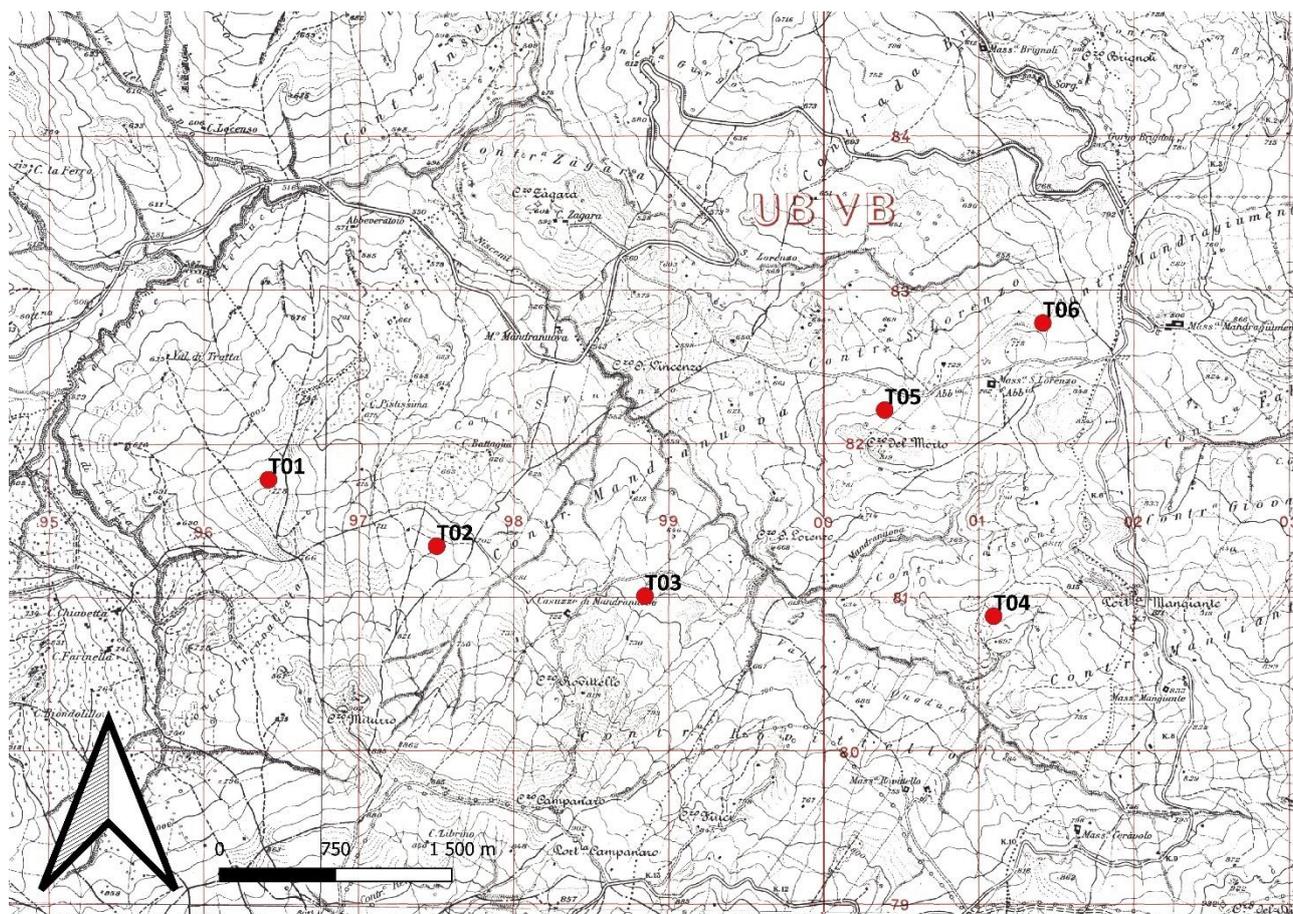


Figura 2: Inquadramento del layout di Valledolmo su cartografia IGM 1:25000

Id	Comune	Contrada	Riferimento catastale		UTM WGS F33 Nord	
			Foglio	Particella	Est [m]	Nord [m]
T01	Valledolmo	Mandranuova	3	213	396361	4181572
T02	Valledolmo	Mandranuova	6	5	397447	4181140
T03	Valledolmo	Mandranuova	6	58	398792	4180816
T04	Sclafani Bagni	S. Lorenzo	24	74	401022	4180777
T05	Sclafani Bagni	S. Lorenzo	23	416	400288	4182086
T06	Sclafani Bagni	Mangiante	23	4	401361	4182591

