



# REGIONE SICILIANA



COMMITTENTE: 		<b>RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.</b> via A. Doria, 41/G - 00192 ROMA (RM) P.IVA/C.F. 06400370968 pec: rwerenewablesitaliasrl@legalmail.it					
Titolo del Progetto: <h2 style="text-align: center;">PARCO EOLICO CONTESSA</h2>							
Documento: <b>Studi ambientali, geologici,          agronomici ed archeologici</b>			N° Documento: <b>PECO-A-0601</b>				
ID PROGETTO:	<b>PECO</b>	DISCIPLINA:	<b>A</b>	TIPOLOGIA:	<b>R</b>	FORMATO:	<b>A4</b>
TITOLO: <h3 style="text-align: center;">Studio Shadow Flickering          Relazione generale</h3>							
FOGLIO:	1 di 32	SCALA:	-	FILE:	PECO-A-0601.pdf		
<b>Il Progettista:</b> Ing. Riccardo Cangelosi  			<b>Redattori SIA:</b> Dott.ssa Maria Antonietta Marino Dott. Gualtiero Bellomo Prof. Vittorio Amadio Guidi Ing. Claudio Giannobile Dott. Fabio Interrante Dott. Sebastiano Muratore  				
Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato		
00	marzo/2021	PRIMA EMISSIONE	IRIDE	VAMIRGEOIND	RWE		

## Sommario

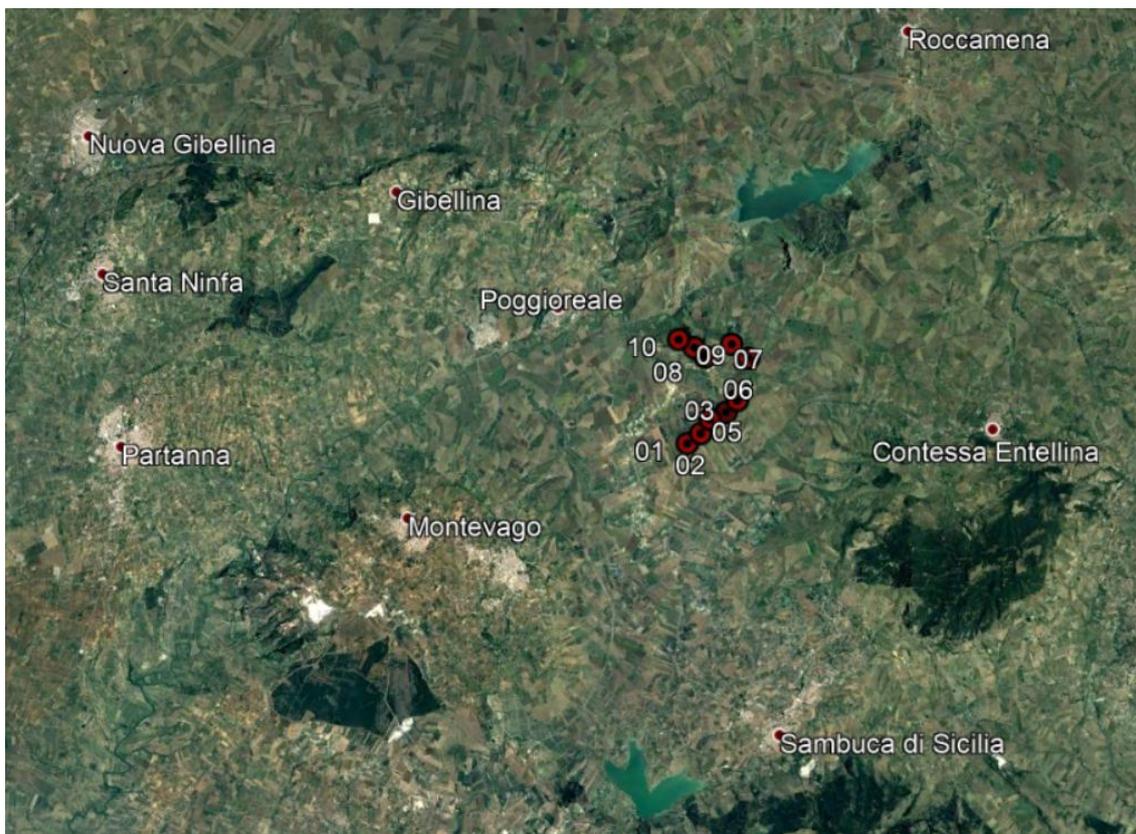
<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2. CENNI SUL FENOMENO DELLO SHADOW FLICKERING</b> .....	<b>3</b>
<b>3. CALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING</b> .....	<b>7</b>
3.1 DESCRIZIONE DELL'AMBITO DI STUDIO.....	7
3.2 CONFIGURAZIONE D'IMPIANTO .....	9
3.3 INDIVIDUAZIONE DEI RICETTORI.....	11
3.4 METODOLOGIA DI CALCOLO E SOFTWARE UTILIZZATO.....	16
3.5 RISULTATI .....	22
<b>4. CONCLUSIONI</b> .....	<b>31</b>

## Elaborati grafici

- PECO-A-0602: Mappa di potenziale interferenza da shadow flickering

## ***1. PREMESSA***

Nel Comune di Contessa Entellina è prevista la realizzazione di un campo eolico costituito da 10 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 6 MW. L'impianto è localizzato sul territorio ad ovest del Comune di Contessa Entellina, ovvero a nord della località Fondacazzo in prossimità del confine con il Comune di Poggioreale.



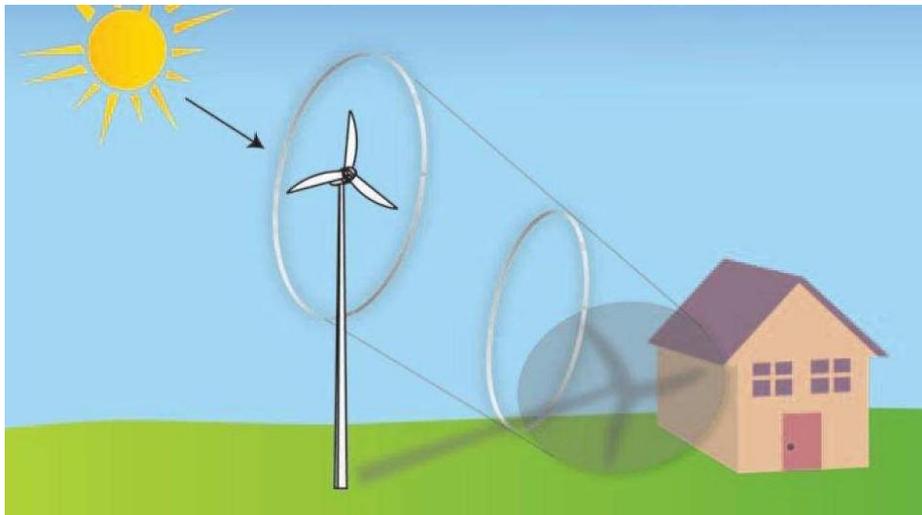
*Figura 1-1 Localizzazione del campo eolico oggetto di studio*

La tipologia di macchina impiegata è di tipo ad asse orizzontale in cui il sostegno, ovvero una torre tubolare con altezza pari a 115 m, porta alla sua sommità la navicella, al cui lato esterno è collegata un rotore di diametro di 170 m.

