

REGIONE
SICILIANA



COMUNE DI
SALEMI



COMUNE DI
MARSALA



Il Committente:

NP Sicilia 2

NP Sicilia 2 S.r.l.

Via San Marco, 21
20121 MILANO

P.IVA - C.F. 12844470968

Il Progettista:



dott. ing. VITTORIO RANDAZZO



dott. ing. VINCENZO DI MARCO



Titolo del progetto:

PARCO EOLICO "CELSO-PESCES"
POTENZA NOMINALE 39,6 MW

Elaborato:

PROGETTO DEFINITIVO

Codice Elaborato:

NPS2_SAL_I03_REL

TITOLO ELABORATO:

Shadow Flickering

FOGLIO:

SCALA:

FORMATO:

A4

Rev:	Data	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
0				V.D.	V.R.

Sommario

1	PREMESSE	2
2	DEFINIZIONI.....	4
2.1	RETE ELETTRICA.....	4
2.2	IMPIANTO EOLICO	4
3	DESCRIZIONE DEL SITO DI INDAGINE	7
3.1	DESCRIZIONE DEGLI AEROGENERATORI E UBICAZIONE	14
3.1.1	Specifiche tecniche	14
3.2	INDIVIDUAZIONE E SCELTA DEI RECETTORI.....	16
4	ANALISI DI SHADOW FLICKERING	18
4.1	CENNI SUL FENOMENO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA GENERATA DAGLI AEROGENERATORI	18
4.2	METODOLOGIA DI ANALISI.....	20
4.3	DATI INPUT E PARAMETRI DEL MODELLO	22
4.4	DTM.....	23
4.5	AEROGENERATORI E RECETTORI	23
5	RISULTATI	25
5.1	GIORNI DI OMBREGGIAMENTO NEL CORSO DELL'ANNO.....	25
5.2	ORE DI OMBREGGIAMENTO NEL CORSO DELL'ANNO.....	26
5.3	MINUTI DI OMBREGGIAMENTO AL GIORNO	27
5.4	ANALISI DEI RICETTORI.....	28
5.5	ANALISI DEI RISULTATI.....	37
5.5	MISURE DI MITIGAZIONE	38
6	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	39

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO "CELSO-PESCES"</p>	<div style="text-align: right;">   </div>			
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">07/02/2023</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">REV 0</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Pag. 2</td> </tr> </table>	07/02/2023	REV 0	Pag. 2
07/02/2023	REV 0	Pag. 2			

1 PREMESSE

Il presente elaborato ha lo scopo di valutare in maniera tecnica l'eventuale impatto generato dall'evoluzione dell'ombra derivante dalla futura installazione di un impianto di produzione di energia da fonte eolica ubicato nei comuni di Salemi e Marsala.

L'opera di progetto sarà costituita da 6 nuovi aerogeneratori Modello SG Siemens Gamesa 6.6-170 – 50 Hz/60 Hz di potenza unitaria pari a 6,6 MW ed altezza del mozzo posta a 115 m s.l.t. per una potenza di impianto pari a 39,6 MW. All'impianto verrà affiancato un sistema di storage avente una potenza nominale pari a 13,4 MW, corrispondente ad una capacità di accumulo di circa 54 MWh.

Nel dettaglio tutti gli aerogeneratori ricadono nel comune di Salemi (TP) mentre la viabilità di esercizio e il cavidotto di collegamento alla rete elettrica nazionale interesseranno sia il Comune di Salemi (TP) che quello di Marsala (TP).

Nel territorio comunale di Marsala (TP) sarà realizzata una Stazione Utente (SU), dove giungeranno i cavidotti provenienti dal parco eolico in oggetto, e dalla quale partirà una singola terna che verrà collegata alla RTN (Rete Trasmissione Nazionale) in antenna a 36 kV previa realizzazione di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) a 220/36 kV della RTN, inserita in entra - esce sulla linea RTN a 220 kV "Fulgatore - Partanna".

Gli aerogeneratori saranno reciprocamente ed elettricamente collegati da un sistema di distribuzione ramificato costituito da cavidotti interrati lungo la rete stradale esistente e, ove necessario, lungo quella di nuova realizzazione. Il collegamento tra il parco eolico e la Stazione Elettrica (SE) Terna a 36 kV sopradetta avverrà tramite la realizzazione di una Stazione Utente a 36 kV alla quale fa capo il gruppo di generazione eolica, ubicata nei pressi della SE Terna, previa realizzazione di una linea dedicata in AT in cavo interrato di proprietà del produttore per il collegamento alla stessa Stazione Elettrica a 36 kV.

Il collegamento tra il parco eolico (da intendersi inclusivo del sistema di accumulo) e la sezione a 36 kV della Stazione Elettrica (SE) Terna sopradetta avverrà tramite la realizzazione di una Stazione Utente (SU), operante anch'essa a 36 kV, alla quale faranno capo sia il gruppo di generazione eolica sia il sistema di accumulo e da cui si dipartirà una terna di cavi che trasporterà l'energia generata alla SE e quindi alla RTN.

La SU sarà ubicata nei pressi della SE Terna e vi si conetterà tramite realizzazione di una linea dedicata in AT (36 kV, secondo il nuovo standard) in cavo interrato, cavo che rimarrà di proprietà del produttore.

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO "CELSO-PESCES"</p>	<div style="text-align: right;">   </div>			
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">07/02/2023</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">REV 0</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Pag. 3</td> </tr> </table>	07/02/2023	REV 0	Pag. 3
07/02/2023	REV 0	Pag. 3			

Gli aerogeneratori saranno disposti su terreni dedicati in precedenza alle coltivazioni di olivi, vigneti e frumento. Le dorsali elettriche saranno costituite da cavi interrati, il cui percorso ricalcherà i tracciati di viabilità esistente e/o quelli di nuova realizzazione, se previsti, per l'accesso alle piazzole degli aerogeneratori stessi. Il cavidotto interrato a 36 kV di collegamento tra l'impianto eolico e la SE Terna (SE) 220/36 kV, si distingue in:

- **cavidotto interno al parco**, che collegherà tra di loro gli aerogeneratori e avrà una lunghezza di circa 17.000 m;
- **cavidotto esterno al parco**, avente una lunghezza di circa 2.000 m, collegherà il parco eolico alla Stazione Utente (SU) situata nella medesima area in cui sarà realizzato lo storage. Nei pressi della stessa, è presente la Stazione Elettrica, dalla quale avverrà l'immissione dell'energia prodotta in rete.

Lo Shadow-Flickering è l'espressione comunemente impiegata in ambito specialistico per descrivere l'effetto stroboscopico delle ombre proiettate dalle pale rotanti degli aerogeneratori eolici quando sussistono le condizioni meteorologiche opportune. Infatti, la possibilità e la durata di tali effetti dipendono da una serie di condizioni ambientali, tra cui: la posizione del sole, l'ora del giorno, il giorno dell'anno, le condizioni atmosferiche ambientali e la posizione della turbina eolica rispetto ad un recettore sensibile.

La valutazione tecnica è eseguita con l'ausilio di un software di simulazione specifico per la progettazione degli impianti eolici WIND PRO®, costituito da un insieme di moduli di elaborazione orientati alla simulazione di una serie di aspetti che caratterizzano le diverse fasi progettuali. Il modulo SHADOW è quello specifico per la valutazione dell'evoluzione dell'ombra e del flickering.

In tale report è riportata:

- La descrizione del caso studio con le posizioni delle turbine e loro caratteristiche tecniche;
- Una breve descrizione tecnica del fenomeno di shadow flickering;
- La descrizione dei recettori soggetti al fenomeno per i quali è stata richiesta questa analisi;
- Sintesi della metodologia di analisi seguita per lo studio;
- Sintesi dei risultati ottenuti, con allegati grafici ed analitici di dettaglio che descrivono il fenomeno su ognuno dei recettori e da parte di ognuna delle turbine per tutto l'anno solare.

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO "CELSO-PESCES"</p>	 		
		<p style="text-align: center;">RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING</p>	<p>07/02/2023</p>	<p>REV 0</p>

2 DEFINIZIONI

2.1 RETE ELETTRICA

- Distributore: Persona fisica o giuridica responsabile dello svolgimento di attività e procedure di distribuzione di cui è proprietaria.
- Punto di consegna: Il punto di confine tra la rete del distributore e la rete di utente, dove l'energia scambiata con la rete del distributore viene contabilizzata e dove avviene la separazione funzionale tra rete del distributore e la rete di utente.
- Punto di consegna per utenti attivi: Il punto di consegna per gli utenti attivi si trova, dal punto di vista della rete del distributore, a monte dell'impianto di misura: quest'ultimo viene realizzato a carico dell'utente attivo che ne ha la completa responsabilità. Il punto di consegna è costituito dal confine tra impianto di rete per la connessione e impianto di utenza per la connessione. Tale punto è posizionato generalmente in prossimità del confine di proprietà degli impianti. Qualora l'impianto di rete per la connessione preveda sistemi di protezione, comando e controllo, deve essere previsto un fabbricato nel quale trovino posto i sistemi di protezione, comando e controllo delle apparecchiature ed equipaggiamenti funzionali al collegamento. Qualora il suddetto fabbricato sia realizzato in area di proprietà dell'Utente, l'accesso in sicurezza a tale fabbricato da parte del distributore deve essere garantito in ogni momento e senza preavviso.
- Punto di misura: Il punto di misura è il punto in cui è misurata l'energia elettrica immessa e/o prelevata dalla rete.
- Punto di connessione: Punto sulla rete del distributore dal quale, in relazione a parametri riguardanti la qualità del servizio elettrico che deve essere reso o richiesto, è alimentato l'impianto dell'Utente.
- Utente della rete del distributore (o utente): Soggetto che utilizza la rete del distributore per cedere o acquistare energia elettrica.
- Utente attivo: Soggetto che converte l'energia primaria in energia elettrica mediante impianti di produzione allacciati alla Rete di distribuzione.

2.2 IMPIANTO EOLICO

- Pala: componente interagente con il vento progettata con un profilo tale da massimizzare l'efficienza aerodinamica.
- Mozzo: componente che connette le pale all'albero principale trasmettendo ad esso la potenza estratta dal vento ed ingloba i meccanismi di regolazione dell'angolo di Pitch.

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO "CELSO-PESCES"</p>	<div style="text-align: right;">   </div>			
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">07/02/2023</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">REV 0</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Pag. 5</td> </tr> </table>	07/02/2023	REV 0	Pag. 5
07/02/2023	REV 0	Pag. 5			

- Moltiplicatore di giri: ha lo scopo di incrementare la velocità di rotazione del rotore per adattarla ai valori richiesti dai generatori convenzionali.
- Freni: possono essere aggiunti freni meccanici oltre a quello aerodinamico, sono in grado di arrestare il rotore in condizioni meteorologiche avverse, oltre che svolgere la funzione di “freni di stazionamento” per impedire che il rotore si ponga in rotazione quando la turbina non è in servizio.
- Generatore: può essere asincrono, quindi un motore trifase ad induzione caratterizzato da una velocità di sincronismo che dipende dal numero di poli e dalla frequenza di rete, oppure sincro, chiamato anche alternatore. In questo caso il rotore è costituito da un elettromagnete a corrente continua o da magneti permanenti. La frequenza della tensione indotta sullo statore (e quindi della corrente prodotta) è direttamente proporzionale alla velocità di rotazione del rotore.
- Sistema d’imbardata: La navicella viene fatta ruotare sulla sommità della torre da un sistema di controllo d’imbardata e di movimentazione attivo costituito da attuatori elettrici e relativi riduttori, per far sì che il rotore sia sempre trasversale al vento.
- Torre: le turbine ad asse orizzontale possono utilizzare torri a traliccio, usate generalmente fino agli anni '80, o tubolari, oggi più diffuse poiché necessitano di minori connessioni tramite bulloni, forniscono un’area protetta per l’accesso alla turbina e sono esteticamente preferibili.
- Sistemi di controllo e di protezione/stazionamento: Tali sistemi costituiscono il “cervello” della turbina eolica e forniscono la logica di controllo, per comandare le procedure di avviamento ed arresto della turbina stessa e per assicurare che la turbina operi entro determinati parametri di funzionamento prestabiliti, proteggendo in particolare il rotore dalle sovra- velocità e le diverse parti del circuito elettrico dalle sovracorrenti e dalle sovratensioni.
- Dispositivi ausiliari: I principali dispositivi ausiliari montati all’interno della navicella comprendono un dispositivo idraulico per lubrificare il moltiplicatore di giri o le altre parti meccaniche e scambiatori di calore per il raffreddamento dell’olio e del generatore, ivi compresi pompe e ventilatori. Sulla sommità della navicella sono installati anemometri e banderuole per il controllo della turbina, luci di segnalazione per gli aerei ed un’eventuale piattaforma di supporto per la discesa da elicottero (per l’accesso alle turbine off-shore). Per migliorare l’affidabilità dell’aerogeneratore vengono impiegati diversi sensori che monitorano lo stato dei vari componenti e segnalano eventuali malfunzionamenti che necessitano di operazioni di manutenzione.
- Angolo di incidenza: indica l’angolo con cui un profilo alare della pala fende il flusso dell’aria. A seconda della tipologia di pala può essere fisso (stall) o variabile in funzione della ventosità (pitch).
- Attività di dispacciamento: attività diretta ad impartire disposizioni per l’utilizzazione e l’esercizio

coordinati degli impianti di produzione, della rete di trasmissione e dei servizi ausiliari.

- Attività di trasmissione: Attività di trasporto e trasformazione dell'energia elettrica sulla rete. Dell'attività di trasmissione fanno parte:
 - la gestione unificata della RTN e delle parti delle stazioni elettriche non comprese nella medesima ma ad essa comunque connesse e funzionali all'attività di trasmissione ai sensi dell'articolo 3, comma 5, del decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato 25 giugno 1999;
 - la programmazione e l'individuazione degli interventi di sviluppo;
 - l'autorizzazione annuale degli interventi di manutenzione.
- Flicker: Impressione soggettiva della fluttuazione della luminanza di lampade ad incandescenza o fluorescenti dovuta a fluttuazioni della tensione di alimentazione.
- Potenza nominale: Potenza apparente massima a cui un generatore elettrico o un trasformatore possono funzionare con continuità in condizioni specificate (kVA).