Tabella 1: Riferimento catastale e geografico della posizione degli aerogeneratori

## 5 DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

Il progetto per la realizzazione dell'impianto eolico da 36 MW nei comuni di Valledolmo e Sclafani Bagni prevede di installare 6 aerogeneratori di potenza nominale pari a 6 MW. L'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori verrà trasmessa a mezzo di un cavidotto interrato in media tensione (MT) a 30kV, il cui tracciato corre nei Comuni di Caltavuturo (PA), Polizzi Generosa (PA), Castellana Sicula (PA), fino ad una cabina di trasformazione 30/36 kV nel Comune di Villalba (CL). Conformemente a quanto indicato nella Soluzione tecnica minima generale di connessione - comunicata dalla società TERNA S.p.a. in data 23/12/2021 con nota prot. N. Rif. GRUPPO TERNA/ P20210104747 cod. pratica 202101973, lo schema di connessione alla RTN prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 36 kV con la sezione 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150/36 kV della RTN, da inserire in entra - esce sul costruendo elettrodotto RTN a 380 kV della RTN "Chiaromonte Gulfi - Ciminna", previsto nel Piano di Sviluppo Terna, cui raccordare la rete AT afferente alla SE RTN di Caltanissetta. Pertanto la cabina di trasformazione 30/36 kV verrà collocata nel Comune di Villalba (CL) in posizione limitrofa alla costruenda stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150/36 kV della RTN cui verrà collegata in antenna mediante cavidotto interrato a 36 kV.

Il modello di aerogeneratore sarà selezionato sulla base delle più innovative tecnologie disponibili sul mercato. Il tipo e la taglia esatta dell'aerogeneratore saranno comunque individuati in seguito della fase di acquisto della macchina e verranno descritti in dettaglio in fase di progettazione esecutiva. Si riportano in Tabella 2 le principali caratteristiche tecniche di un aerogeneratore con potenza nominale pari a 6,0 MW.

Potenza nominale	6,0 MW
Diametro del rotore	170 m
Lunghezza della pala	83 m
Corda massima della pala	4,5 m
Area spazzata	22.698 m
Altezza al mozzo	125 m
Classe di vento IEC	IIIA
Velocità cut-in	3 m/s
V nominale	10 m/s
V cut-out	25 m/s

Tabella 2: Caratteristiche tecniche dell'aerogeneratore di progetto

Nei pressi di ogni aerogeneratore sarà realizzata una piazzola opportunamente dimensionata, collegata alla viabilità pubblica per mezzo di strade carrabili con ampiezza di 5 m. Sono previsti inoltre adeguamenti stradali laddove le condizioni della viabilità esistente non permettano il trasporto di grandi componenti fino all'area di parco.

Il progetto oggetto di questo studio è frutto di scelte e considerazioni tecniche effettuate nel rispetto dei vincoli territoriali e del contesto insediativo circostante. L'impianto produrrà energia da fonte rinnovabile con lo scopo di aumentare la sicurezza dell'approvvigionamento di energia e di diminuire la dipendenza da fonti fossili, contribuendo al raggiungimento degli obiettivi strategici nazionali verso la transizione energetica.

## 6 RICETTORI

Il terreno dell'area di progetto è prevalentemente destinato ad uso agricolo e fuori dai centri di Valledolmo e Sclafani Bagni di oltre 3 Km.