## ***2. CENNI SUL FENOMENO DELLO SHADOW FLICKERING***

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

Il cosiddetto fenomeno del “flickering” indica l'effetto di lampeggiamento che si verifica quando le pale del rotore in movimento “tagliano” la luce solare in maniera intermittente.



*Figura 2-1 Esempio di effetto flickering*

Questa variazione alternata di intensità luminosa, a lungo andare, può provocare fastidio agli occupanti delle abitazioni le cui finestre risultano esposte al fenomeno stesso. Ovviamente, tale fenomeno risulta assente sia quando il sole è oscurato da nuvole o nebbia, sia quando, in specifiche condizioni di vento, le pale del generatore non sono in rotazione.

In particolare, le frequenze che possono provocare un senso di fastidio sono comprese tra i 2.5 ed i 20 Hz (Verkuijlen and Westra, 1984),

e, l'effetto sugli individui è simile a quello che si sperimenterebbe in seguito alle variazioni di intensità luminosa di una lampada ad incandescenza sottoposta a continui sbalzi della tensione della rete di alimentazione elettrica.

Tuttavia, i più recenti aerogeneratori tripala operano ad una velocità di rotazione massima di 25 giri al minuto, corrispondente ad una frequenza di passaggio delle pale sulla verticale inferiore a 0.5 Hz, minore, quindi, della frequenza critica di 2.5 Hz.

Inoltre, i generatori di grande potenza (dal MW in su, come nel caso in oggetto) mediamente non superano la velocità di rotazione di 15 giri al minuto, corrispondente a frequenze di passaggio delle pale (0.25 Hz) ampiamente minori di quelle ritenute fastidiose per la maggioranza degli individui.

Studi condotti sui possibili effetti dello shadow flickering sulla salute umana raccomandano, al fine di ridurre al minimo i fastidi, una velocità di flickering non superiore a 3 tagli al secondo (Harding, 4 Aprile 2008). Nel caso di aerogeneratori tripala, tale frequenza si traduce in una velocità massima di rotazione del rotore di 60 rpm (rotazioni per minuto).

Le relazioni spaziali tra un aerogeneratore ed un ricettore sensibile, così come la direzione del vento, l'intensità del medesimo, la copertura del cielo, la posizione del sole (variabile nell'arco dell'anno) risultano essere fattori chiave per la esistenza e durata del fenomeno di shadow flickering.

Per distanze dell'ordine dei 500 m, il fenomeno in esame potrebbe verificarsi all'alba oppure al tramonto, ossia in quelle ore in cui le ombre risultano molto lunghe per effetto della piccola elevazione solare. Al di là di una certa distanza, in realtà l'ombra smette di essere un problema perché

il rapporto tra lo spessore della pala ed il diametro del sole diventa molto piccolo.

Come è facile immaginare, la condizione più penalizzante corrisponde al caso in cui il piano del rotore risulta ortogonale alla congiungente ricevitore – sole; infatti, in tali condizioni, l'ombra proiettata darà origine ad un cerchio di diametro pari al rotore del generatore eolico.

Sebbene il fenomeno possa essere percepito anche all'esterno, esso risulta evidente e fastidioso in quegli ambienti con finestrate rivolte verso le ombre.

In un'ottica generale e in relazione alle condizioni meteorologiche medie della penisola italiana, è possibile affermare che le aree soggette al fenomeno di shadow flickering non si estendono mai oltre i 500-2000 m dall'aerogeneratore e le zone a maggiore impatto ricadono solitamente entro i 300 m di distanza dalle macchine con durata del fenomeno dell'ordine delle 200 ore all'anno e non superiore in genere ai 20/30 minuti di durata nell'arco di una giornata.

L'intensità del fenomeno è definita come la differenza di luminosità che si percepisce in presenza ed in assenza di flickering in una data posizione. In generale, si può affermare che:

- Avendo le pale una forma rastremata con lo spessore che cresce verso il mozzo; il fenomeno risulterà tanto più intenso quanto maggiore sarà la porzione di disco solare coperta dalla pala stessa e quanto minore la distanza dal ricevitore.
- L'intensità del flickering sarà minima quando l'ombra prodotta è generata all'estremità delle pale.

- Maggiori distanze tra generatore e ricettore determinano ombre meno nette; in tal caso l'effetto flickering risulterà meno intenso e distinto.

La tipologia di aerogeneratore prevista per l'installazione ha una velocità di rotazione massima di 8,5 rpm che corrisponde ad una velocità massima di flickering di 0,45 tagli al secondo, nettamente inferiore alla frequenza massima raccomandata per la tutela della salute umana.

Tuttavia, una progettazione attenta è fondamentale per evitare questo fenomeno.

In relazione a ciò, si fa presente che, quale misura di prevenzione, già in fase di scelta delle aree sulle quali ubicare l'impianto si è cercato di localizzare gli aerogeneratori il più possibile distanti dall'area urbana oltreché dagli edifici abitativi e lavorativi.

### **3. CALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING**

#### **3.1 DESCRIZIONE DELL'AMBITO DI STUDIO**

Il comune di Contessa Entellina è situato nel territorio della città metropolitana di Palermo in Sicilia, si estende per 136,4 km<sup>2</sup> nella media valle del fiume Belice Sinistro. È circondato da ampie campagne e fitti boschi, e il centro abitato è situato sulle falde settentrionali delle colline Brinjat, .

Le attuali delimitazioni del territorio comunale sono costituite da elementi del paesaggio naturale o antropizzato, quali corsi d'acqua, linee di spartiacque o antiche mulattiere.

Il territorio ricade nel settore nord-occidentale dei Monti Sicani ed è dominato dal massiccio del Monte Genuardo (1180 m), costituito in prevalenza da una potente sequenza di rocce carbonatiche, silicee e marnose. Altri tratti del confine sono rappresentati da corsi d'acqua di rilievo, quasi tutti affluenti del Belice Sinistro: a nord-est il Vallone Petrarò, ad est il Vallone Chiarello, ad ovest il corso inferiore del Senore, fino alla confluenza con il Belice Sinistro.

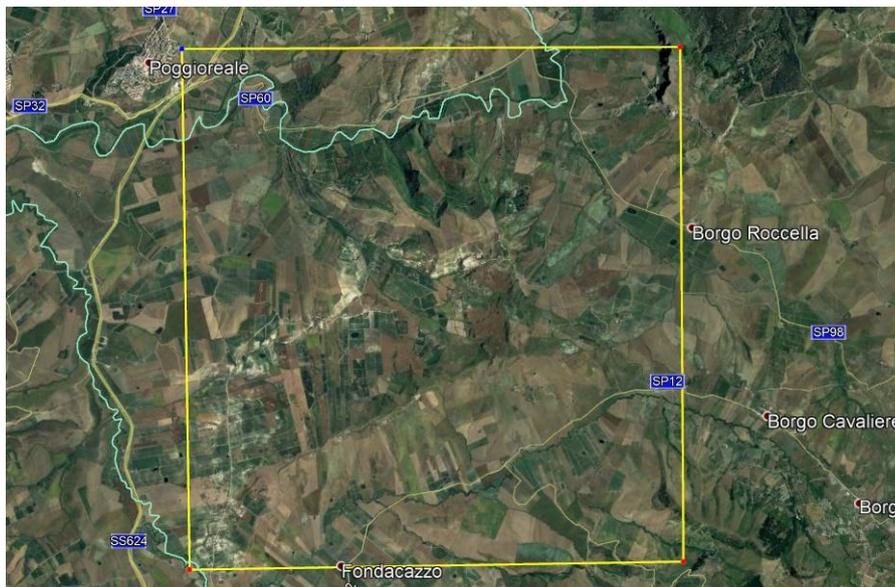
Sul lato meridionale, invece, il confine è rappresentato dallo spartiacque del Monte Genuardo, mentre su quello orientale da tratti di antiche mulattiere, nella contrada Realbate a nord-est e una parte delle pertinenze dell'Abbazia di Santa Maria del Bosco a sud-est. Altri corsi d'acqua di rilievo, anch'essi affluenti del Belice Sinistro, attraversano il territorio: il torrente Realbate nel settore nord-orientale e il Vaccarizzo

nella parte centro-settentrionale, alle pendici meridionali della Rocca di Entella.