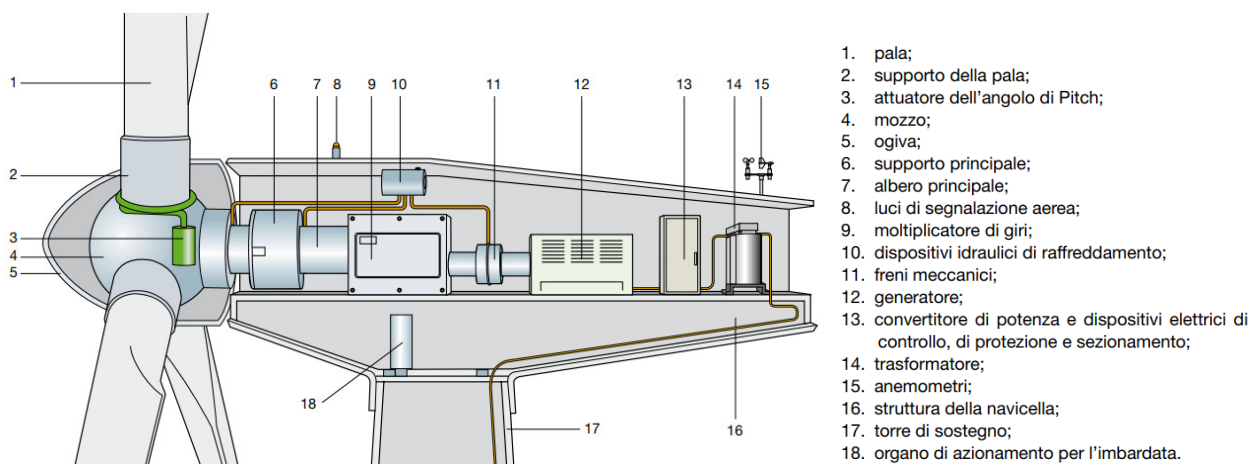


Figura 1 Principali componenti di un aerogeneratore

3 DESCRIZIONE DEL SITO DI INDAGINE

Il progetto si identifica all'interno delle seguenti cartografie:

- Foglio IGM in scala 1:50.000 di cui alla seguente codifica: "Foglio n° 606 – "Alcamo";
- CTR in scala 1:10.000, di cui alle seguenti codifiche: 605120, 605160, 606090, 606100, 606130, 606140, 617040, 618010 e 618020.

Di seguito le particelle sulle quali verranno installati i nuovi aerogeneratori e la stazione elettrica.

ID WTG	Comune	Fg.	Part.
1	SALEMI	10	62
2	SALEMI	11	11
3	SALEMI	8	39-54
4	SALEMI	27	55-245
5	SALEMI	40	39
6	SALEMI	71	4

ID	Comune	Fg.	Part.
SU e STORAGE	MARSALA	38	30
SE	MARSALA	189	496

I fogli di mappa catastali interessati dal percorso dei cavidotti interrati sono:

- Fogli di mappa n. 8, 11, 27, 38, 39, 40, 41 e 42, del comune di Salemi (TP);
- Fogli di mappa n. 138, 189, del comune di Marsala (TP).

Di seguito si riportano le coordinate degli aerogeneratori nel sistema di riferimento UTM fuso 33N:

ID WTG	Est	Nord	Comune
1	301271,09	4188860,17	SALEMI
2	301668,00	4189645,01	SALEMI
3	301806,63	4190163,24	SALEMI
4	300019,56	4190996,80	SALEMI
5	299538,88	4190160,58	SALEMI
6	297670,59	4188028,50	SALEMI

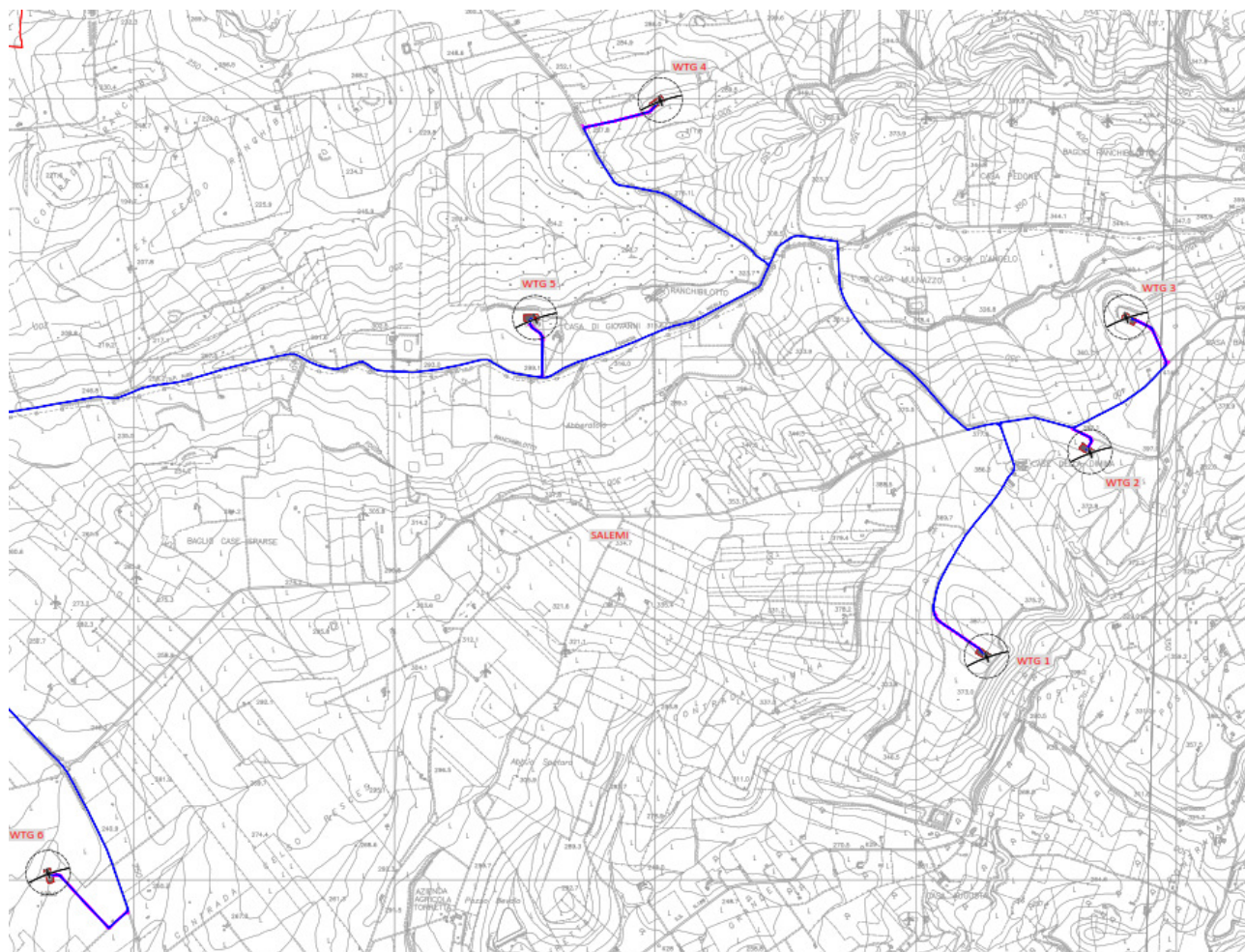


Figura 2 Inquadramento di dettaglio delle WTG su cartografia CTR

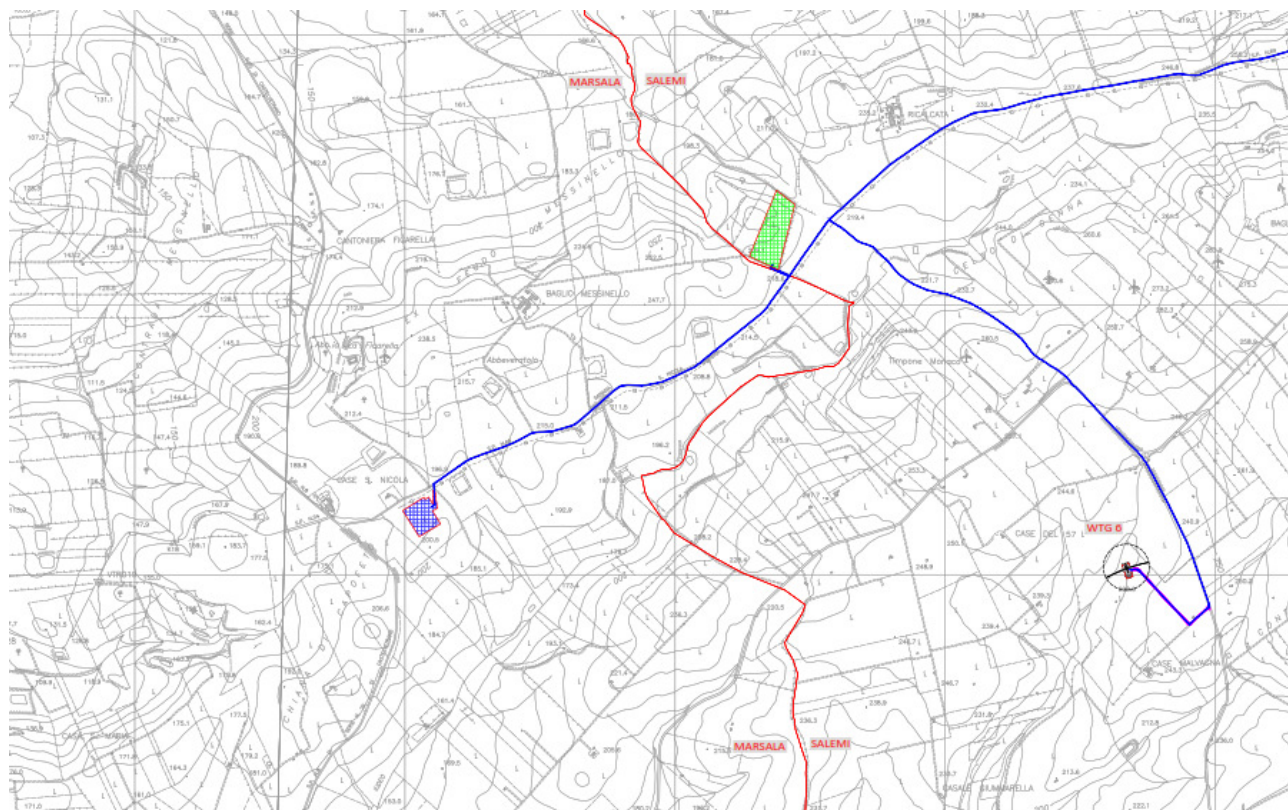


Figura 3 Inquadramento di dettaglio della Stazione Elettrica, Stazione Utente e Storage su cartografia CTR

Tutti gli aerogeneratori sono collocati nella contrada Celso-Pesces (WTG 1, WTG 2, WTG 3, WTG 4, WTG 5, WTG 6).

L'area, oggetto di intervento, inoltre, si trova:

- a ovest dal comune di Salemi (TP) a una distanza di circa 5 km;
- a nord-ovest dal comune di Castelvetro (TP) a una distanza di circa 15 km;
- a est dal comune di Marsala (TP) a una distanza di circa 23 km.

L'area del parco eolico e il percorso del cavidotto sono interessate da diverse strade pubbliche e, in particolare, dalle seguenti vie di comunicazione principali:

- la **SS69** (strada statale 69 Sanagia - San Nicola), parzialmente interessata dal percorso del cavidotto;

Le strade pubbliche sopra citate sono collegate all'area afferente al parco eolico grazie alla presenza di una fitta rete di strade interpoderali e comunali.

Da un punto di vista morfologico, l'impianto è collocato su un territorio collinare sub-pianeggiante, con pendii generalmente dolci e poco acclivi. Esso è altresì caratterizzato da un'altimetria compresa tra le isoipse di

quota 400 m s.l.m. e 220 m s.l.m. in prossimità del comune di Salemi (TP).

Da un punto di vista dell'uso del suolo, l'area prescelta per l'installazione dell'impianto eolico è attualmente utilizzata a seminativo. La zona interessata dalle opere è per gran parte disabitata con la sola presenza di qualche fabbricato isolato e non abitato.

Nelle immagini che seguono sono presentate le aree scelte per ospitare gli aerogeneratori che comporranno il Parco Eolico di futura costruzione.



Figura 4 Area di ubicazione della WTG1



Figura 5 Area di ubicazione della WTG2



Figura 6 Area di ubicazione della WTG3



Figura 7 Area di ubicazione della WTG4



Figura 8 Area di ubicazione della WTG5



Figura 9 Area di ubicazione della WTG6

All'interno dei confini amministrativi dei comuni direttamente coinvolti dall'opera di progetto e nei territori limitrofi sono stati rilevati molti altri impianti simili, distinti tra grandi e minieolici. Tuttavia, date le rispettive ubicazioni e le distanze intercorrenti è stato accertato che essi non generano un ombreggiamento i cui effetti vanno a sommarsi con i presunti derivanti dall'opera posta in essere e, pertanto, non verranno considerati all'interno dell'analisi di Shadow Flickering.

3.1 DESCRIZIONE DEGLI AEROGENERATORI E UBICAZIONE

Come detto poco fa, non sovrapponendosi l'effetto di ombreggiamento intermittente delle turbine esistenti sui ricettori interessati da shadow dovuto all'impianto di progetto, le uniche turbine che verranno descritte sono unicamente quelle impiegate per il parco eolico proposto, le cui coordinate sono descritte nella tabella seguente:

ID WTG	Lat. Nord	Long. Est	Altitudine (m)	Modello Aerogeneratore	Altezza Mozzo (m)	Potenza Nominale (kW)
WTG1	4188860,17	301271,09	383	SG 6.6 - 170	115	6.600
WTG2	4189645,01	301668,00	389	SG 6.6 - 170	115	6.600
WTG3	4190163,24	301806,63	403	SG 6.6 - 170	115	6.600
WTG4	4190996,80	300019,56	317	SG 6.6 - 170	115	6.600
WTG5	4190160,58	299538,88	364	SG 6.6 - 170	115	6.600
WTG6	4188028,50	297670,59	231	SG 6.6 - 170	115	6.600

Tabella 1 Coordinate, tipologia e caratteristiche degli aerogeneratori di progetto

3.1.1 Specifiche tecniche

Di seguito sono elencate le specifiche tecniche degli aerogeneratori di modello SG 6.6 - 170 (Siemens Gamesa), scelti per il presente progetto.