Per l'individuazione dei ricettori potenzialmente affetti da shadow-flickering è stata predisposta una prima analisi del territorio nel raggio di 1.5 km dal centro della singola turbina e utilizzando come limite inferiore le 30 ore previste dalla normativa internazionale. A tal scopo, si è svolta una prima analisi per ricavare il potenziale effetto di shadow flickering all'esterno dei ricettori, senza dunque considerare la geometria né la disposizione delle finestre negli edifici. A valle di ciò, si possono individuare tutti i potenziali ricettori impattati al di sopra dell'obiettivo qualità. Infine, confrontando in maniera incrociata le immagini da Google Earth e le categorie catastali associate ai singoli edifici, è stata elaborata la lista definitiva dei ricettori, come riportato in *Tabella 3*.

Le categorie catastali associate all'abitabilità di un edificio sono quelle del gruppo A; in questo caso specifico, ritroviamo la categoria A03, alla quale appartengono le "abitazioni di tipo economico", e la categoria A04, alla quale appartengono le "abitazioni di tipo popolare".

In Figura 3 si riporta la mappa della distribuzione dell'effetto di shadow flickering con ricettori sensibili individuati.

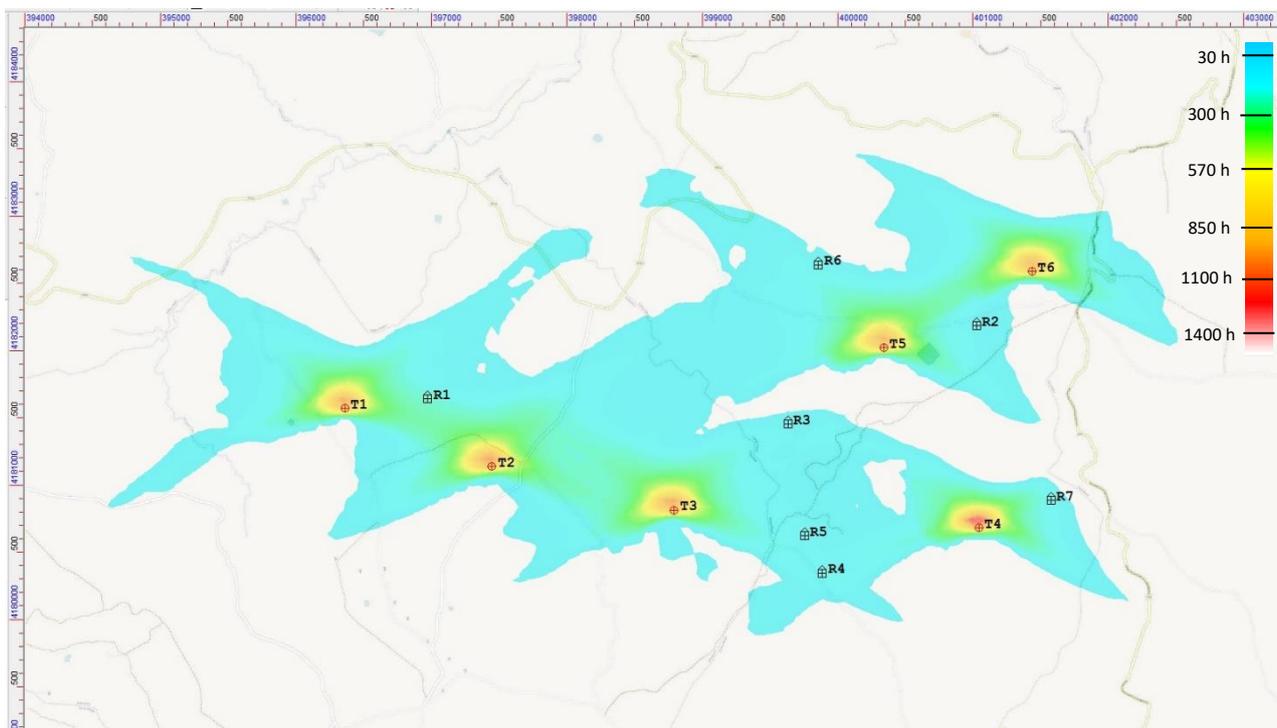


Figura 3: Distribuzione dello shadow flickering lungo il territorio e ricettori sensibili individuati