Alla rete idrografica maggiore si affianca poi una fitta maglia di corsi d'acqua minori, tutti a carattere stagionale.

Nello specifico, l'ambito di studio preso in considerazione è prevalentemente collinare ed ha un'estensione pari a 42 km<sup>2</sup>. L'area di studio considerata è di circa 42 km<sup>2</sup> (6x7 km) totalmente ricadente nell'area Nord-Ovest del comune di Contessa Entellina e delimitato:

- ⇒ A Nord dal Lago Garcia, localmente noto come diga Garcia, che ricade nel comune di Contessa Entellina, poco distante dai comuni di Poggioreale e Monreale;
- ⇒ A Sud dalla Località Fondacazzo, confinante con la provincia di Agrigento (AG) e dalle Strade Provinciali 12 e 35;
- ⇒ Ad Est dai comuni di Borgo Roccella e Borgo Cavaliere facenti parte della Città Metropolitana di Palermo;
- ⇒ Ad Ovest dalla Strada Statale 624 Palermo-Sciacca.



*Figura 3-1 Ambito di studio facente parte del Comune di Contessa Entellina (PA)*

### 3.2 CONFIGURAZIONE D'IMPIANTO

Nelle seguenti tabelle vengono geolocalizzate e descritte dal punto di vista tecnico le turbine la cui installazione è prevista per il campo eolico di Contessa Entellina.

Turbina	Comune	ROMA - Monte Mario 2		Altitudine [m]
		Long. E [m]	Lat. N [m]	
T1	Contessa Entellina (PA)	2350814	4177156	404
T2	Contessa Entellina (PA)	2351220	4177447	425
T3	Contessa Entellina (PA)	2351503	4177867	457
T4	Contessa Entellina (PA)	2351992	4178072	463
T5	Contessa Entellina (PA)	2352336	4178416	490
T6	Contessa Entellina (PA)	2352699	4179689	456
T7	Contessa Entellina (PA)	2352197	4180126	461
T8	Contessa Entellina (PA)	2351391	4179756	438
T9	Contessa Entellina (PA)	2351069	4180046	403
T10	Contessa Entellina (PA)	2350601	4180317	363

*Tabella 3-1 Coordinate geografiche puntuali turbine d'impianto*



Figura 3-2 Posizione delle turbine sul territorio (Contessa Entellina, PA)

Di seguito è riportata una scheda riassuntiva delle principali caratteristiche della turbina che si intendono installare di potenza nominale pari a 6.0 MW:

Potenza nominale	6,0 MW
n° pale	3
Diametro rotore	170 m
Area spazzata	22 697 m <sup>2</sup>
Altezza mozzo rotore	115,0 m
Tipologia torre	tubolare
Velocità di rotazione del rotore	8,5 rpm
Velocità vento di avvio	3,0 m/s
Velocità vento nominale	13,0 m/s
Velocità vento di stacco	25,0 m/s

Tabella 3-2 Estratto delle specifiche tecniche delle turbine che si intendono installare

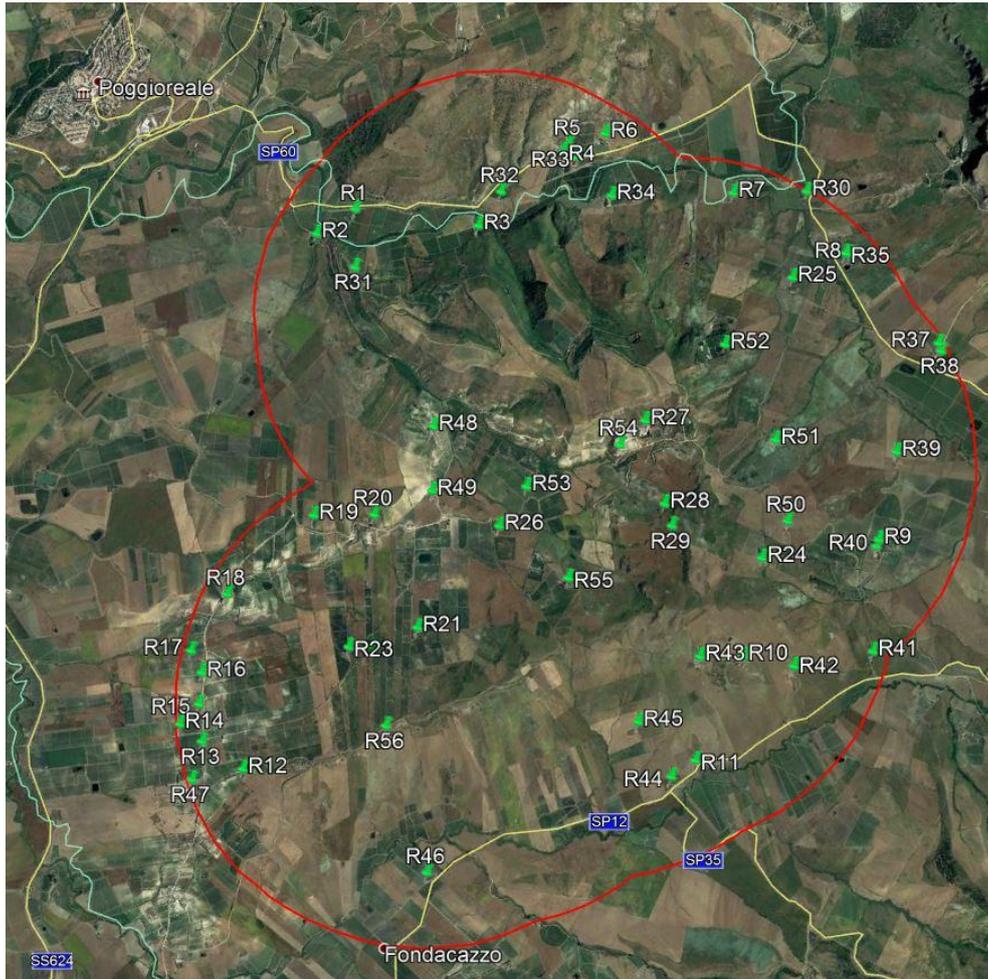
### **3.3 INDIVIDUAZIONE DEI RICETTORI**

Successivamente, ai fini della previsione degli impatti indotti sulle abitazioni e sugli edifici lavorativi dall'impianto eolico in progetto, sono stati censiti i ricettori presenti nel raggio di 2km dagli aerogeneratori.