GENERALI	
Temperatura di funzionamento a piena potenza	-30°C / +50 °C
Temperatura di declassamento da raggiungere	+50 °C
Temperatura operativa STW	-20 °C / +40 °C
Temperatura CW	Full power: -30 °C to 40 °C, survive -40 °C a 50 °C
Certificazioni	IEC 61400-1
Tipologia turbina	Rotore tripala ad asse orizzontale
Regolazione della potenza	Regolazione attiva singola pala
Potenza nominale	6600 kW
Velocità massima delle lame	1120 rpm-6p (50Hz) 1344 rpm-6p (60Hz)
Condizioni del vento secondo IEC 61400 1 (ed. 3) per il range di temperatura standard	7.5 m/s

	PARCO EOLICO "CELSO-PESCES"			
				
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		07/02/2023	REV 0	Pag. 15

Vita di funzionamento stimata	≥ 20 anni
TORRE	
Tipologia	SG 6.6-170
Altezza all' Hub	115 m
Classe vento	IEC IIIA-III B
Numero di lame	3
ROTORE	
Diametro rotore	170,0 m
Area spazzata	22698 m ²
Potenza su superficie nominale	220,28 W/m ²
Regolazione della potenza	Regolazione del pitch e della coppia con velocità variabile
Tilt Rotore	6°
PALE DEL ROTORE	
Materiale	G (Glassfiber) – CRP (Carbon Reinforced Plastic)
Lunghezza totale	83,5 m
IMPIANTO ELETTRICO	
Potenza nominale PnG	6600 kW
Voltaggio nominale (rotore/statore)	690/5000 V
Potenza reattiva	5000 kVA
Fattore di potenza standard	±0.90
Frequenza	50 / 60 Hz
Isolamento	Esterno
Tensione nominale OV, Ur	690 V
Tensione nominale massima OV, dipendente dalla rete a 36 kV, Ur	20 kV / 40,5 kV
Corrente nominale	630 A
Velocità nominale	1120 rpm-6p (50Hz) 1344 rpm-6p (60Hz)
Deriva Frequenza max	4 Hz/sec
Squilibrio di tensione max	<5 %

Figura 10 Principali caratteristiche tecniche della turbina utilizzata

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO "CELSO-PESCES"</p>	<div style="text-align: right;">   </div>			
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">07/02/2023</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">REV 0</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Pag. 16</td> </tr> </table>	07/02/2023	REV 0	Pag. 16
07/02/2023	REV 0	Pag. 16			

3.2 INDIVIDUAZIONE E SCELTA DEI RECETTORI

Nell'analisi di Shadow Flickering sono stati considerati tutti i possibili ricettori presenti nel raggio di circa 1 km o poco più dai punti di installazione delle singole turbine eoliche. Come verrà mostrato nei capitoli successivi, l'evoluzione annuale tipo di un aerogeneratore può essere rappresentata come una sorta di farfalla attorno all'oggetto che produce l'ombra stessa, pertanto sono stati esclusi dall'analisi quei ricettori collocati all'estremo nord e sud rispetto a tale schema, in quanto non interessati da ombreggiamento.

I ricettori considerati in questa analisi sono unicamente le abitazioni, ovvero quegli edifici che, da verifica catastale, risultano appartenere alla categoria A. Viceversa magazzini, locali di deposito, fabbricati rurali, rimesse agricole, stalle ecc non sono stati presi in considerazione, poiché si suppone che questi edifici non siano occupati da soggetti potenzialmente sensibili, o che, ad ogni modo, la cui esposizione al fenomeno di ombreggiamento sia molto limitata nel tempo, tanto da non creare danni e disturbi.

Si precisa, inoltre, che nei casi di nuclei abitati interessati da shadow flickering (si trovano nelle zone marginali dell'intera superficie soggetta al fenomeno, con valori di ombreggiamento pressoché irrilevanti) , sono state prese in considerazione soltanto alcune abitazioni, rappresentative di tutte le altre vicine.

Come verrà mostrato nelle immagini che seguono, dei tanti ricettori presi in esame soltanto una piccola parte di essi ricade nella zona maggiormente interessata da ombreggiamento e, a tal proposito, si precisa che l'analisi è stata condotta esaminando diversi parametri:

- Ore di ombreggiamento nel corso dell'anno;
- Giorni di ombreggiamento per anno;
- Minuti di ombreggiamento per giorno.

Nell'immagine seguente sono indicati i ricettori indagati, rappresentati attraverso un'icona di colore verde.



Figura 11 Ubicazione di tutti i ricettori analizzati

4 ANALISI DI SHADOW FLICKERING

4.1 CENNI SUL FENOMENO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA GENERATA DAGLI AEROGENERATORI

Le turbine eoliche, come altre strutture fortemente sviluppate in altezza, proiettano un'ombra sulle aree adiacenti in presenza della luce solare diretta.

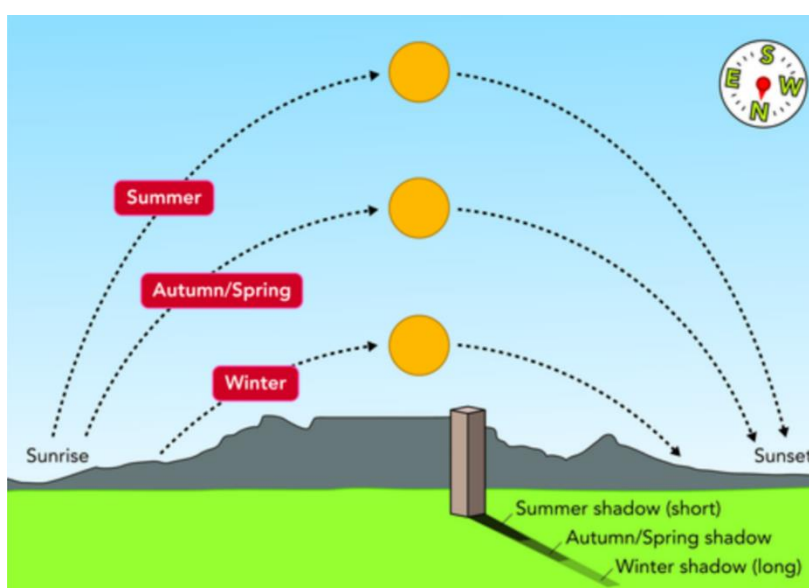


Figura 12 Rappresentazione grafica dell'impatto dell'ombra generata da una turbina eolica

Il cosiddetto fenomeno del "flickering" consiste in un effetto di lampeggiamento che si verifica quando le pale del rotore in movimento "tagliano" la luce solare in maniera intermittente. Il flickering si verifica solo in determinate condizioni e coinvolge solo un'area limitata che circonda un parco eolico; tuttavia, esso può determinare disturbo per i residenti dei fabbricati situati nei pressi dell'impianto e pertanto è importante valutare e garantire che l'esposizione sia limitata.

Affinché il fenomeno si verifichi presso un recettore, il cielo deve essere chiaro e la turbina deve funzionare, altrimenti non vengono emesse ombre in movimento; inoltre, il rotore della turbina deve essere situato lungo la linea di vista, senza ostacoli, dal recettore al sole. Poiché la posizione del sole cambia per tutto il giorno e per tutto l'anno, anche l'area interessata dall'ombra cambia. Il flickering è percepito come disturbante quando la variazione dell'intensità luminosa è superiore al livello di percezione dell'occhio umano.

La distanza tra una turbina eolica e un recettore influisce sull'intensità dello "sfarfallio" che diminuisce con la distanza dal recettore alla turbina, fino ad un punto in cui il cambiamento dell'intensità luminosa è inferiore

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO "CELSO-PESCES"</p>	<div style="text-align: right;">   </div>			
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">07/02/2023</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">REV 0</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Pag. 19</td> </tr> </table>	07/02/2023	REV 0	Pag. 19
07/02/2023	REV 0	Pag. 19			

a quello che l'occhio umano può distinguere. Le ombre proiettate vicino ad una turbina sono più intense, distinte e "focalizzate" perché una maggior parte del sole è bloccata intermittenemente dalle lame passanti. Quando aumenta la separazione tra il recettore e la turbina, la percentuale del sole oscurata diminuisce e le ombre diventano meno intense e meno discernibili. A una distanza di circa 10 volte il diametro del rotore, l'intensità del tremolio dell'ombra è significativamente ridotta e diventa meno percepibile all'occhio umano. L'intensità è anche ridotta se il piano del rotore è ad un angolo diverso da quello perpendicolare alla linea di vista dal recettore al sole, anche perché le lame passanti oscurano una parte minore di sole. Le condizioni di illuminazione ambientale influenzano anche la visibilità dello sfarfallio: il flickering è più evidente in una stanza oscura con una finestra rivolta verso la turbina rispetto all'esterno dove i livelli di luce ambientale sono più alti. La frequenza o la velocità del tremolio dell'ombra è correlata alla velocità del rotore e al numero di lame sulla turbina. Alcune linee guida di paesi esteri raccomandano una velocità di flicker non superiore a 3 "tagli" al secondo.

Per la classica turbina eolica provvista di tre pale, questo effetto corrisponde quindi ad una completa rotazione del rotore in un secondo, equivalente a 60 giri al minuto (60 RPM). Tali valori sono tipici di aerogeneratori di piccola taglia con piccoli rotori (circa 20 m) e più elevata velocità di rotazione. Le attuali turbine in commercio di grande taglia hanno una velocità di rotazione ben inferiore a tali valori, con velocità del rotore intorno ai 20 RPM. Ciò si traduce in bande che passano frequenze inferiori a 1 Hz o 1 ciclo al secondo. A queste basse frequenze, lo sfarfallio potrebbe essere motivo di fastidio, ma non costituisce una minaccia per la salute. Secondo l'Associazione britannica di epilessia, le frequenze inferiori a 3Hz non causano episodi di epilessia fotosensibile e le velocità di sfarfallio delle turbine eoliche moderne non sono in grado di innescare crisi epilettiche. Considerando la relazione spaziale tra le turbine e i recettori (localizzazioni geografiche e elevazioni del suolo) nonché la geometria delle turbine (altezza del mozzo e dimensioni del rotore), il verificarsi del fenomeno di flickering può essere accuratamente modellato e previsto con il dettaglio dei minuti. Una progettazione attenta è comunque fondamentale per evitare questo spiacevole fenomeno semplicemente prevedendo il luogo di incidenza dell'ombra e disponendo le turbine in maniera tale che l'ombra sulle zone sensibili non superi un certo numero di ore all'anno.

Il grafico che segue riporta l'evoluzione annuale tipica dell'ombra di una turbina considerando il caso peggiore di pale sempre in rotazione intorno al mozzo, e orientate sempre ortogonalmente al sole durante la sua evoluzione giornaliera. Come è evidente dal grafico e dalla legenda, le ore annue di ombra sono sempre minori con l'aumentare della distanza dal pilone secondo una particolare geometria dettata dalla posizione geografica; da osservare che l'ombra arriva a proiettarsi anche sino ad una distanza di 1 km, anche se solo per pochi minuti all'anno.

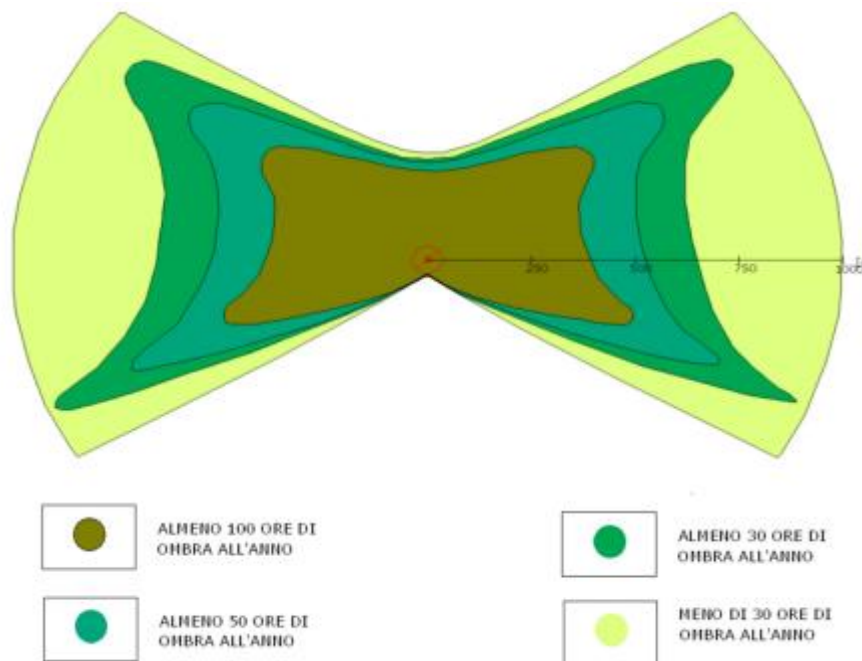


Figura 13 Evoluzione annuale tipo dell'ombra di un aerogeneratore

In Italia, così come nella maggior parte dei paesi Europei ed extraeuropei non esiste una normativa specifica relativa al disturbo generato dal fenomeno di Shadow – Flickering. Esistono delle regolamentazioni locali ma quasi mai comprendono limiti numerici specifici, quanto piuttosto delle raccomandazioni tese a sottolineare che il fenomeno non sia “unreasonable” o “significant”.

Il valore di riferimento più diffuso, che rappresenta per lo più un limite di riferimento “di qualità”, è quello delle 30 ore per anno riportato in norme internazionali (Länderausschuss für Immissionsschutz “Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen – WEA - Schattenwurf-Hinweise - Germania, 2002) e calcolato come ore effettive del fenomeno atteso al recettore, che in via generale corrisponde a circa 100-150 ore in worst case in dipendenza delle condizioni meteo.

4.2 METODOLOGIA DI ANALISI

La valutazione tecnica è stata eseguita con l'ausilio di un software di simulazione specifico per la progettazione degli impianti eolici, costituito da un insieme di moduli di elaborazione orientati alla simulazione di una moltitudine di aspetti che caratterizzano le diverse fasi progettuali. Il modulo SHADOW è quello specifico per la valutazione dell'evoluzione dell'ombra e del flickering.

Il modulo SHADOW calcola le ore annuali di impatto del tremolio dell'ombra prodotta da una o più WTG su

	PARCO EOLICO "CELSO-PESCES"			
				
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		07/02/2023	REV 0	Pag. 21

un dato recettore o area. Parte del calcolo consiste nella verifica della visibilità tra i recettori e le WTG tramite una stima delle zone di impatto visivo entro l'area data. Si può eseguire il calcolo del caso peggiore, basato sul massimo impatto possibile, e del valore reale (basato su una statistica climatologica). Tra i risultati è incluso un calendario del tremolio dell'ombra su ciascun recettore. È possibile calcolare anche un analogo calendario per ciascuna turbina, ed esportare e implementare i risultati direttamente nel sistema di controllo delle WTG.

Nel modello di calcolo dell'ombra utilizzato i seguenti parametri definiscono la propagazione dell'ombra dietro il disco del rotore:

- Il diametro del Sole, D: 1.390.000 km
- La distanza dal Sole, d: 150.000.000 km
- Angolo di attacco: 0.531 gradi

Teoricamente, ciò comporterebbe un impatto di ombra fino a 4,8 km con un rotore di 45 metri di diametro. In realtà, tuttavia, le ombre non raggiungono mai il massimo teorico a causa delle caratteristiche ottiche dell'atmosfera. Quando il Sole diventa troppo basso all'orizzonte e la distanza diventa troppo lunga, l'ombra si disperde prima che raggiunga il suolo (o il recettore).