Ricettore	Comune	Long	Lat	Categoria catastale	Tipo
R1	Valledolmo	396974	4181645	A04	sensibile
R2	Sclafani Bagni	401026	4182188	A04	sensibile
R3	Sclafani Bagni	399632	4181458	A04	sensibile
R4	Sclafani Bagni	399888	4180348	A04	sensibile
R5	Sclafani Bagni	399753	4180628	A04	sensibile
R6	Sclafani Bagni	399859	4182642	A04	sensibile
R7	Sclafani Bagni	401575	4180891	A03	sensibile

Tabella 3: Elenco ricettori

A questo punto, individuati i ricettori potenzialmente colpiti da shadow flickering, si analizzano i vari casi, andando a ricostruire in maniera semplificata il singolo edificio; in particolare, si ipotizza una struttura cubica con una singola finestra per lato e si definisce l'orientamento di ciascuna finestra rispetto la direzione del nord geografico.

Questa procedura servirà a definire più nel dettaglio quale parte dell'edificio viene colpita o meno.

In Tabella 4 viene presentato l'elenco dei ricettori, specificando per ciascuna finestra l'orientamento rispetto il nord geografico.

Ricettore	Parete/Finestra	Classificazione	Long	Lat	Direzione finestra
R1	Fin1	sensibile	396974	4181645	189
R1	Fin2	sensibile	396974	4181645	279
R1	Fin3	sensibile	396974	4181645	9
R1	Fin4	sensibile	396974	4181645	99
R2	Fin1	sensibile	401026	4182188	189
R2	Fin2	sensibile	401026	4182188	279
R2	Fin3	sensibile	401026	4182188	9
R2	Fin4	sensibile	401026	4182188	99
R3	Fin1	sensibile	399632	4181458	180
R3	Fin2	sensibile	399632	4181458	270
R3	Fin3	sensibile	399632	4181458	0
R3	Fin4	sensibile	399632	4181458	90
R4	Fin1	sensibile	399888	4180348	175
R4	Fin2	sensibile	399888	4180348	265
R4	Fin3	sensibile	399888	4180348	355
R4	Fin4	sensibile	399888	4180348	85
R5	Fin1	sensibile	399753	4180628	199
R5	Fin2	sensibile	399753	4180628	289
R5	Fin3	sensibile	399753	4180628	19
R5	Fin4	sensibile	399753	4180628	109
R6	Fin1	sensibile	399859	4182642	243
R6	Fin2	sensibile	399859	4182642	333

R6	Fin3	sensibile	399859	4182642	63
R6	Fin4	sensibile	399859	4182642	153
R7	Fin1	sensibile	401575	4180891	180
R7	Fin2	sensibile	401575	4180891	270
R7	Fin3	sensibile	401575	4180891	0
R7	Fin4	sensibile	401575	4180891	90

Tabella 4: Elenco e direzione finestre per i ricettori

## 7 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)

### 7.1 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;

### 7.2 MODELLO DI CALCOLO

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 4km dal centro del parco eolico.

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.

### **7.3 STIMA DEGLI IMPATTI POST-OPERAM NEL WORST CASE SCENARIO**

In Tabella 6 sono riportati i risultati dell’analisi effettuata con il software WindFarm, indicati per ogni parete di ogni abitazione e per ogni ricettore abitativo.

Come già premesso nel capitolo 6, viene simulata la presenza di **quattro pareti per ogni ricettore**. I risultati per la detta finestra sono rappresentativi per tutto il fronte in cui è posizionata la finestra.

I risultati comprendono il numero di ore annue in cui si verifica il fenomeno della ombra intermittente.

#### 7.4 STIMA DEGLI IMPATTI POST-OPERAM NEL REAL CASE SCENARIO

In Tabella 6, insieme al worst case, sono riportati i risultati del real case, realizzato prendendo in riferimento i dati meteorologici del 2020 dal database PVGIS-SARAH2 e utilizzando dei criteri per determinare se le condizioni meteorologiche permettessero un'attuazione dell'effetto di shadow flickering.