Distanza oltre la quale si può ipotizzare essere nullo il fenomeno di shadow flickering.

I ricettori sono stati individuati calcolando l'inviluppo delle circonferenze di raggio pari a 2 km con centro geometrico corrispondente alle coordinate geografiche delle turbine, precedentemente indicate (vedi Tabella 3-1).

Sono stati quindi censiti un totale di 113 edifici di cui solamente 56 risultano essere adibiti ad abitazione o luoghi lavorativi, mentre i restanti, essendo depositi e magazzini agricoli sono stati esclusi dalla presente analisi.



*Figura 1-3 Ricettori nell'ambito di studio*

Infatti, sebbene il fenomeno possa essere percepito anche all'esterno, esso risulta evidente e fastidioso in quegli ambienti (abitativi o lavorativi) con finestre che si trovano sul prolungamento della direttrice sole-turbina, per questo motivo, si è considerato nella simulazione la presenza di finestre di altezza 1 metro e larghezza 1 metro posizionate ad altezza dal suolo di 2 metri e disposte su tutte le facciate degli edifici.

Di seguito sono riportati i riferimenti geografici dei ricettori individuati (cfr. Figura 3-3) e l'orientamento delle finestre ipotizzate.



*Figura 3-2 Esempio di identificazione dell'orientamento delle finestre dei ricettori*

Ric.	Comune	Dest. d'uso	ROMA - Monte Mario 2		Numero finestre e orientamento rispetto al NORD
			Long. E [m]	Lat. N [m]	
R1	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2349188,7	4180843,9	4 (20, 110, 200, 290)
R2	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2348940,5	4180562,7	4 (1, 91, 181, 271)
R3	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2350198,7	4180979,1	4 (45, 135, 225, 315)
R4	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2350701,8	4181753,4	4 (80, 170, 260, 350)
R5	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2350730,1	4181819,8	4 (1, 91, 181, 271)
R6	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2350998,1	4181979,5	4 (20, 110, 200, 290)
R7	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2352132,7	4181790,6	4 (45, 135, 225, 315)
R8	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2353180,7	4181547,0	4 (45, 135, 225, 315)
R9	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2354020,9	4179351,7	4 (30, 120, 210, 300)
R10	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2353215,8	4178157,1	4 (50, 140, 230, 320)
R11	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2353081,4	4177230,5	4 (20, 110, 200, 290)
R12	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2349581,9	4176186,4	4 (20, 110, 200, 290)
R13	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2349191,7	4176304,3	4 (80, 170, 260, 350)
R14	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2348978,8	4176391,2	4 (80, 170, 260, 350)
R15	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2349082,1	4176589,0	4 (80, 170, 260, 350)
R16	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2349032,0	4176842,1	4 (80, 170, 260, 350)
R17	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2348895,7	4176989,7	4 (80, 170, 260, 350)
R18	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2349055,2	4177514,7	4 (30, 120, 210, 300)
R19	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2349579,0	4178329,1	4 (50, 140, 230, 320)
R20	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2350048,4	4178464,5	4 (1, 91, 181, 271)
R21	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2350639,0	4177678,5	4 (30, 120, 210, 300)
R22	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2350313,5	4177419,2	4 (1, 91, 181, 271)
R23	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2350140,4	4177373,2	4 (45, 135, 225, 315)
R24	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2353147,5	4178958,8	4 (1, 91, 181, 271)
R25	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2352783,0	4181236,1	4 (1, 91, 181, 271)
R26	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2351047,4	4178645,9	4 (60, 150, 240, 330)
R27	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2351952,0	4179777,2	4 (45, 135, 225, 315)
R28	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2352282,9	4179171,7	4 (1, 91, 181, 271)

Ric.	Comune	Dest. d'uso	ROMA - Monte Mario 2		Numero finestre e orientamento rispetto al NORD
			Long. E [m]	Lat. N [m]	
R29	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2352386,1	4179017,7	4 (1, 91, 181, 271)
R30	Contessa Entellina (PA)	Abitazione	2352706,9	4181962,1	4 (1, 91, 181, 271)
R31	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2349331,6	4180373,9	4 (45, 135, 225, 315)
R32	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2350300,0	4181299,4	4 (80, 170, 260, 350)
R33	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2350832,8	4181735,6	4 (1, 91, 181, 271)
R34	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2351180,5	4181504,6	4 (30, 120, 210, 300)
R35	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2353144,1	4181545,4	4 (45, 135, 225, 315)
R36	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2353155,9	4181528,1	4 (45, 135, 225, 315)
R37	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2354065,0	4181027,1	4 (1, 91, 181, 271)
R38	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2354103,6	4180971,9	4 (45, 135, 225, 315)
R39	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2353973,2	4180081,1	4 (1, 91, 181, 271)
R40	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2354014,8	4179294,8	4 (1, 91, 181, 271)
R41	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2354213,8	4178466,9	4 (30, 120, 210, 300)
R42	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2353631,3	4178185,6	4 (20, 110, 200, 290)
R43	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2352883,7	4178064,7	4 (80, 170, 260, 350)
R44	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2352930,9	4177050,2	4 (30, 120, 210, 300)
R45	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2352553,3	4177411,3	4 (45, 135, 225, 315)
R46	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2351236,1	4175760,2	4 (10, 100, 190 , 280)
R47	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2349198,4	4175983,4	4 (80, 170, 260, 350)
R48	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2350306,8	4179286,2	4 (1, 91, 181, 271)
R49	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2350446,0	4178775,9	4 (1, 91, 181, 271)
R50	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2353265,7	4179300,0	4 (80, 170, 260, 350)
R51	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2353000,5	4179907,4	4 (1, 91, 181, 271)
R52	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2352401,6	4180545,0	4 (30, 120, 210, 300)
R53	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2351172,1	4179012,1	4 (20, 110, 200, 290)
R54	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2351809,6	4179537,8	4 (60, 150, 240, 330)
R55	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2351703,3	4178391,5	4 (1, 91, 181, 271)
R56	Contessa Entellina (PA)	Lavorativo	2350615,3	4176852,2	4 (45, 135, 225, 315)

Tabella 3 Coordinate geografiche puntuali ricettori

### **3.4 METODOLOGIA DI CALCOLO E SOFTWARE UTILIZZATO**

L'analisi dell'impatto da shadow flickering prodotto da un campo eolico è realizzata, generalmente, attraverso l'impiego di specifici applicativi che modellano il fenomeno in esame. I pacchetti software impiegati per la progettazione di impianti eolici contengono moduli specifici per il calcolo e l'analisi del fenomeno di flickering.

L'analisi si basa sull'impiego di un modello digitale del terreno dell'area oggetto di progettazione, sulle posizioni (E, N, quota) degli aerogeneratori e dei ricettori sensibili, nonché sui dati che correlano la posizione del sole nell'arco dell'anno con le condizioni operative delle turbine nello stesso arco di tempo.

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

Nello specifico, la valutazione tecnica è stata eseguita con l'ausilio del software WindFarm 5 della ReSoft Ltd, software di simulazione specifico per la progettazione di impianti eolici.