I recettori dell'ombra sono invece definiti nel modello dalle seguenti informazioni:

- La posizione della "finestra" sopra il livello del suolo e la sua dimensione (altezza e larghezza).
- L'inclinazione della "finestra" rispetto all'orizzontale (si può scegliere tra finestra verticale, orizzontale e tetto [45°]).
- L'orientamento direzionale della finestra rispetto al sud (in gradi, positivi, a ovest).
- In alternativa è possibile selezionare la modalità "Green house", ovvero il recettore è modellato con caratteristiche di una "serra" che riceve ombra da qualunque direzione in quanto completamente esposto al fenomeno dell'ombra intermittente.

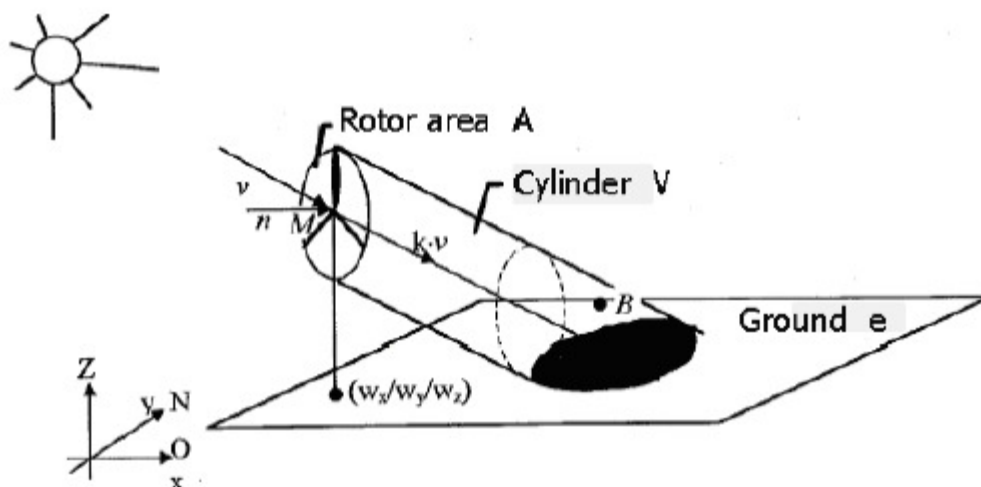


Figura 14 Schema di calcolo del modulo Shadow

Per le simulazioni è stato considerato il caso peggiore, ovvero ogni singolo ricettore viene considerato in modalità "green house", cioè come se tutte le pareti esterne fossero esposte al fenomeno, senza considerare la presenza di finestre e/o porte dalle quali l'effetto arriva realmente all'interno dell'abitazione. Allo stesso tempo, si è trascurata la presenza degli alberi e di altri ostacoli posti ai margini delle strade che, "intercettando" l'ombra degli aerogeneratori, potrebbero ridurre il fastidio del flickering. Ciò significa che i risultati ai quali si perverrà sono ampiamente cautelativi.

Diverso, invece, è il "Real Case", che ai fini di una comprensione del reale effetto di disturbo tiene conto dei dati statistici ricavati da una stazione anemometrica sita nella stessa area, e di una stazione meteo che fornisce i dati di copertura nuvolosa della zona. In tal modo, viene ricavato il numero di ore di ombreggiamento più realistico in quanto si tiene conto della reale presenza del sole e delle ore di funzionamento della turbina nell'arco di un anno anche in funzione della direzione del vento che influisce sull'orientamento delle pale rispetto al sole e dunque sull'ombra proiettate sui ricettori.

Il "Worst Case", al contrario, non tiene conto della presenza di nuvole e considera la direzione del vento allineata alla direzione WTG - recettore.

4.3 DATI INPUT E PARAMETRI DEL MODELLO

In base alla metodologia descritta nei paragrafi precedenti, sono stati utilizzati i seguenti dati di input per impostare il modello di simulazione per la valutazione del fenomeno di Shadow-Flickering degli aerogeneratori di esame:

DTM: Modello del terreno digitale per caratterizzare l'orografia, che svolge un ruolo importante nella mascheratura fisica dell'impatto dell'ombra

- Posizioni geografiche di recettori con dettaglio dimensionale delle aree più esposte.
- Posizioni geografiche di generatori di turbine eoliche e loro caratteristiche dimensionali
- Dati del vento di una stazione di misura locale per il calcolo dell'energia per stimare le ore operative e le probabilità associate alle diverse direzioni del vento
- Probabilità mensile della presenza del sole da una stazione meteo nazionale
- Nessun ostacolo naturale o artificiale è stato modellato.

4.4 DTM

Il modello digitale del terreno DTM (Digital Terrain Model) è stato estrapolato dal grid disponibile in download dal satellite, georeferenziato, sovrapposto, confrontato e adeguato con le curve di livello presenti sulla cartografia ufficiale CTR 1:10.000 con uno step di 10 m. Il modello digitale ottenuto copre un'area di 40x40 Km e trova un buon riscontro con l'andamento orografico verificato in sito.

4.5 AEROGENERATORI E RECETTORI

Le coordinate ed il relativo modello di turbina sono stati dettagliati al paragrafo 3.1, ma è importante sottolineare che per tutti i recettori si è ritenuto opportuno usare l'ipotesi di cautela della modalità "green house mode". Questa scelta è stata operata poiché in talune circostanze anche lo spazio antistante le strutture può essere considerato o adibito a luogo di riposo e relax. La scelta di una singola finestra o di una facciata in alcune condizioni potrebbe risultare riduttiva allo scopo di una vera valutazione d'impatto.

ID Recettore	UTM WGS 84 Zona 33		Lunghezza (m)	Larghezza (m)	Altezza (m)	Direction Mode
	Long. Est (m)	Lat. Nord (m)				
SR008	302.459	4.190.074	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR009	302.275	4.190.101	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR013	302.338	4.189.827	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR015	302.199	4.189.625	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR016	302.192	4.189.628	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR021	301.414	4.189.601	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"

	PARCO EOLICO "CELSO-PESCES"					
			RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		07/02/2023	REV 0

SR029	301.997	4.190.128	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR030	301.893	4.189.959	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR047	302.119	4.189.333	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR050	302.321	4.189.402	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR068	301.600	4.188.513	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR095	298.986	4.190.087	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR099	299.618	4.190.090	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR104	297.346	4.187.897	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"

5 RISULTATI

Il software permette di ottenere rappresentazioni cartografiche sulla base della Deviazione Standard (Dev Std), per esempio, come grandezza per classificare i ricettori sulla base dello Shadow Days, o attraverso la suddivisione dei risultati secondo degli intervalli.

La *deviazione standard* di una variabile è un indice riassuntivo delle differenze dei valori di ogni osservazione rispetto alla media della variabile. Ogni osservazione ha infatti uno scostamento (detto anche scarto o deviazione) dalla media. Questo scostamento è pari a 0 se l'osservazione ha esattamente lo stesso valore della media. Lo scostamento sarà invece negativo se l'osservazione ha un valore più piccolo di quello della media. Al contrario, questo scostamento sarà positivo se l'osservazione ha un valore più grande di quello della media.

In base all'elemento che vuole essere rappresentato è stato scelto l'uno o l'altro tipo di classificazione, come sarà osservabile nelle immagini che seguono.

5.1 GIORNI DI OMBREGGIAMENTO NEL CORSO DELL'ANNO

SHADOW FLICKERING PARCO EOLICO CELSE-PESCES - Giorni di ombreggiamento annui _ Caso peggiore_ Foglio A3 - Scala 1:30.000

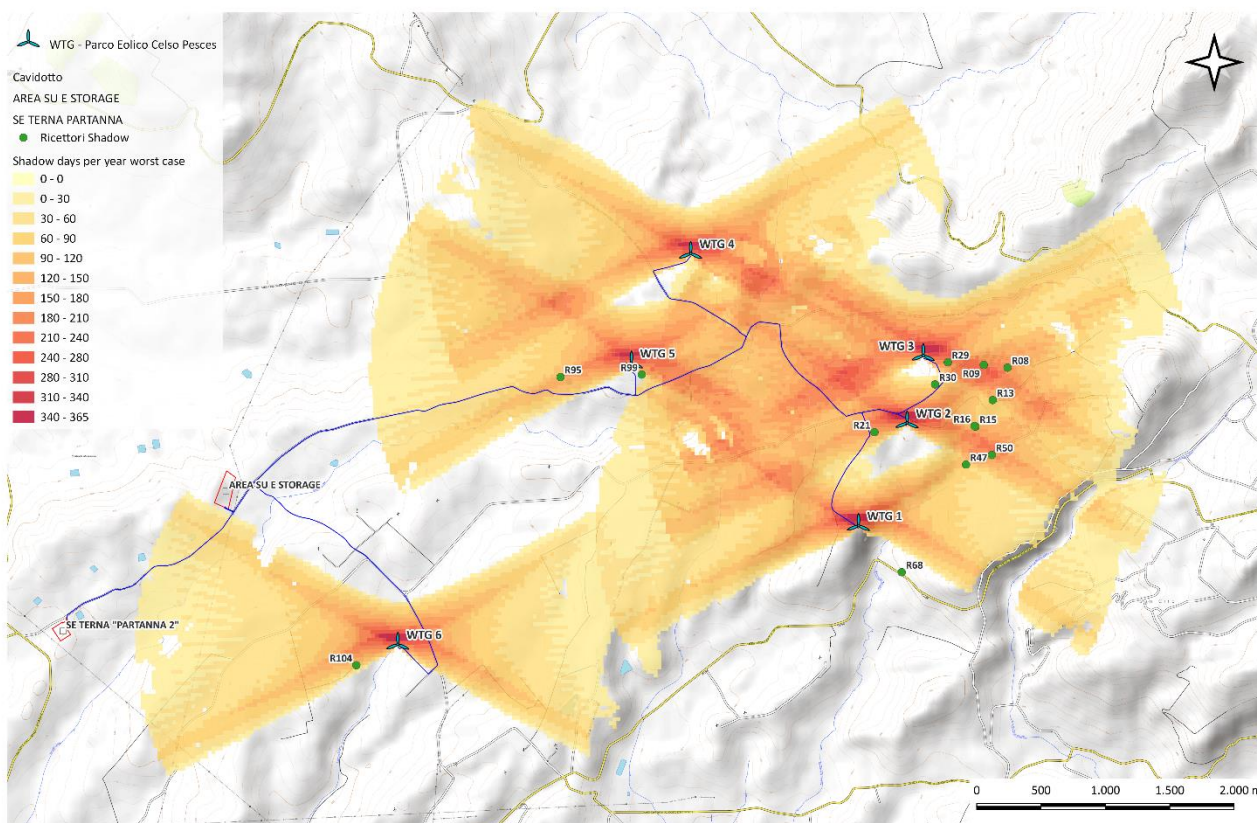


Figura 15 Mappa dello Shadow Flickering – Giorni annui _ Fonte: modello QGIS

	PARCO EOLICO "CELSO-PESCES"			
				
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		07/02/2023	REV 0	Pag. 26

Per la raffigurazione dei giorni di ombreggiamento annui è stato scelto di suddividere i risultati per classi, tredici per l'esattezza, di cui la prima comprende valori di ombreggiamento inferiori al giorno, le altre dodici includono valori di ombreggiamento variabili in classi da trenta, come i mesi dell'anno.

In prima istanza si potrebbero considerare maggiormente colpiti i ricettori interessati da ombreggiamento per più di cinque mesi annui; tuttavia, questo dato da solo risulta poco significativo; infatti, su tali ricettori potrebbe esserci ombreggiamento ogni giorno ma per pochi minuti. Quindi, per poter elaborare valutazioni più precise è bene attendere le successive analisi.

5.2 ORE DI OMBREGGIAMENTO NEL CORSO DELL'ANNO

Analogamente a quanto detto in precedenza, l'analisi verte sulla verifica delle ore di ombreggiamento che nel corso dell'anno interessano i ricettori individuati. I dati ottenuti sono stati suddivisi in quattro fasce:

- Zona di Shadow Flickering elevato, maggiore di 100 ore annue;
- Zona di Shadow Flickering alto, tra le 30 e le 100 ore annue;
- Zona di Shadow Flickering medio, tra le 10 e 30 ore annue;
- Zona di Shadow Flickering lieve, tra le 0e 10 ore annue.

Nell'immagine che segue sono facilmente individuabili i vari gruppi di ricettori classificati sulla base della suddivisione appena riportata. Quindi, il colore più scuro e più vicino alle turbine racchiude i ricettori interessati da più di 100 ore di ombreggiamento annuo, mentre quelli via via più chiari e lontani dalle WTG ricomprendono i ricettori coinvolti da ombreggiamento per un numero di ore annue compreso tra 10 e 0.