I parametri usati per il calcolo sono:

Parametro	Valore
Anno di riferimento	2020
Luce diretta/totale massimo	50%
Tempo di campionamento	1h
Altezza ricettori	2 m
Modello DTM	Grid 20 m
Barriere	Non presenti

Tabella 5: Parametri di configurazione per il calcolo

Ricettore/ Finestra	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)	Real case 2020 (h)
1/1	sensibile	189	141,0	57,6
1/2	sensibile	279	67,8	25,6
1/3	sensibile	9	3,3	0,0
1/4	sensibile	99	87,5	39,7
2/1	sensibile	189	58,8	0,9
2/2	sensibile	279	59,0	0,9
2/3	sensibile	9	0,0	0,0
2/4	sensibile	99	0,0	0,0
3/1	sensibile	180	50,9	3,0
3/2	sensibile	270	54,3	3,0
3/3	sensibile	0	3,4	0,0
3/4	sensibile	90	3,4	0,0
4/1	sensibile	175	0,0	0,0
4/2	sensibile	265	47,3	7,6
4/3	sensibile	355	85,3	15,4
4/4	sensibile	85	38,1	7,7
5/1	sensibile	199	43,9	1,2
5/2	sensibile	289	44,1	1,2
5/3	sensibile	19	18,6	10,4
5/4	sensibile	109	18,7	10,5
6/1	sensibile	243	0,0	0,0
6/2	sensibile	333	0,0	0,0
6/3	sensibile	63	0,0	0,0

6/4	sensibile	153	0,0	0,0
7/1	sensibile	180	0,0	0,0
7/2	sensibile	270	0,0	0,0
7/3	sensibile	0	0,0	0,0
7/4	sensibile	90	0,0	0,0

Tabella 6: Confronto tra i risultati del 'Worst case' e del 'Real case'

Per tutte le pareti considerate, il fenomeno di flickering è contenuto. Ciò deriva dal fatto che il fenomeno è maggiormente evidente nelle ore mattutine e serali della giornata, quando il sole è molto basso sull'orizzonte, e quindi le ombre si allungano, in particolare nella direzione verso nord-ovest al mattino (sole a sud-est) e nella direzione sud-est alla sera (sole a nord-ovest). Pertanto, le finestre delle abitazioni o masserie principalmente soggette ad effetto di presenza di ombra intermittente sono quelle più vicine all'impianto e localizzate su un allineamento ovest – est rispetto all'impianto stesso.

Nell'appendice A vi sono i diagrammi per tutti i ricettori

Da ultimo, il fenomeno di ombreggiamento intermittente è più frequente nelle prime ore del mattino, nei mesi estivi.