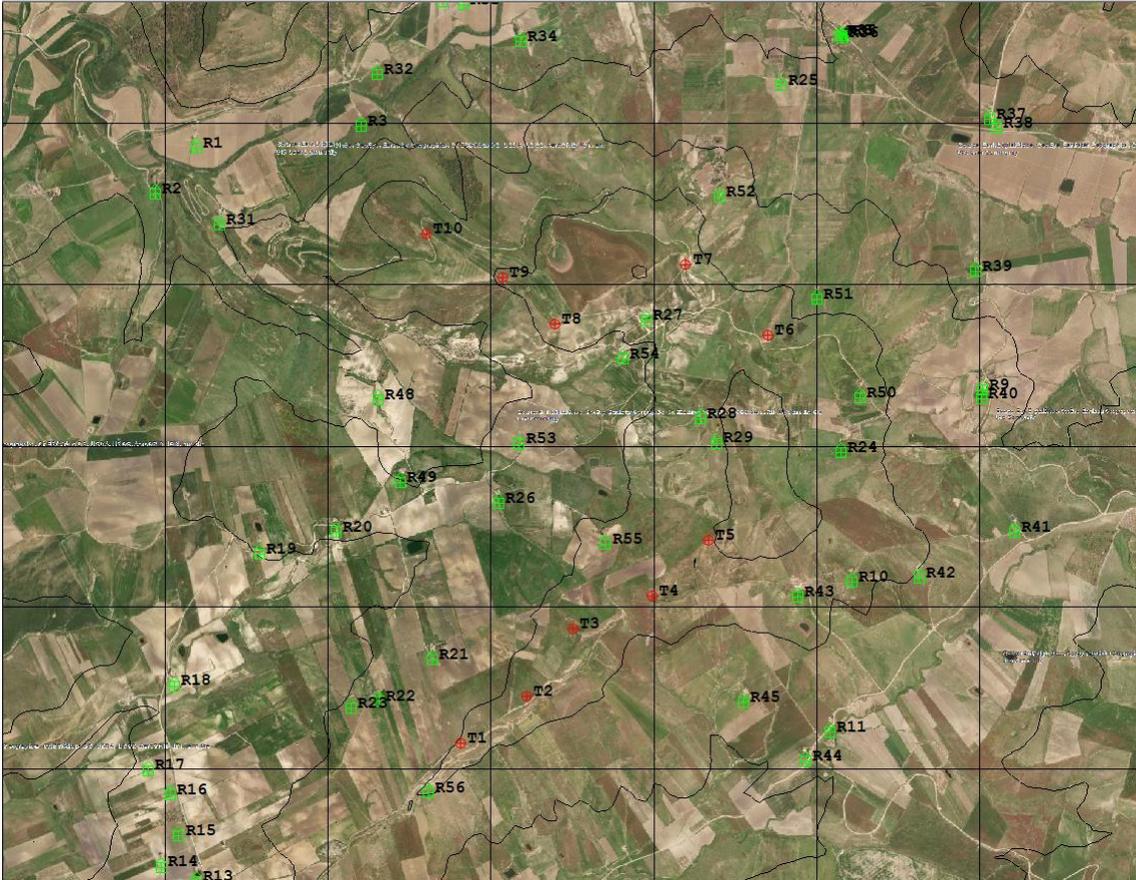


Figura 3-3 Area di studio, ricettori e aerogeneratori inseriti nel software Windfarm

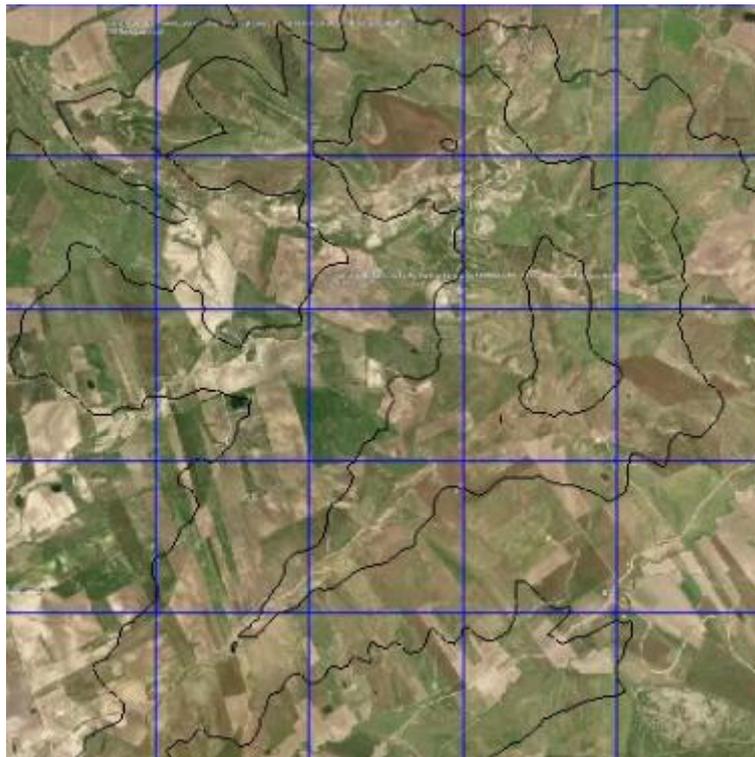
Il Software consente di analizzare la posizione del sole nell'arco di un anno per identificare i tempi in cui ogni turbina può proiettare ombre sulle finestre delle abitazioni vicine. In particolare, il modello permette di:

- ⇒ calcolare il potenziale per le ombre intermittenti alle finestre delle abitazioni;
- ⇒ creare mappe di impatto potenziale che mostrano le ore d'ombra intermittente per l'intero parco eolico o per le singole macchine (curve di isodurata) nell'arco dell'anno.

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

- ❖ l'altimetria della zona simulata (formato GTH, vedi Figura 3-6);

- ❖ la disposizione geografica delle turbine e dimensione geometrica dei loro componenti (torre e pale);
- ❖ la disposizione geografica dei “ricettori sensibili” (abitazioni/edifici lavorativi e relative finestre);
- ❖ la latitudine e longitudine dell’area interessata.



*Figura 3-6 Esempio di curve di livello del terreno in WindFarm*

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

Project	: CONTESSAENTELLINA						
Run Name	: MAPPASHADOW.WFK						
Title	:						
Time	: 15:57:44, 16 Sep 2020						
SHADOW TIMES ON EACH HOUSE							
House	Easting	Northing					
1	2349188	4180843					
Turbine	Easting	Northing	Date	Start Time	End Time	Duration	% Cover
10	2350601	4180317	20-02	07:48:53	07:55:25	00:06:32	18.22
10	2350601	4180317	21-02	07:45:07	07:58:58	00:13:51	86.36
10	2350601	4180317	22-02	07:42:55	08:00:55	00:18:00	100.00
10	2350601	4180317	23-02	07:41:17	08:02:17	00:20:59	100.00
10	2350601	4180317	24-02	07:40:02	08:03:17	00:23:15	100.00
10	2350601	4180317	25-02	07:39:01	08:03:59	00:24:58	100.00
10	2350601	4180317	26-02	07:38:14	08:04:27	00:26:13	100.00
10	2350601	4180317	27-02	07:37:38	08:04:43	00:27:05	100.00
10	2350601	4180317	28-02	07:37:12	08:04:48	00:27:36	100.00
10	2350601	4180317	29-02	07:36:56	08:04:41	00:27:45	100.00