SHADOW FLICKERING PARCO EOLICO CELSE-PESCES - Ore di ombreggiamento annue _ Caso peggiore _ Foglio A3 - Scala 1:30.000

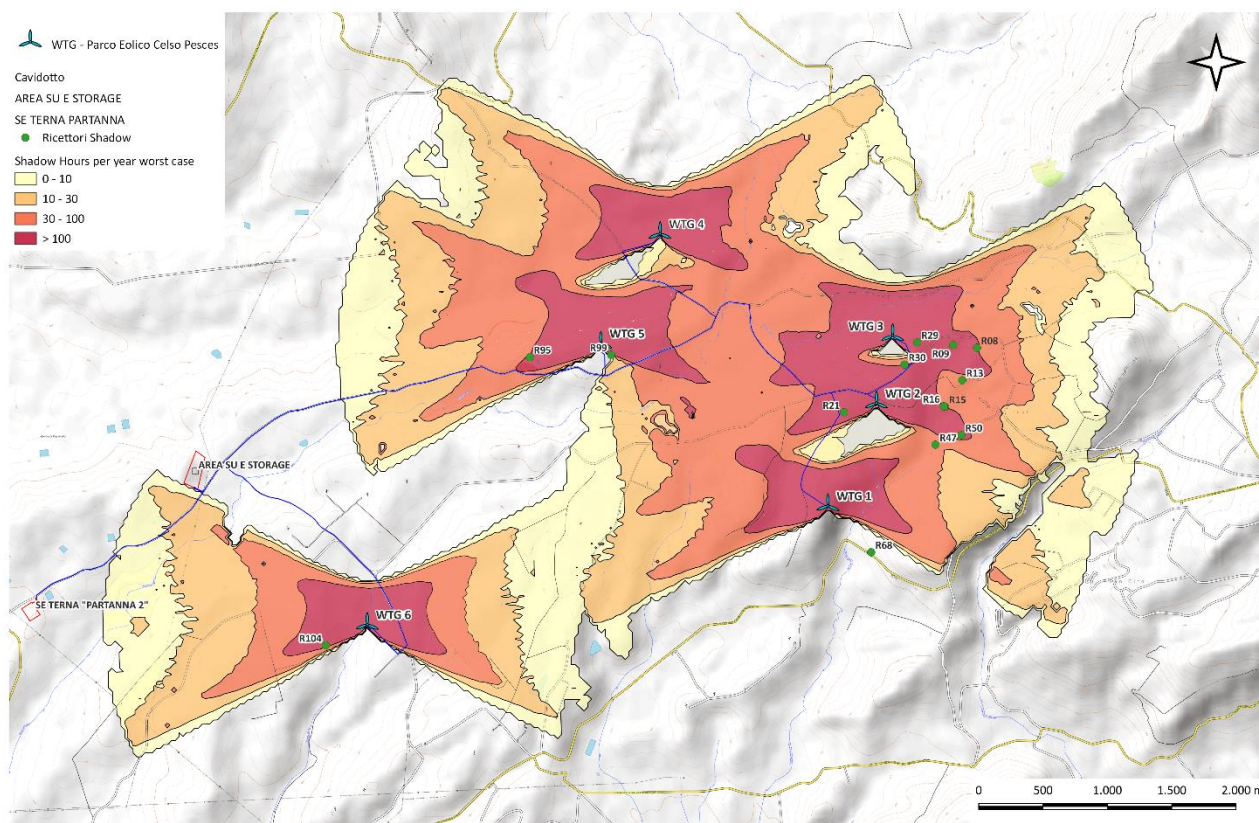


Figura 16 Mappa dello Shadow Flickering – Ore annue _ Fonte: modello QGIS

Si possono ritenere maggiormente colpiti dall'effetto di Shadow Flickering i ricettori per i quali si è registrato un valore di ombreggiamento prossimo alle 100 ore annue, ovvero quelli ricompresi nelle fasce colorate con la tonalità di rosso.

5.3 MINUTI DI OMBREGGIAMENTO AL GIORNO

L'analisi permette di conoscere il tempo di ombreggiamento, espresso in minuti, durante il giorno. In questo caso il calcolo effettuato attraverso il software QGIS esprime i risultati mediante la Deviazione Standard (Dev Std).

A livello grafico i dati sono stati espressi con differenti colori, associati a differenti valori di derivazione standard.

SHADOW FLICKERING PARCO EOLICO CELSE-PESCES - Minuti di ombreggiamento giornalieri _ Caso peggiore_ Foglio A3 - Scala 1:25.000

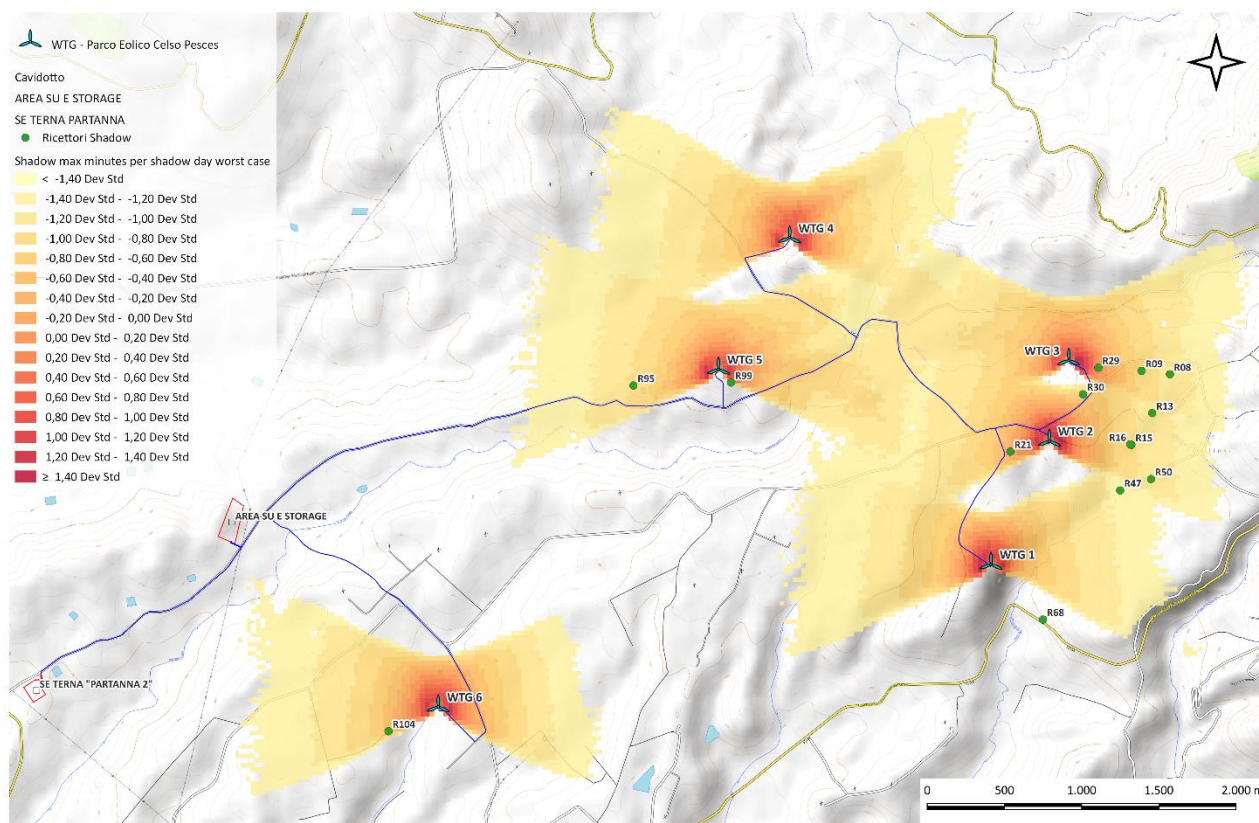


Figura 17 Mappa dello Shadow Flickering – Minuti giornalieri _ Fonte: modello QGIS

Alla luce di queste considerazioni si possono analizzare i ricettori maggiormente colpiti, considerando come tali quelli interessati da un livello di ombreggiamento prossimo o superiore alle 100 ore annue.

ANALISI DEI RICETTORI

Dall'analisi è emerso che sette recettori sono interessati da ombreggiamento superiore alle 100 ore annue, ovvero i recettori R08, R09, R021, R029, R050, R095 e R104.

Si premette che quasi tutti i ricettori indagati vengono utilizzati stagionalmente, hanno un uso temporaneo a supporto delle attività agricole, esclusi i recettori R013, R047 ed R050, che, invece, hanno un utilizzo residenziale unifamiliare.

Inoltre, si precisa che i ricettori R021, R029, R030 ed R099 risultano in cattivo stato di conservazione e verranno declassati in corso di iter autorizzativo, a quel punto, non avendo più la categoria catastale A, non

potranno essere considerati quali ricettori sensibili ai fini di questa analisi.

Ad ogni modo, essendo ad oggi ancora classificati come A/4 e A/3 verranno analizzati in questo studio, ma è bene tener conto del loro futuro declassamento in termini di mitigazione del rischio.

Poiché l'analisi prevede a questo punto un approfondimento sui ricettori maggiormente colpiti (più di 100 ore annue) dei quattro fabbricati sopra citati che verranno declassati, i ricettori R030 e R099 non verranno indagati in quanto il software di calcolo ha indicato per essi valori di ombreggiamento annui inferiori alla soglia delle 100 ore.

RISULTATI DI CALCOLO						
Shadow Receptor				Shadow worst case		
Nome	Categoria	Comune	Dati catastali	h/year	days/year	h/day
R008	A/6 – Fabbricati rurali ad uso abitativo	Salemi	Fg.58 - P.IIa 79	111:17	193	0:59
R009	A/6 – Fabbricati rurali ad uso abitativo	Salemi	Fg.58 - P.IIa 73	204:24	221	1:22
R013	A/6 – Fabbricati rurali ad uso abitativo	Salemi	Fg.58 - P.IIa 191	56:31	91	0:56
R015	A/6 – Fabbricati rurali ad uso abitativo	Salemi	Fg.58 - P.IIa 237	98:47	124	1:12
R016	A/6 – Fabbricati rurali ad uso abitativo	Salemi	Fg.58 - P.IIa 239	98:49	118	1:12
R021	A/4 – Abitazioni di tipo popolare	Salemi	Fg.11 - P.IIa 86	322:20	156	2:22
R029	A/4 – Abitazioni di tipo popolare	Salemi	Fg.8 - P.IIa 61	522:34	196	3:06
R030	A/3 – Abitazioni di tipo economico	Salemi	Fg.8 - P.IIa 50	99:48	80	1:34
R047	A/2 – Abitazioni di tipo civile	Salemi	Fg.77 - P.IIa 467	50:05	106	0:43
R050	A/7 - Villini	Salemi	Fg.77 - P.IIa 512	119:42	184	0:59
R068	A/4 – Abitazioni di tipo popolare	Salemi	Fg.76 - P.IIa 246	0:00	0	0:00
R095	A/4 – Abitazioni di tipo popolare	Salemi	Fg.39 - P.IIa 277	124:12	152	1:10
R099	A/4 – Abitazioni di tipo popolare	Salemi	Fg.40 - P.IIa 18	67:40	42	2:02
R104	A/4 – Abitazioni di tipo popolare	Salemi	Fg.70 - P.IIa 86	139:33	97	1:46

Tabella 2 Risultati di calcolo dei recettori interessati da Shadow Flickering

Occorre ricordare anche che in quest'analisi è stato considerato il caso peggiore, dunque ricettori con superfici interamente vetrate, nessun ostacolo visivo (come vegetazione, elementi sporgenti del fabbricato stesso o altro) che possa ridurre l'effetto di sfarfallio delle ombre e il sole che splende dall'alba al tramonto, senza nessuna nuvola in cielo o evento meteorico che possa modificare anche solo parzialmente tale condizione, quindi presupposti poco o per nulla realistici.

SR008 – Fabbricati rurali ad uso abitativo

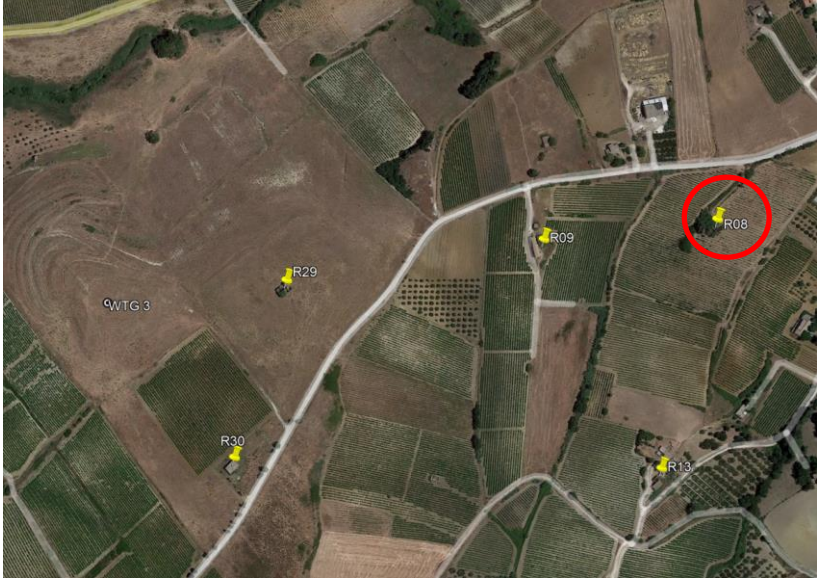
	Shadow Receptor	
	Nome	SR008
	Categoria	A/6 Fabbricato rurale ad uso abitativo
	Comune	Salemi
	Dati catastali	Fg.58 P.Ila 79
	Shadow Flickering	
	h/year	111:17
	Days/year	193
	h/day	0:59
		

Tabella 3 Scheda ricettore SR008

Dalle immagini riportate si evince che il ricettore SR008 è privo di copertura, tanto da poter essere definito una unità collabente e non agibile, nonostante la sua classificazione catastale, motivo per cui si ritiene di poterlo escludere dal resto dei ricettori.

SR009 – Fabbricati rurali ad uso abitativo

	Shadow Receptor	
	Nome	SR009
	Categoria	A/6 Fabbricato rurale ad uso abitativo
	Comune	Salemi
	Dati catastali	Fg.58 P.IIa 73
	Shadow Flickering	
	h/year	204:24
	Days/year	221
	h/day	1:22



Tabella 4 Scheda ricettore SR009

Il ricettore R009 è interessato da ombreggiamento prevalentemente nelle ore del tardo pomeriggio (tra le 18 e le 19) nei mesi di aprile/maggio e luglio/agosto/inizi settembre, come dettagliato nel report allegato, motivo tale per cui tale ricettore, utilizzato proprio nel periodo estivo, potrebbe essere disturbato dall'ombreggiamento. È altresì vero che risulta caratterizzato da poche e piccole aperture verso l'esterno, fattore che limiterebbe il possibile impatto.

SR021 – Abitazione di tipo economico



Shadow Receptor	
Nome	SR021
Categoria	A/4 Abitazione di tipo popolare
Comune	Salemi
Dati catastali	Fg.11 P.Ila 86
Shadow Flickering	
h/year	322:20
Days/year	156
h/day	2:22



Tabella 5 Scheda ricettore SR021

Il ricettore SR021 è interessato da ombreggiamento durante le sole ore della mattina, tra le 7 e le 9, nel periodo compreso tra aprile e settembre. Si tratta di un fabbricato utilizzato per fini agricoli, con piccole finestre, e, si ricorda, destinato ad essere declassato.

SR029 – Abitazione di tipo popolare



	Shadow Receptor	
	Nome	SR029
	Categoria	A/4 Abitazione di tipo popolare
	Comune	Salemi
	Dati catastali	Fg.8 P.IIa 61
	Shadow Flickering	
	h/year	522:34
Days/year	196	
h/day	3:06	
		

Tabella 6 Scheda ricettore SR029

Anche il ricettore SR029 risulta privo di copertura, pertanto si considera come unità collabente e, di conseguenza, può essere escluso dalla cernita di ricettori sensibili ai fini di questa analisi. Si ricorda, inoltre, che ne è previsto il declassamento.