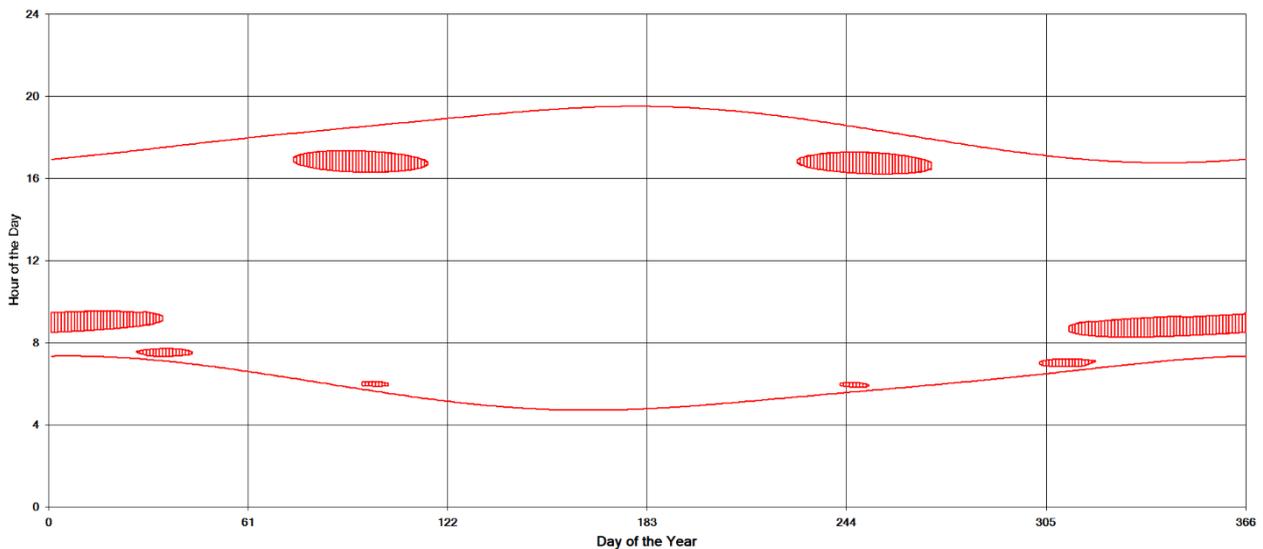
## 8 CONCLUSIONI

Nel valutare i risultati bisogna considerare che l'aerogeneratore è in rotazione per un tempo limitato e sostanzialmente solo se il vento supera le condizioni di cut-in. Inoltre, le condizioni di insolazione con luce diretta sono limitate anche esse ad una porzione del tempo totale. Considerando queste due situazioni congiuntamente si riduce fortemente il tempo in cui il disagio si manifesta. Si conclude che gli effetti di shadow-flickering hanno un impatto non significativo sui ricettori, e non presentano ripercussioni negative sul territorio in cui si inseriscono le opere di progetto.

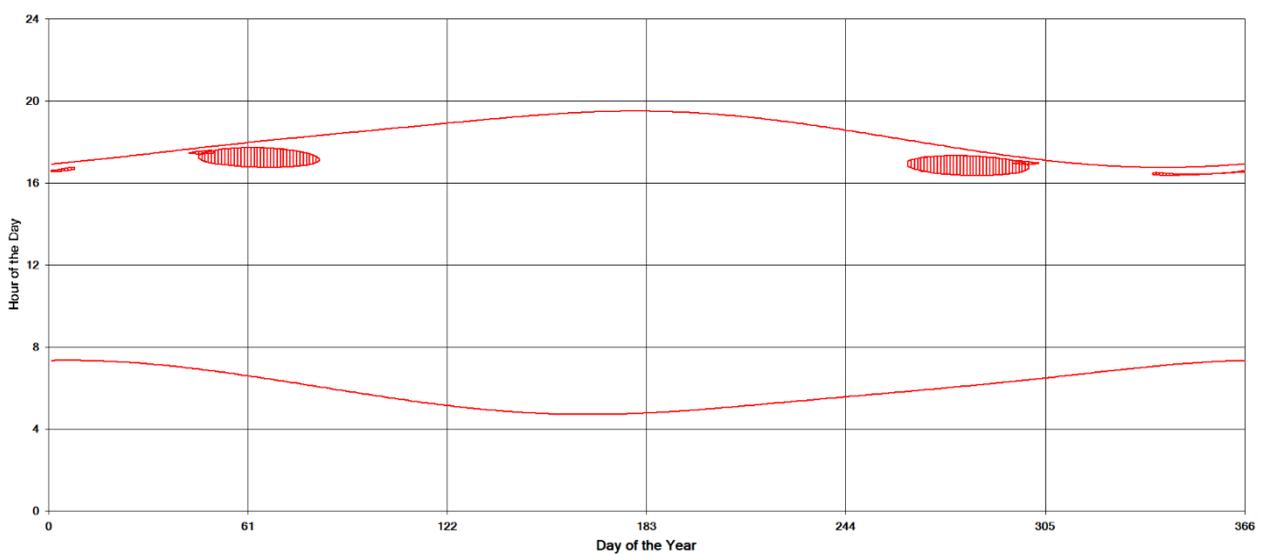
## Appendice – Diagramma ricettori/finestre

Le immagini rappresentano i periodi dell'anno e le ore del giorno in cui geometricamente il sole potrebbe creare l'effetto sulla finestra della casa. Non vengono considerate in questa né la probabilità di funzionamento della turbina, né probabilità che vi sia luce diretta sufficiente a creare l'effetto.