Figura 3-7 Esempio di output elaborato tramite WindFarm5

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

- coordinate geografiche baricentriche (ROMA - Monte Mario 2):  
2328950-Est, 4168250-Nord
- coordinate geografiche delle turbine considerate (vedi  
Tabella 3-1)
- coordinate geografiche dei ricettori considerati e disposizione delle  
finestre (vedi Tabella 3)
- estensione area simulata: 7 km x 6 km (42 km<sup>2</sup>)
- risoluzione di calcolo: 50 m
- raggio d'influenza massimo: 2 km dal punto di installazione  
dell'aerogeneratore;
- altezza del punto di vista dell'osservatore: 2 m
- parametri turbina:
  - ✓ diametro rotore: 170 m

- ✓ altezza torre: 115 m
- ✓ larghezza media della pala: 3 m

Il modello numerico utilizzato, produce in output una mappa di impatto, e prende in considerazione un caso molto cautelativo relativo, ad una configurazione puramente teorica che vede la costante e contemporanea presenza dei fattori di attivazione del fenomeno, ossia sole scevro da nubi (potenzialità di generare ombre) e velocità del vento superiore a quella di cut-in (rotore in moto).

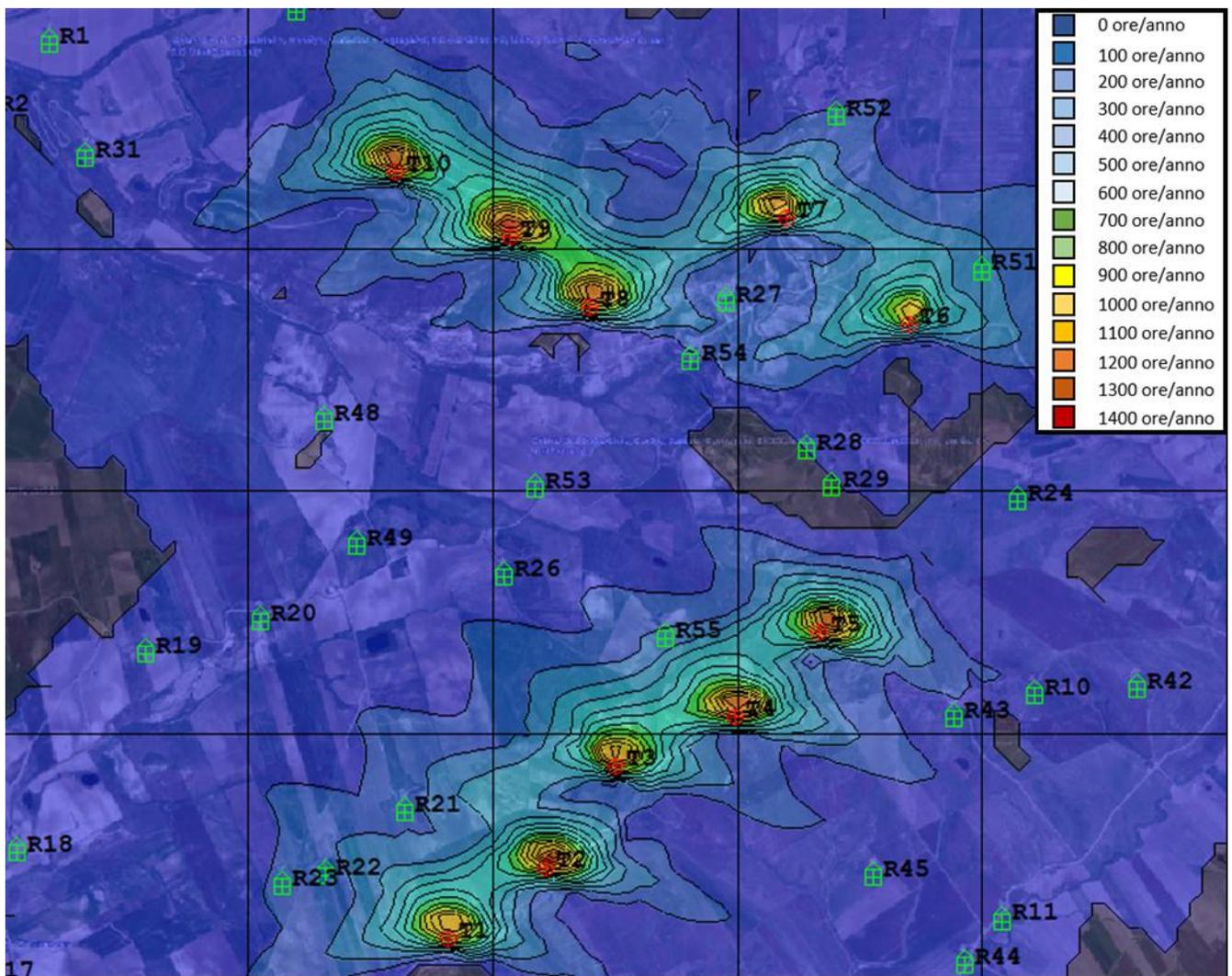


Figura 3-4 Esempio di output del software

Di seguito vengono riportate tutte le ipotesi utilizzate per il calcolo del fenomeno di shadow flickering (vedi “caso peggiore” in Tabella 3-4) effettuato tramite il software WindFarm:

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

Ciò considerato si evince che i risultati ai quali si perverrà sono estremamente cautelativi, trattandosi di una stima puramente teorica. Allo scopo di pervenire a valori più realistici, prossimi al caso reale, è stato corretto il dato di output prendendo in considerazione l'eliofania locale e le ore stimate di funzionamento dell'impianto eolico nell'arco dell'anno.

Nel caso in analisi, sapendo che il tempo in cui il sole permane al di sopra dell'orizzonte nell'arco dell'anno è di circa 4518 ore; tenendo conto dell'eliofania media locale (2628 h/anno), ovvero il numero di ore in cui il cielo è libero da nubi durante il giorno e a partire dalle registrazioni anemometriche relative alla stazione meteorologica di Palermo, si è stimato che l'impianto eolico sarà in funzione per circa il 54% del tempo nell'arco dell'anno, corrispondente a 2424 ore.

In definitiva, i valori calcolati dal modello numerico (ore di ombreggiamento intermittente all'anno) sono desunti in funzione della probabilità composta di avere contemporaneamente l'occorrenza di rotore

in moto (vento) e sole libero da nubi (ombre), fenomeni, questi ultimi, stocasticamente indipendenti.

### 3.5 RISULTATI

La seguente tabella riassume i risultati dell'analisi eseguita secondo la metodologia di calcolo descritta nel paragrafo precedente.