SR050 – Villini



Shadow Receptor	
Nome	SR050
Categoria	A/7 Villini
Comune	Salemi
Dati catastali	Fg.77 P.Ila 512
Shadow Flickering	
h/year	119:42
Days/year	184
h/day	0:59



Tabella 7 Scheda ricettore SR050

Il ricettore SR050 potrebbe essere disturbato da ombreggiamento prevalentemente durante le ore del tardo pomeriggio (19-20) del periodo estivo. Per questo ricettore potrebbe essere necessario applicare apposite misure di mitigazione.

SR095 – Abitazioni di tipo popolare

	Shadow Receptor	
	Nome	SR095
	Categoria	A/4 Abitazione di tipo popolare
	Comune	Salemi
	Dati catastali	Fg.39 P.IIa 277
	Shadow Flickering	
	h/year	124:12
Days/year	152	
h/day	1:10	
		

Tabella 8 Scheda ricettore SR095

Il ricettore SR095 risulta interessato da ombreggiamento per circa un'ora di mattina (7-8) del periodo estivo. Dalle immagini non si riesce a percepire esattamente come siano disposte le finestre; tuttavia, sembrerebbe che la vegetazione circostante possa svolgere un ruolo importante nella mitigazione.

SR104 – Abitazioni di tipo popolare



	Shadow Receptor	
	Nome	SR104
	Categoria	A/4 Abitazione di tipo popolare
	Comune	Salemi
	Dati catastali	Fg.70 P.IIa 86
	Shadow Flickering	
	h/year	139::33
Days/year	97	
h/day	1:46	
		

Tabella 9 Scheda ricettore SR104

Il ricettore SR104 potrebbe essere interessato da ombreggiamento per circa un paio d'ore la mattina, tra le 6.00 e le 8.00, nel periodo tra maggio e agosto. Dalle immagini disponibili sembrerebbe un fabbricato di carattere agricolo, con poche e piccole finestre. Non sembra essere circondato da vegetazione ad alto fusto sul lato rivolto ad est; pertanto, potrebbe essere necessario adottare apposite misure di schermatura.

5.4 ANALISI DEI RISULTATI

Alla luce delle osservazioni presentate sopra, si ritiene che l'impatto dato dallo shadow flickering non sembri essere particolarmente intenso per nessuno dei ricettori considerati.

Dei sette ricettori approfonditi nell'analisi, due di essi sono unità collabenti (SR008 ed SR029), SR021 ed SR029 saranno declassati, per i restanti 4 si ritiene che l'impatto sia ammissibile, o comunque mitigabile attraverso l'adozione di opportune misure di schermatura.

Nella figura che segue è riportato a titolo di esempio il grafico "calendar" per WTG: le macchie individuano i momenti di shadow, la posizione nel grafico individua tempo e durata del fenomeno, il colore della macchia indica il tipo di ricettore interessato dal fenomeno.

2: Parco eolico Salemi - WTG02 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m

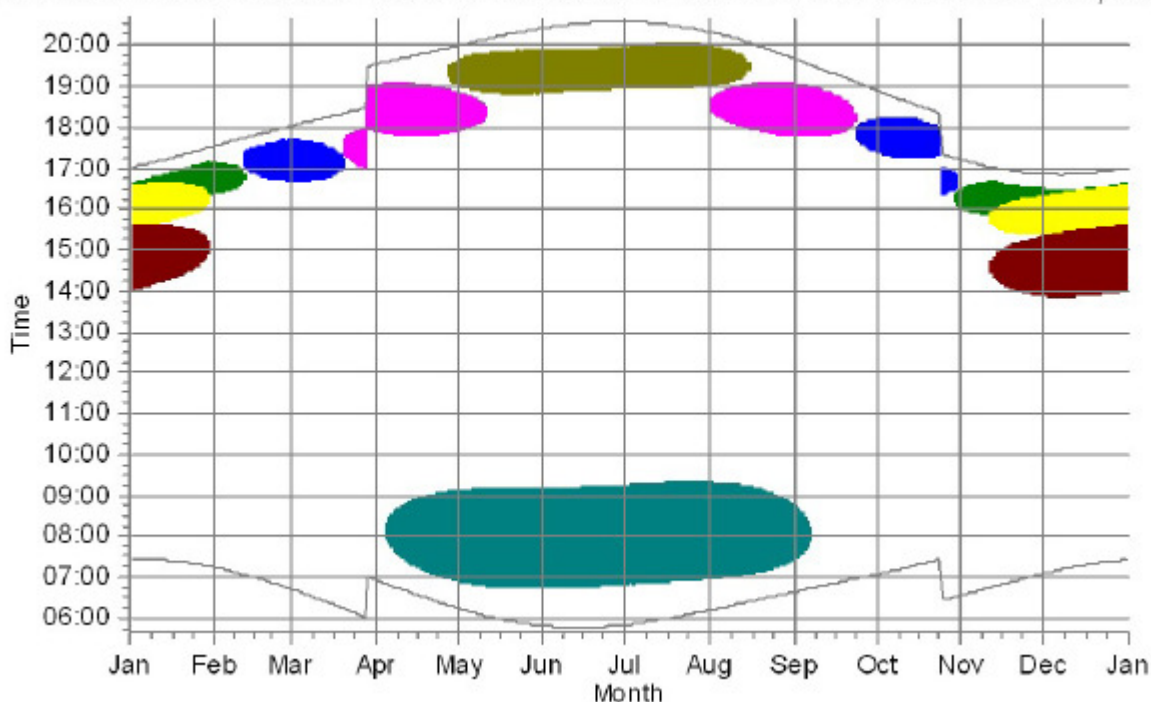


Figura 18 Grafico Calendar per WTG02

L'area interessata dall'impianto, piuttosto ampia, raccoglie numerosi ricettori sensibili. Tra i tanti l'analisi si è concentrata su quelli ritenuti più rappresentativi. Il progetto si inserisce in un'area agricola, in cui molti ricettori sono abitazioni rurali o comunque utilizzati solo stagionalmente. **La viabilità non è molto fitta ed è utilizzata per servire i fondi agricoli e fabbricati annessi, i magazzini, i locali di deposito e i pochi edifici**

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO “CELSE-PESCES”</p>	 			
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%; text-align: center;">07/02/2023</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">REV 0</td> <td style="width: 50%; text-align: right;">Pag. 38</td> </tr> </table>	07/02/2023	REV 0	Pag. 38
07/02/2023	REV 0	Pag. 38			

residenziali presenti, le strade principali che regolano la mobilità sul territorio e racchiudono i siti in cui verrebbero collocate le turbine sono la SP69 e la SS188, le quali saranno interessate da ombreggiamento variabile. Di fatto la SS188 ricade oltre il limite dal grafico a farfalla relativo alle ore di ombreggiamento annue, mentre la SP69 attraversa le aree comprese tra la WTG5 e la WTG3, intersecando superfici colpite da valori di ombreggiamento anche superiori alle 100 ore annue.

Alle considerazioni appena riportate si aggiunge il fatto che le simulazioni sono state effettuate assumendo le “condizioni peggiori”, sovrastimando pertanto l’effetto di flickering, intendendo per condizioni peggiori:

- Il sole splende per tutto il giorno, dall’alba al tramonto;
- Il piano del rotore è sempre perpendicolare alla linea “immaginaria” che congiunge la singola turbina al sole;
- La turbina è sempre attiva.

5.5 MISURE DI MITIGAZIONE

Lo studio eseguito ha evidenziato che il fenomeno di shadow flickering si presenta in maniera moderata per la maggior parte dei recettori individuati, per i quali l’esposizione al fenomeno è al di sotto del limite delle 100 ore annue.

Il dato emerso risulta assolutamente accettabile, ma qualora dovessero realmente sussistere condizioni di disagio, potrebbero essere comunque richieste misure di mitigazione in virtù delle reali condizioni calcolate ai recettori in termini temporali e di frequenza di intermittenza. In tal senso è opportuno segnalare che esistono efficaci misure di mitigazione che potrebbero essere implementate, se necessario, quali la realizzazione di schermi artificiali o naturali (vegetazione) che esprimono la piena funzionalità solo in determinate condizioni orografiche oppure, la pre-programmazione software di esercizio delle macchine, eseguita sulla base dei dati di “calendar” calcolati.

Tali dati esplicitano con dettaglio del minuto tutti i momenti dell’anno in cui è previsto il verificarsi del fenomeno e, nelle ore in cui ciò avviene, la macchina potrebbe essere pre-programmata a non funzionare. Da alcuni anni sono inoltre stati brevettati diversi sistemi che si abbinano alla pre-programmazione, basati su sensori che rilevano le effettive condizioni ambientali (ventosità e copertura nuvolosa) ed applicano la pre-programmazione solo nei casi in cui il fenomeno si dovesse realmente verificare. In tal senso le macchine sarebbero limitate nel loro funzionamento solo per un numero di ore pari a quelle stimate per il real case, e quindi con impatto economico trascurabile.

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO "CELSO-PESCES"</p>	<div style="text-align: right;">   </div>			
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%; text-align: center;">07/02/2023</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">REV 0</td> <td style="width: 50%; text-align: right;">Pag. 39</td> </tr> </table>	07/02/2023	REV 0	Pag. 39
07/02/2023	REV 0	Pag. 39			

6 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

In conclusione, si può affermare che i risultati ottenuti delle elaborazioni evidenziano, pur considerando le condizioni più sfavorevoli, che le turbine di progetto analizzate in tale studio generano effetti di shadow flickering i cui impatti risultano tollerabili per i recettori interessati.

In via generale va comunque sottolineato che, anche laddove sussistono le condizioni cumulative più sfavorevoli di esposizione, i risultati devono comunque intendersi a carattere cautelativo poiché l'elaborazione ed il modello di simulazione non tiene in conto di tutte le possibili fonti di attenuazione dell'effetto cui ogni recettore è (o può essere) soggetto quali presenza di alberi, ostacoli, siepi e quant'altro possa attenuare il fenomeno dell'evoluzione giornaliera dell'ombra.

SHADOW - Main Result

Calculation: Parco eolico Salemi 6 WTG Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m

Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence

Calculate only when more than 20 % of sun is covered by the blade

Please look in WTG table

Minimum sun height over horizon for influence 3 °

Day step for calculation 1 days

Time step for calculation 1 minutes

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions:

The sun is shining all the day, from sunrise to sunset

The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun

The WTG is always operating

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: Curve di livello

Obstacles used in calculation

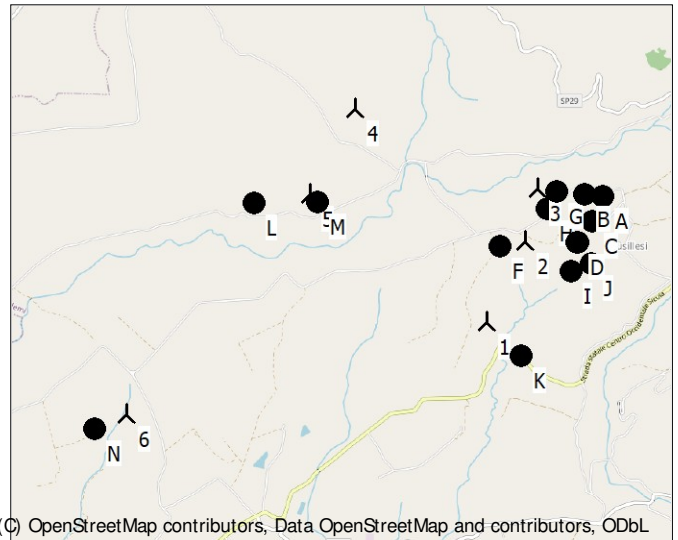
Receptor grid resolution: 1,0 m

All coordinates are in

UTM (north)-WGS84 Zone: 33

WTGs

	Easting	Northing	Z	Row data/Description	WTG type		Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Shadow data	
					Valid	Manufact.					Calculation distance [m]	RPM [RPM]
1	301.271	4.188.860	372,8	Parco eolico Salemi - WT...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	115,0	2.041	8,8
2	301.668	4.189.645	390,0	Parco eolico Salemi - WT...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	115,0	2.041	8,8
3	301.807	4.190.163	395,3	Parco eolico Salemi - WT...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	115,0	2.041	8,8
4	300.020	4.190.997	290,0	Parco eolico Salemi - WT...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	115,0	2.041	8,8
5	299.539	4.190.161	320,0	Parco eolico Salemi - WT...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	115,0	2.041	8,8
6	297.671	4.188.029	240,0	Parco eolico Salemi - WT...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	115,0	2.041	8,8



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	SR008 - A/6 - Fabbricati rurali ad uso abitativo - Salemi - Fg.58 - P.IIa79	302.460	4.190.075	408,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
B	SR009 - A/6 - Fabbricati rurali ad uso abitativo - Salemi - Fg.58 - P.IIa73	302.276	4.190.101	403,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
C	SR013 - A/6 - Fabbricati rurali ad uso abitativo - Salemi - Fg.58 - P.IIa191	302.339	4.189.827	389,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
D	SR015 - A/6 - Fabbricati rurali ad uso abitativo - Salemi - Fg.58 - P.IIa237	302.200	4.189.626	369,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
E	SR016 - A/6 - Fabbricati rurali ad uso abitativo - Salemi - Fg.58 - P.IIa239	302.192	4.189.629	370,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
F	SR021 - A/4 - Abitazioni di tipo popolare - Salemi - Fg.11 - P.IIa86	301.415	4.189.601	385,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
G	SR029 - A/4 - Abitazioni di tipo popolare - Salemi - Fg.8 - P.IIa61	301.997	4.190.128	420,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
H	SR030 - A/3 - Abitazioni di tipo economico - Salemi - Fg.8 - P.IIa50	301.894	4.189.959	410,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
I	SR047 - A/2 - Abitazioni di tipo civile - Salemi - Fg.77 - P.IIa467	302.120	4.189.333	359,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
J	SR050 - A/7 - Villini - Salemi - Fg.77 - P.IIa512	302.322	4.189.403	382,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
K	SR068 - A/4 - Abitazioni di tipo popolare - Salemi - Fg.76 - P.IIa246	301.600	4.188.513	302,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
L	SR095 - A/4 - Abitazioni di tipo popolare - Salemi - Fg.39 - P.IIa277	298.986	4.190.087	300,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
M	SR099 - A/4 - Abitazioni di tipo popolare - Salemi - Fg.40 - P.IIa18	299.618	4.190.090	320,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
N	SR104 - A/4 - Abitazioni di tipo popolare - Salemi - Fg.70 - P.IIa86	297.346	4.187.897	238,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Name	Shadow, worst case		
		Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]
A	SR008 - A/6 - Fabbricati rurali ad uso abitativo - Salemi - Fg.58 - P.IIa79	111:17	193	0:59
B	SR009 - A/6 - Fabbricati rurali ad uso abitativo - Salemi - Fg.58 - P.IIa73	204:24	221	1:22
C	SR013 - A/6 - Fabbricati rurali ad uso abitativo - Salemi - Fg.58 - P.IIa191	56:31	91	0:56
D	SR015 - A/6 - Fabbricati rurali ad uso abitativo - Salemi - Fg.58 - P.IIa237	98:47	124	1:12
E	SR016 - A/6 - Fabbricati rurali ad uso abitativo - Salemi - Fg.58 - P.IIa239	98:49	118	1:12
F	SR021 - A/4 - Abitazioni di tipo popolare - Salemi - Fg.11 - P.IIa86	322:20	156	2:22

To be continued on next page...