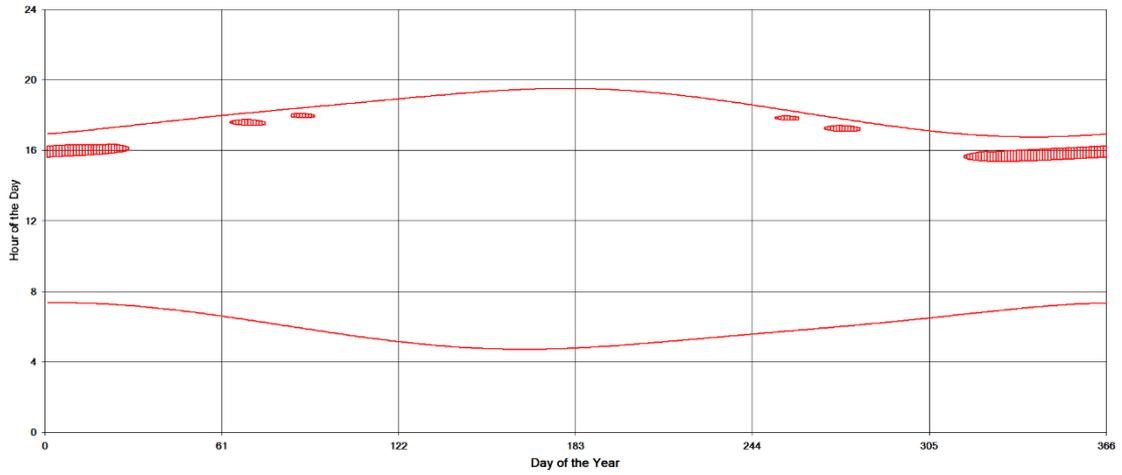
Shadow Times on House 1, All Windows from All Turbines



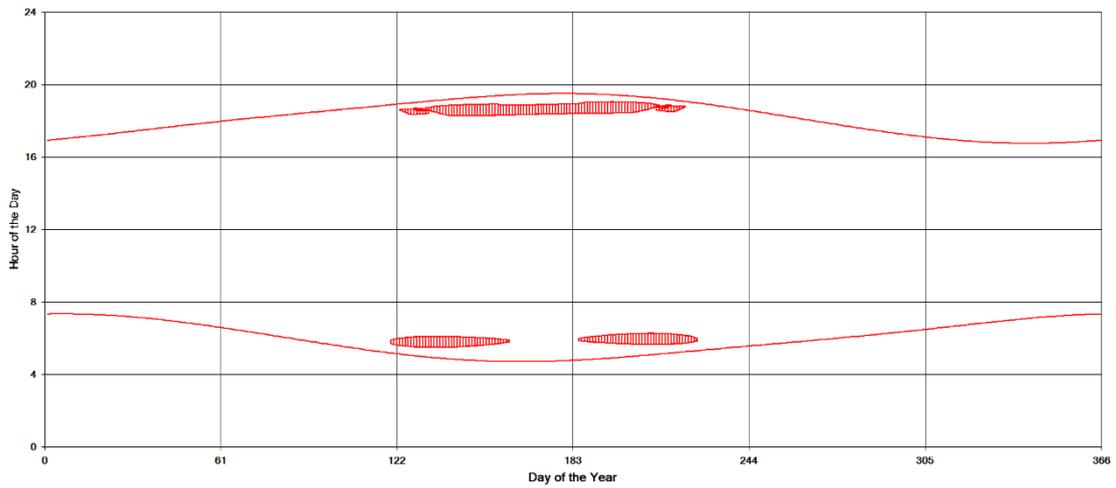
Shadow Times on House 2, All Windows from All Turbines