Ricettore	Caso peggiore		Caso reale [ore/anno]
	Giorni /anno	Ore /anno	
R1	36	13,2	7,1
R2	32	10,3	5,6
R3	89	62,5	33,8
R4	0	0	0
R5	0	0	0
R6	0	0	0
R7	0	0	0
R8	0	0	0
R9	147	51,1	27,6
R10	162	84,2	45,5
R11	97	35,4	19,1
R12	0	0	0
R13	0	0	0
R14	65	22,5	12,2
R15	55	16,5	8,9
R16	37	11,4	6,2
R17	30	9,1	4,9
R18	30	9,2	5,0
R19	69	21,0	11,3
R20	110	36,2	19,5
R21	265	167,1	90,2
R22	238	164,6	88,9
R23	208	121,5	65,6

VAMIRGEOIND Ambiente Geologia e Geofisica s.r.l.  
 Studio Shadow Flickering-Progetto per la realizzazione di un parco eolico nei territori  
 di Contessa Entellina(Pa),Santa Margherita Belice(Ag),Montevago(Ag) e Partanna(Tp)

Ricettore	Caso peggiore		Caso reale [ore/anno]
	Giorni /anno	Ore /anno	
R24	34	11,3	6,1
R25	0	0	0
R26	102	47,2	25,5
R27	227	163,32	88,2
R28	0	0	0
R29	0	0	0
R30	0	0	0
R31	75	27,5	14,9
R32	0	0	0
R33	0	0	0
R34	0	0	0
R35	0	0	0
R36	0	0	0
R37	0	0	0
R38	31	7,3	3,9
R39	72	26,3	14,2
R40	149	51,1	27,6
R41	21	6,4	3,5
R42	68	26,3	14,2
R43	133	61,2	33,0
R44	41	13,6	7,3
R45	127	51,4	27,8
R46	0	0	0
R47	0	0	0
R48	30	8,2	4,4
R49	135	50,0	27,0
R50	23	5,0	2,7
R51	251	244,2	131,9
R52	107	121,2	65,4
R53	111	39,3	21,2
R54	87	45,3	24,5
R55	227	244,3	131,9
R56	0	0	0

Tabella 3-4 Risultati di calcolo

In particolare, nella vengono riportati il numero di giorni e di ore in cui è fisicamente possibile che il fenomeno si presenti (caso peggiore) e il valore reale atteso di ore l'anno in cui il fenomeno potrebbe presentarsi (caso reale). A tal proposito è importante sottolineare che anche il caso reale, calcolato tenendo conto dell'eliofania locale e delle ore di funzionamento dell'impianto, è comunque un valore cautelativo in quanto nella stima non si è tenuto conto degli effetti mitigativi dovuti al piano di rotazione delle pale non sempre ortogonale alla direttrice sole-finestra e all'eventuale presenza di ostacoli e/o vegetazione interposti tra il sole e la finestra.

Si evince che presso 20 fabbricati non si manifesta il fenomeno in analisi mentre per i restanti 36 potrebbe verificarsi.

Tuttavia, tale effetto si può considerare trascurabile per via della scarsa durata del fenomeno che si riduce, nel caso reale, ad un numero esiguo di ore l'anno.

Per i fabbricati evidenziati in blu all'interno della sopracitata presso i quali l'effetto di shadow flickering potrebbe essere superiore a 80 ore l'anno, è stato elaborato un calendario dell'ombra che riporta in maniera grafica i periodi dell'anno in cui è possibile il verificarsi il fenomeno (condizioni del caso peggiore).

Al fine di garantire una più chiara comprensione di tali grafici, prima di effettuarne la disamina, si riporta una guida alla lettura degli stessi.

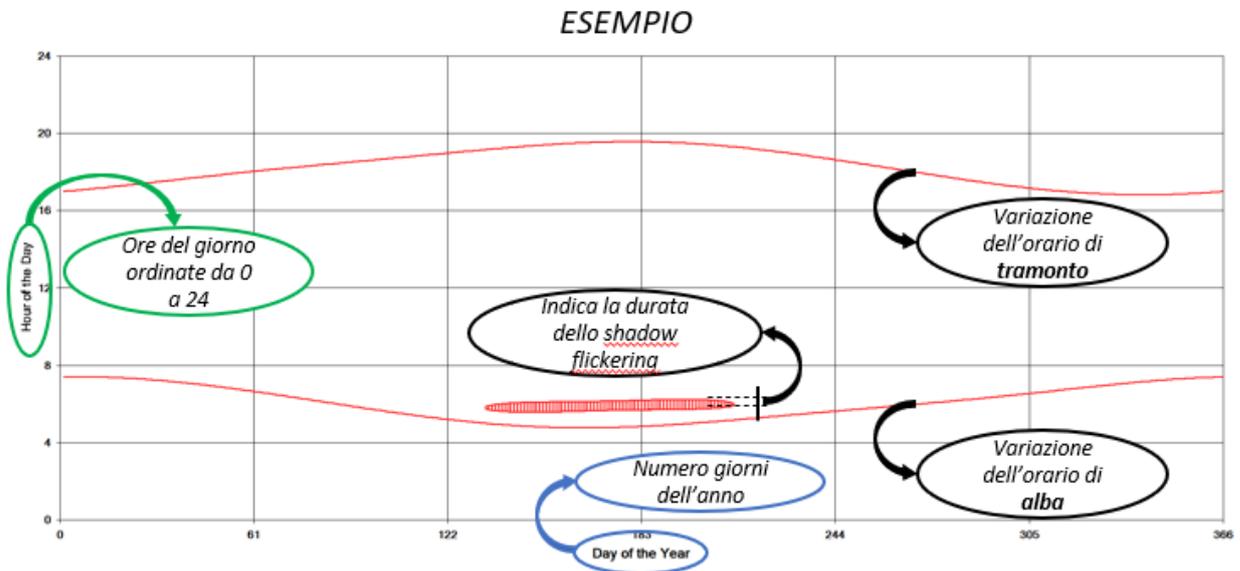
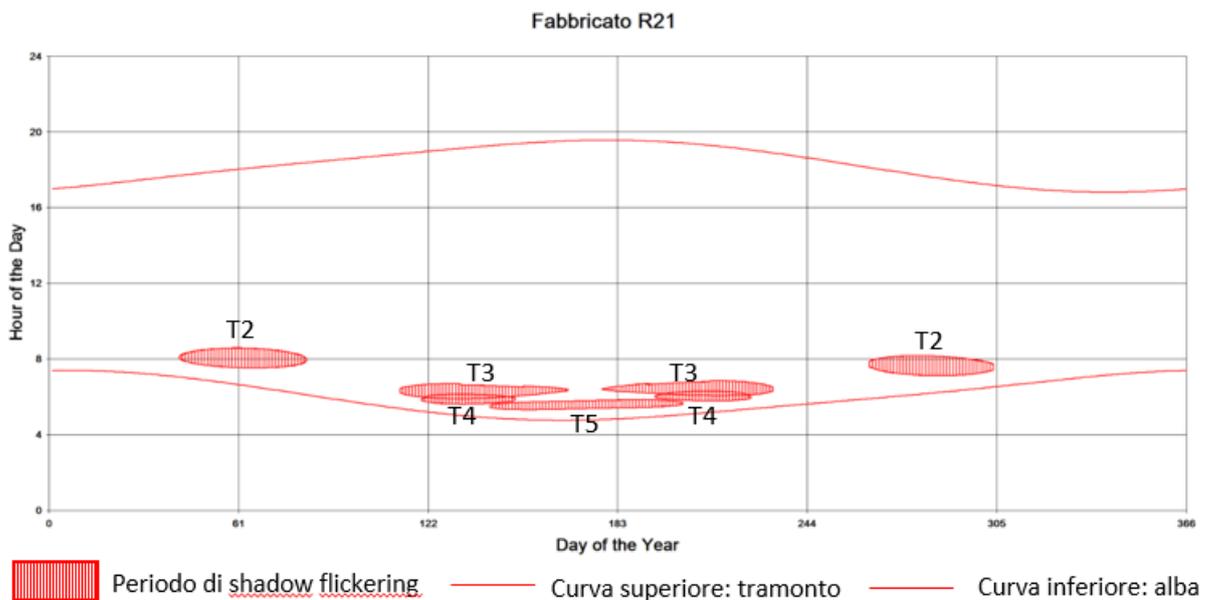


Figura 3-5 Esempio di output grafico dei risultati di simulazione del fenomeno di shadow flickering

Le curve di colore rosso indicano l'ora dell'alba e del tramonto mentre le aree campite il periodo in cui è possibile che il fenomeno si verifichi.