SHADOW - Main Result

Calculation: Parco eolico Salemi 6 WTG Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m

...continued from previous page

No.	Name	Shadow, worst case		
		Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]
G	SR029 - A/4 - Abitazioni di tipo popolare - Salemi - Fg.8 - P.IIa61	522:34	196	3:06
H	SR030 - A/3 - Abitazioni di tipo economico - Salemi - Fg.8 - P.IIa50	99:48	80	1:34
I	SR047 - A/2 - Abitazioni di tipo civile - Salemi - Fg.77 - P.IIa467	50:05	106	0:43
J	SR050 - A/7 - Villini - Salemi - Fg.77 - P.IIa512	119:42	184	0:59
K	SR068 - A/4 - Abitazioni di tipo popolare - Salemi - Fg.76 - P.IIa246	0:00	0	0:00
L	SR095 - A/4 - Abitazioni di tipo popolare - Salemi - Fg.39 - P.IIa277	124:12	152	1:10
M	SR099 - A/4 - Abitazioni di tipo popolare - Salemi - Fg.40 - P.IIa18	67:40	42	2:02
N	SR104 - A/4 - Abitazioni di tipo popolare - Salemi - Fg.70 - P.IIa86	139:33	97	1:46

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

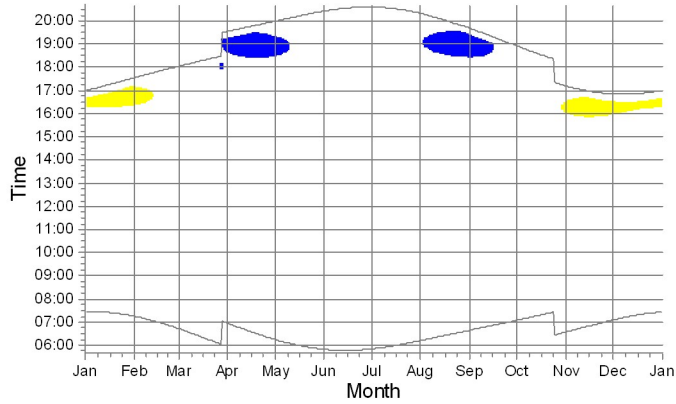
No.	Name	Worst case [h/year]
1	Parco eolico Salemi - WTG01 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m	57:07
2	Parco eolico Salemi - WTG02 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m	762:08
3	Parco eolico Salemi - WTG03 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m	524:49
4	Parco eolico Salemi - WTG04 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m	0:00
5	Parco eolico Salemi - WTG05 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m	192:50
6	Parco eolico Salemi - WTG06 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m	139:33

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.

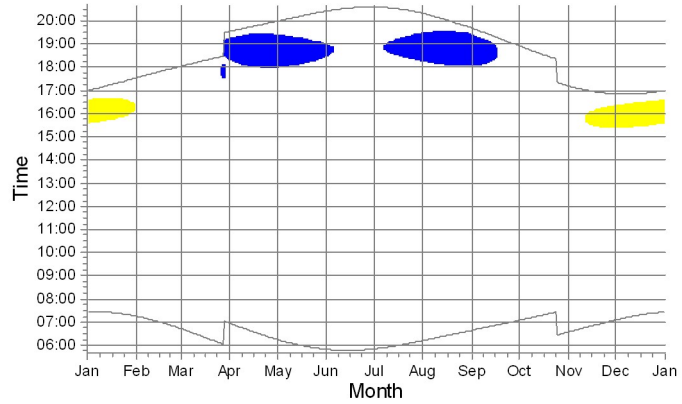
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Parco eolico Salemi 6 WTG Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m

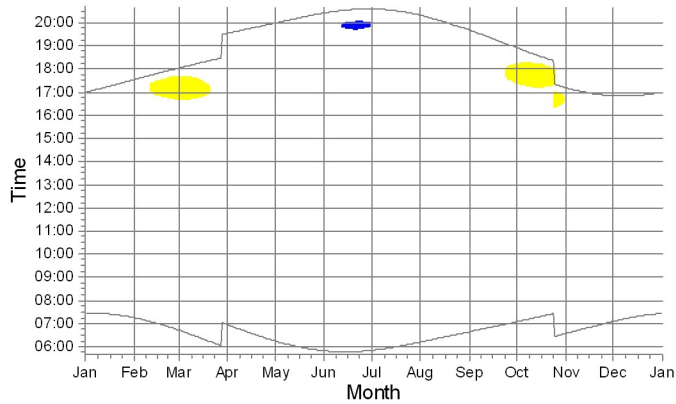
A: SR008 - A/6 - Fabbricati rurali ad uso abitativo - Salemi - Fg.58 - P.Ila79



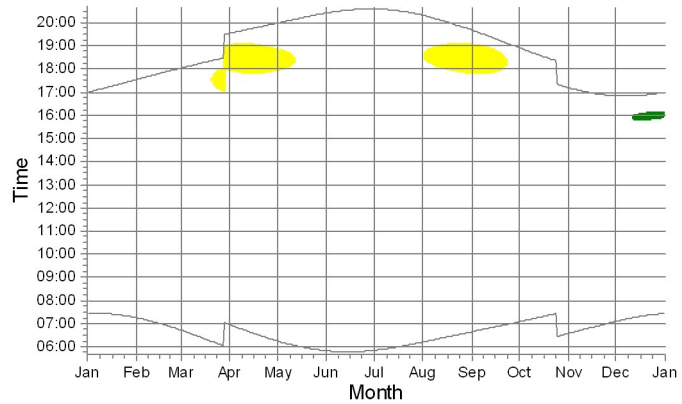
B: SR009 - A/6 - Fabbricati rurali ad uso abitativo - Salemi - Fg.58 - P.Ila73



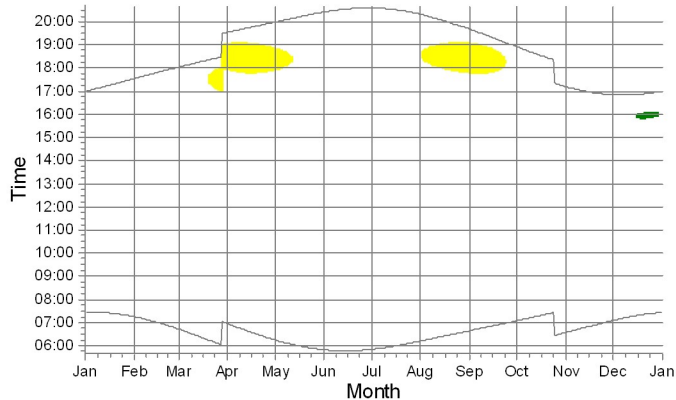
C: SR013 - A/6 - Fabbricati rurali ad uso abitativo - Salemi - Fg.58 - P.Ila191



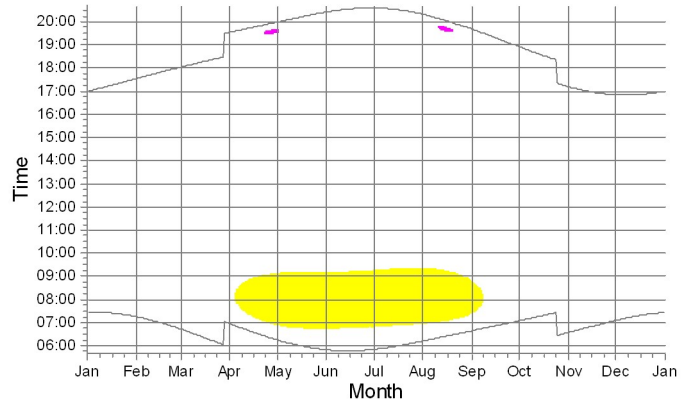
D: SR015 - A/6 - Fabbricati rurali ad uso abitativo - Salemi - Fg.58 - P.Ila237



E: SR016 - A/6 - Fabbricati rurali ad uso abitativo - Salemi - Fg.58 - P.Ila239



F: SR021 - A/4 - Abitazioni di tipo popolare - Salemi - Fg.11 - P.Ila86



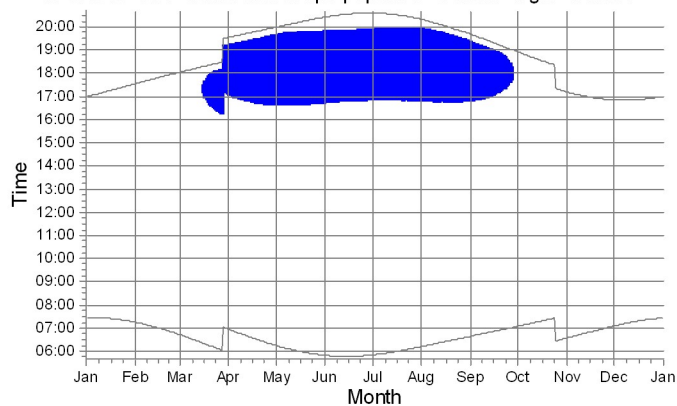
WTGs

- 1: Parco eolico Salemi - WTG01 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m
- 2: Parco eolico Salemi - WTG02 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m
- 3: Parco eolico Salemi - WTG03 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m
- 5: Parco eolico Salemi - WTG05 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m

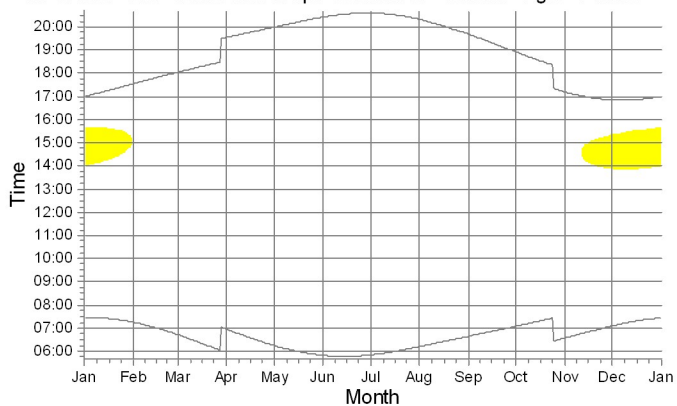
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Parco eolico Salemi 6 WTG Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m

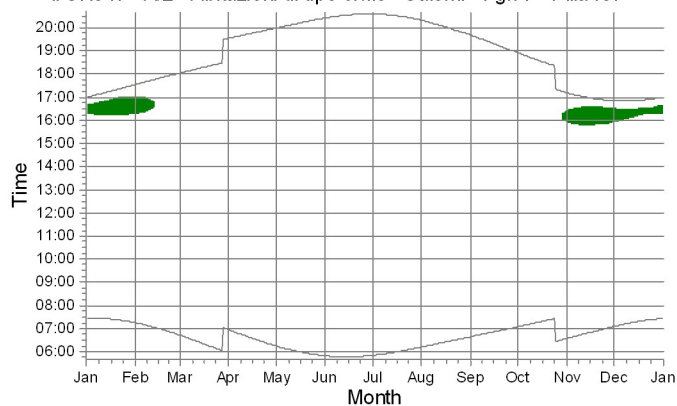
G: SR029 - A/4 - Abitazioni di tipo popolare - Salemi - Fg.8 - P.Ila61



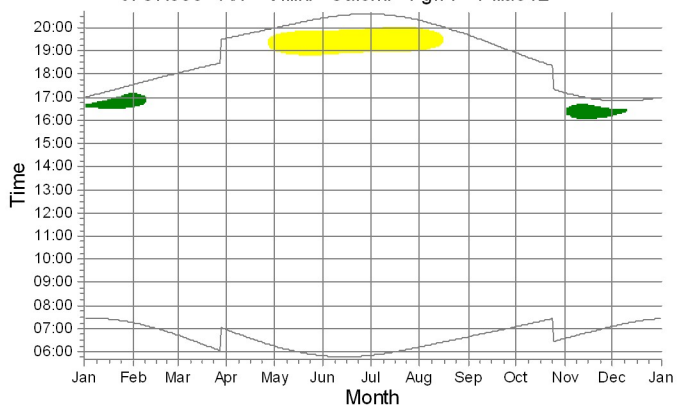
H: SR030 - A/3 - Abitazioni di tipo economico - Salemi - Fg.8 - P.Ila50



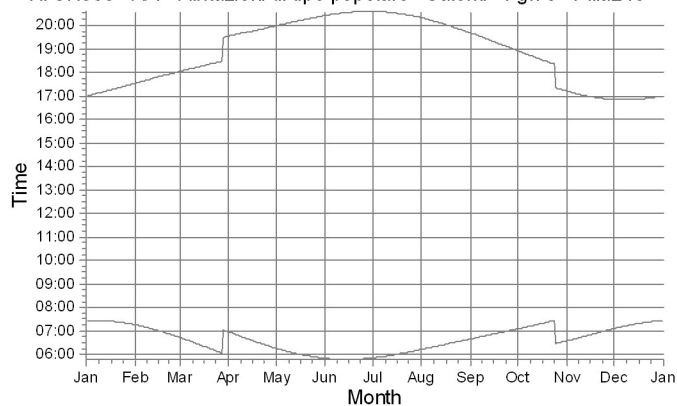
I: SR047 - A/2 - Abitazioni di tipo civile - Salemi - Fg.77 - P.Ila467



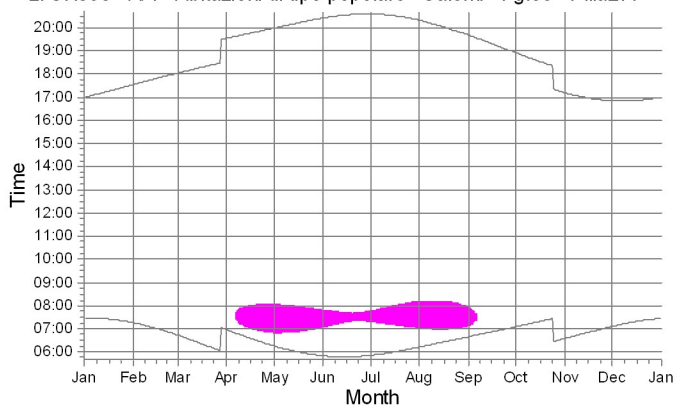
J: SR050 - A/7 - Villini - Salemi - Fg.77 - P.Ila512