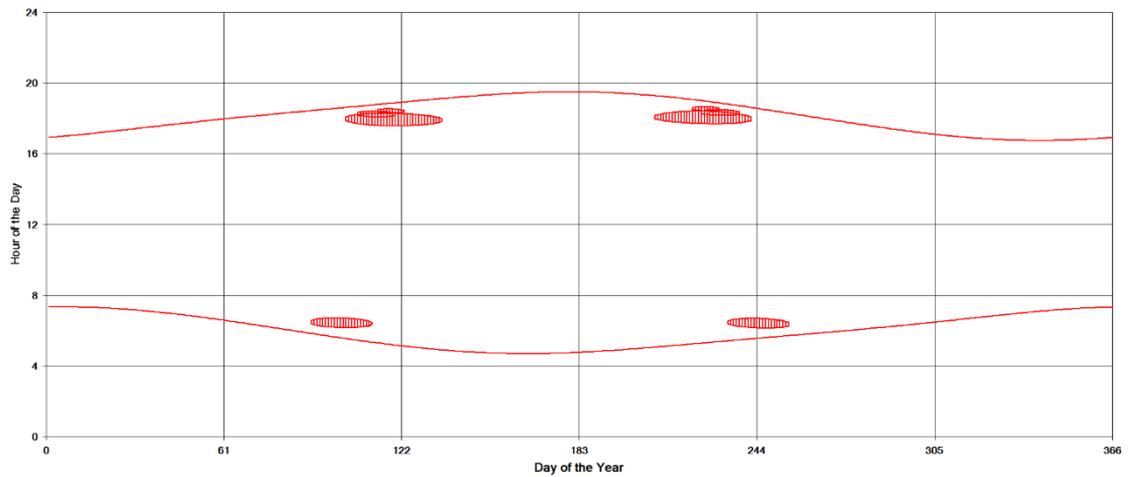
Shadow Times on House 3, All Windows from All Turbines



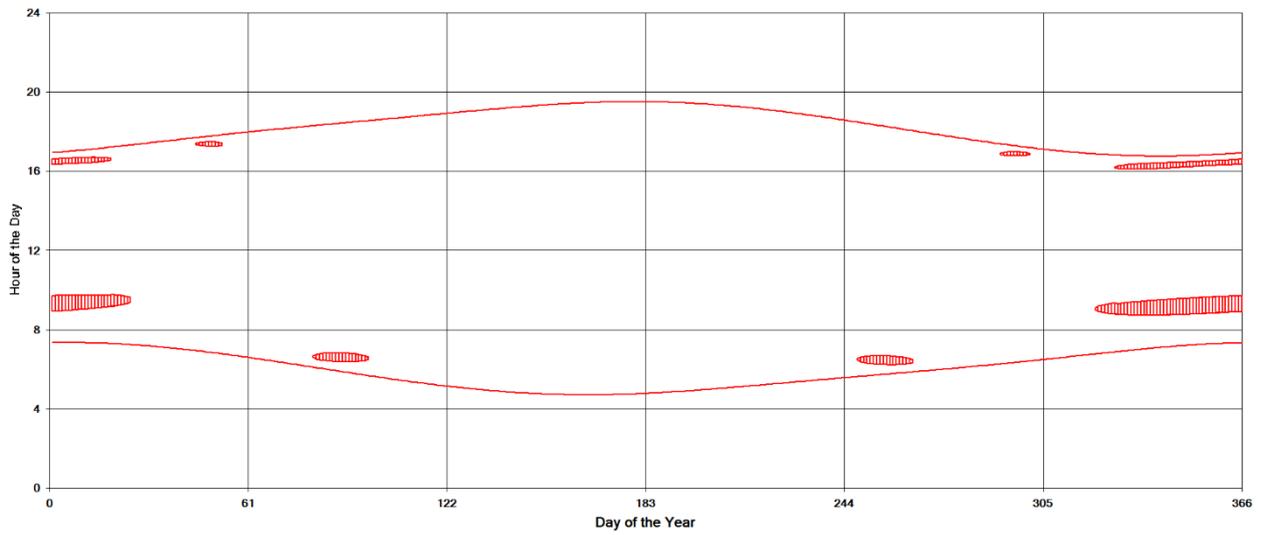
Shadow Times on House 4, All Windows from All Turbines



Shadow Times on House 5, All Windows from All Turbines



Shadow Times on House 6, All Windows from All Turbines



Shadow Times on House 7, All Windows from All Turbines