K: SR068 - A/4 - Abitazioni di tipo popolare - Salemi - Fg.76 - P.Ila246



L: SR095 - A/4 - Abitazioni di tipo popolare - Salemi - Fg.39 - P.Ila277

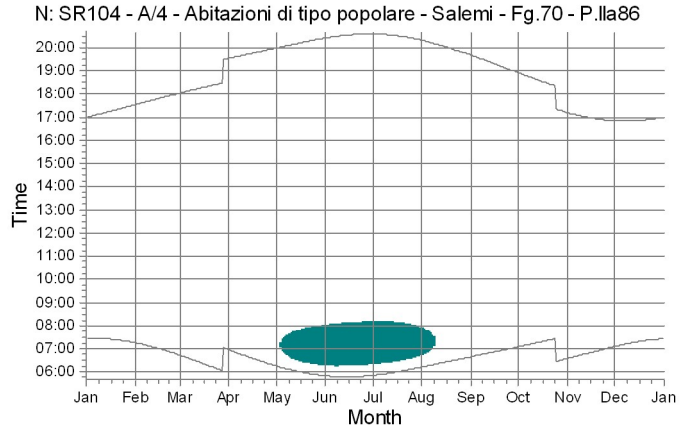
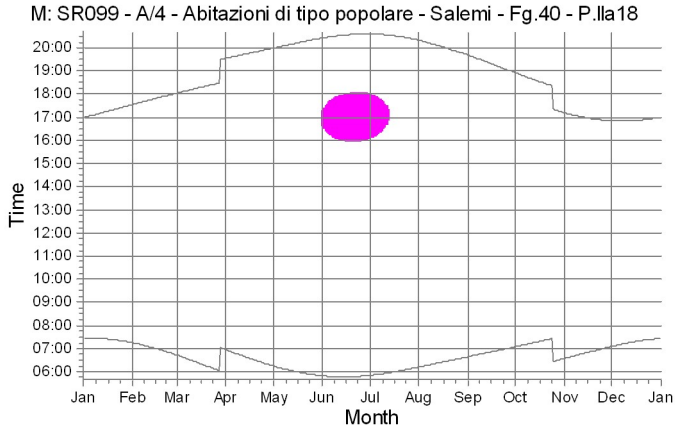


WTGs

-  1: Parco eolico Salemi - WTG01 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m
-  2: Parco eolico Salemi - WTG02 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m
-  3: Parco eolico Salemi - WTG03 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m
-  5: Parco eolico Salemi - WTG05 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m

SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Parco eolico Salemi 6 WTG Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m



WTGs



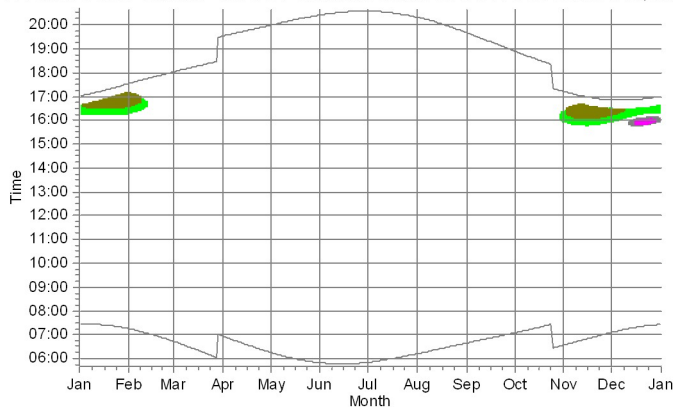
5: Parco eolico Salemi - WTG05 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m

6: Parco eolico Salemi - WTG06 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m

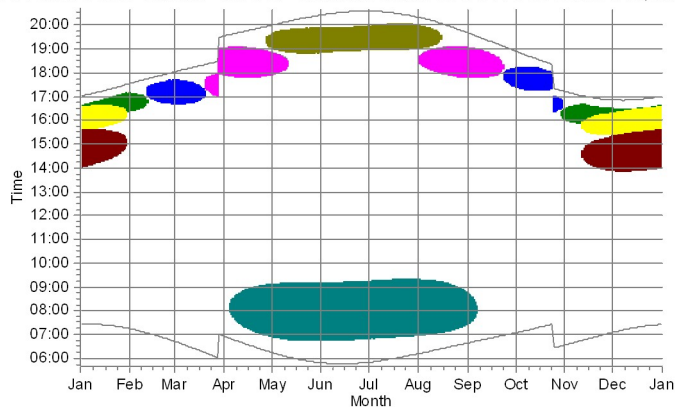
SHADOW - Calendar per WTG, graphical

Calculation: Parco eolico Salemi 6 WTG Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m

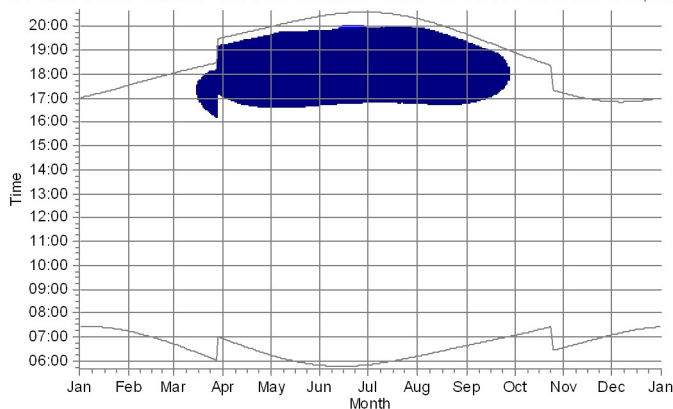
1: Parco eolico Salemi - WTG01 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m



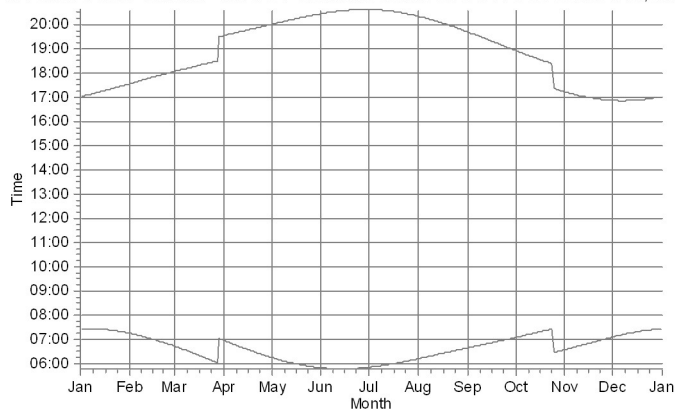
2: Parco eolico Salemi - WTG02 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m



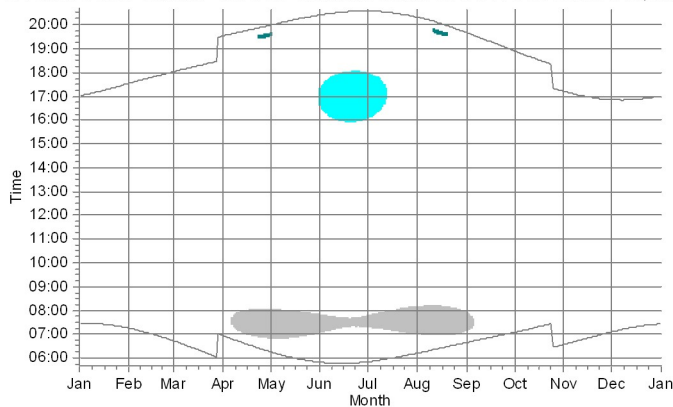
3: Parco eolico Salemi - WTG03 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m



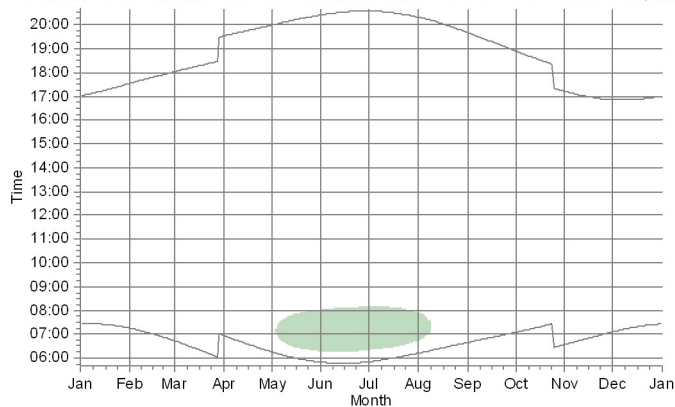
4: Parco eolico Salemi - WTG04 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m
















5: Parco eolico Salemi - WTG05 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m



6: Parco eolico Salemi - WTG06 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m

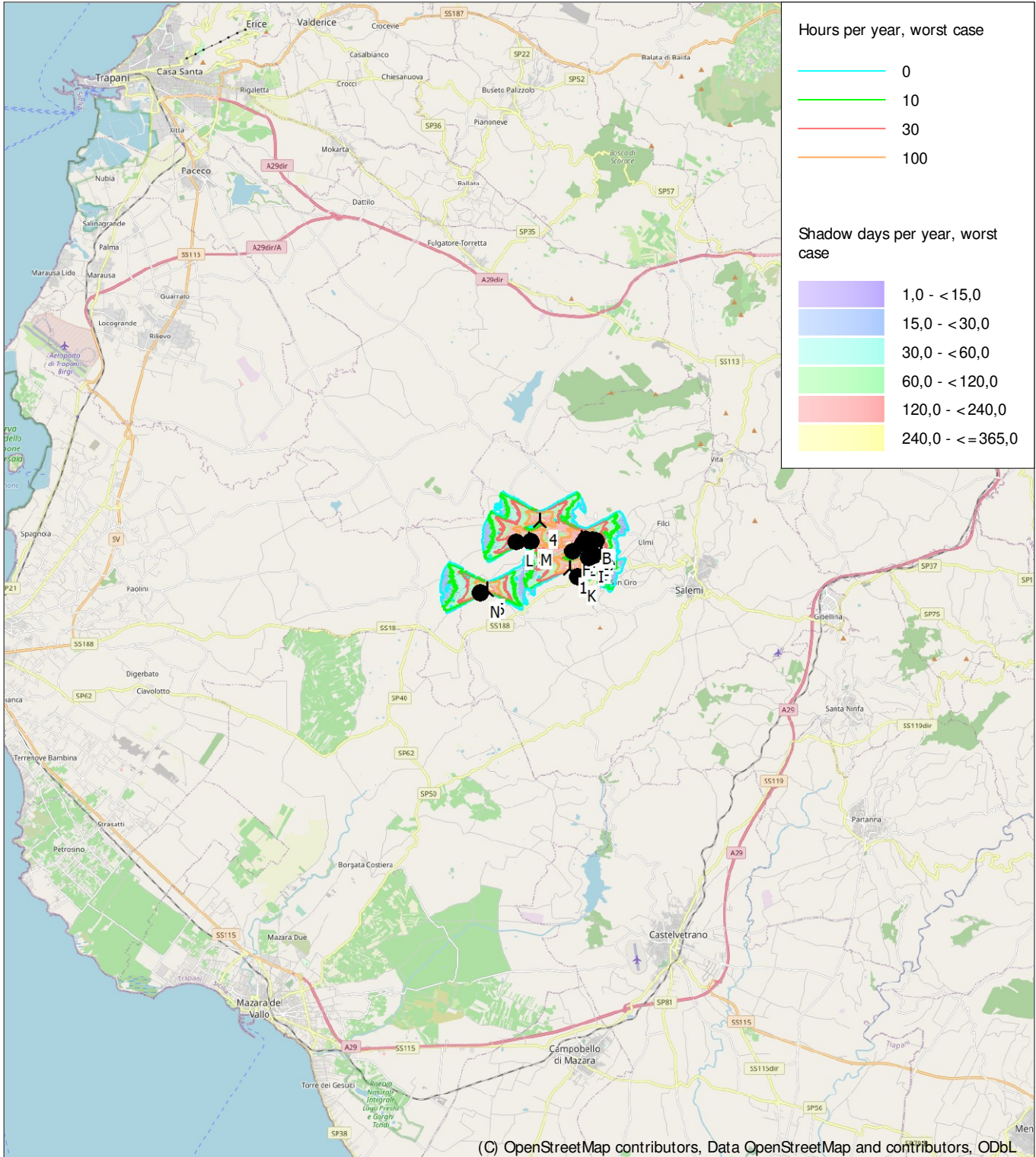


Shadow receptors

- | | | | |
|--|---|---|--|
|  | A: SR008 - A/6 - Fabbricati rurali ad uso abitativo - Salemi - Fg.58 - P.IIa79 |  | H: SR030 - A/3 - Abitazioni di tipo economico - Salemi - Fg.8 - P.IIa50 |
|  | B: SR009 - A/6 - Fabbricati rurali ad uso abitativo - Salemi - Fg.58 - P.IIa73 |  | I: SR047 - A/2 - Abitazioni di tipo civile - Salemi - Fg.77 - P.IIa467 |
|  | C: SR013 - A/6 - Fabbricati rurali ad uso abitativo - Salemi - Fg.58 - P.IIa191 |  | J: SR050 - A/7 - Villini - Salemi - Fg.77 - P.IIa512 |
|  | D: SR015 - A/6 - Fabbricati rurali ad uso abitativo - Salemi - Fg.58 - P.IIa237 |  | L: SR095 - A/4 - Abitazioni di tipo popolare - Salemi - Fg.39 - P.IIa277 |
|  | E: SR016 - A/6 - Fabbricati rurali ad uso abitativo - Salemi - Fg.58 - P.IIa239 |  | M: SR099 - A/4 - Abitazioni di tipo popolare - Salemi - Fg.40 - P.IIa18 |
|  | F: SR021 - A/4 - Abitazioni di tipo popolare - Salemi - Fg.11 - P.IIa86 |  | N: SR104 - A/4 - Abitazioni di tipo popolare - Salemi - Fg.70 - P.IIa86 |
|  | G: SR029 - A/4 - Abitazioni di tipo popolare - Salemi - Fg.8 - P.IIa61 | | |

SHADOW - Map

Calculation: Parco eolico Salemi 6 WTG Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m



0 2,5 5 7,5 10km

Map: EMD OpenStreetMap , Print scale 1:250.000, Map center UTM (north)-WGS84 Zone: 33 East: 299.700 North: 4.188.900

人 New WTG

Shadow receptor

Flicker map level: Curve di livello

Time step: 4 minutes, Day step: 14 days, Map resolution: 30 m, Visibility resolution: 15 m, Eye height: 1,5 m