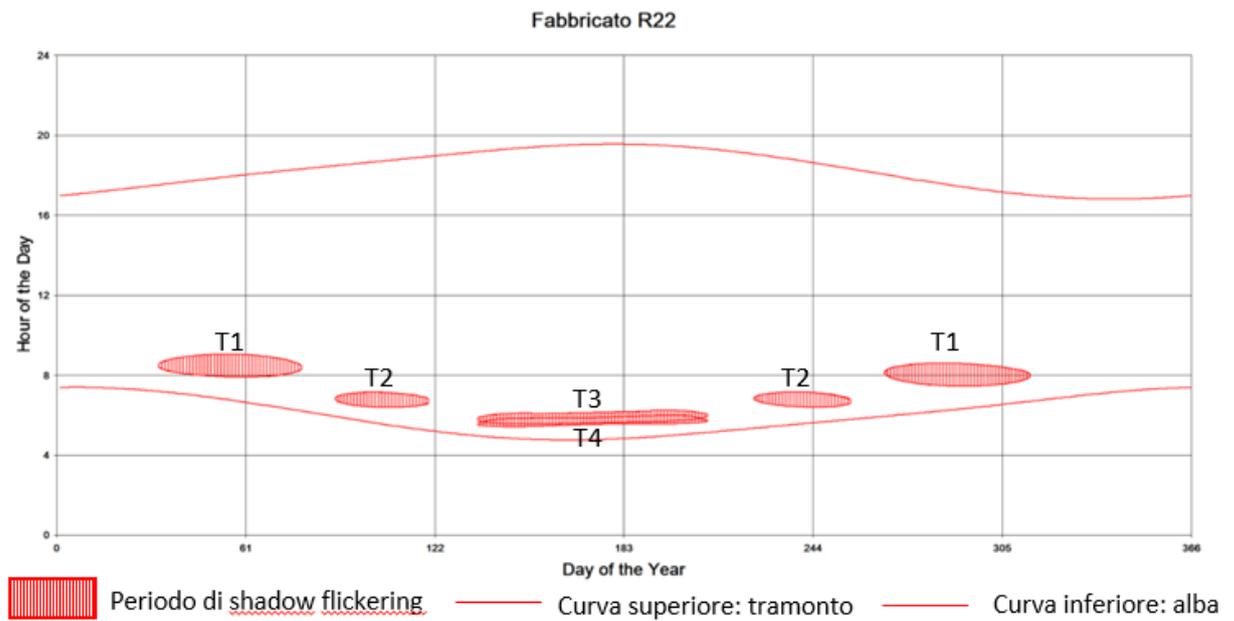
Inoltre, sull'asse delle ordinate sono riportati i giorni dell'anno e su quello delle ascisse l'ora del giorno (ora solare).



*Figura 3-10 Periodi di shadow flickering per il ricettore R21*

Per quanto riguarda il Fabbricato 21 si riportano le Turbine Eoliche (Txx) che generano interferenza in relazione al fenomeno dello shadow flickering ed i relativi periodi temporali di riferimento:

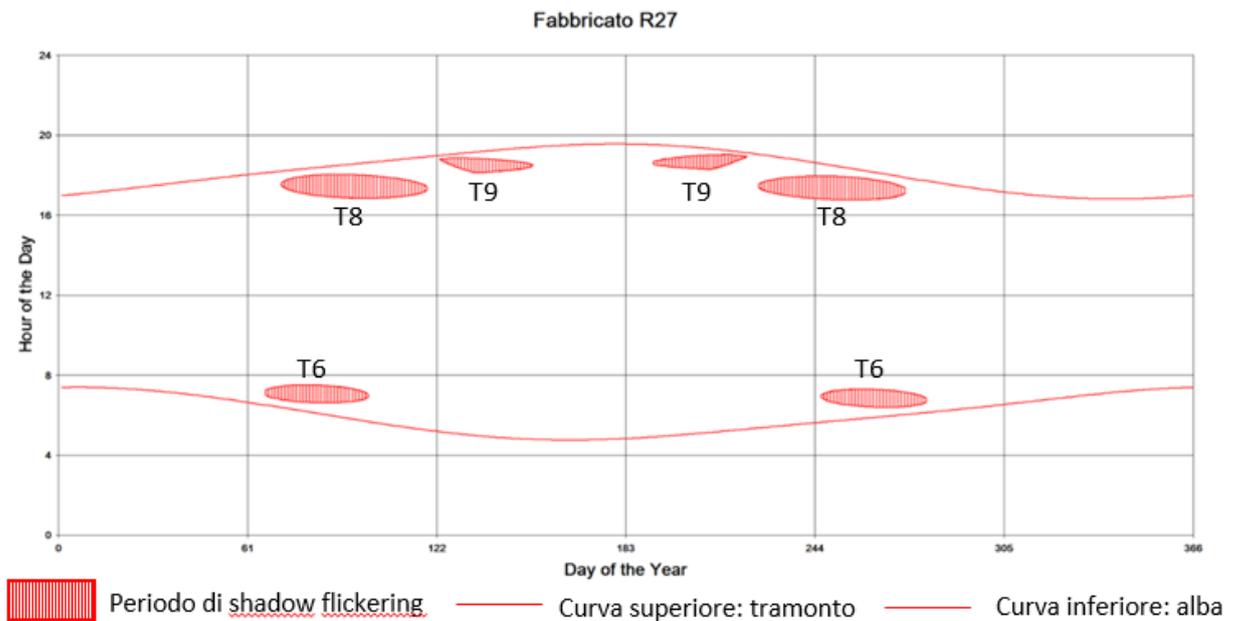
- ❖ **T2** dal 11 febbraio al 23 marzo tra le 7.30 e le 8.35 e dal 20 settembre al 30 ottobre tra le 7.05 e le 8.10;
- ❖ **T3** dal 22 aprile al 15 giugno tra le 5.53 e le 6.41 e dal 26 giugno al 20 agosto tra le 6.03 e le 6.51;
- ❖ **T4** dal 29 aprile al 29 maggio tra le 5.35 e le 6.07 e dal 13 luglio al 13 agosto tra le 5.45 e le 6.17;
- ❖ **T5** dal 21 maggio al 22 luglio tra le 5.18 e le 5.50.



*Figura 3-11 Periodi di shadow flickering per il ricettore R22*

In coerenza al fabbricato precedente si riportano le Turbine che generano interferenza ed i relativi periodi temporali:

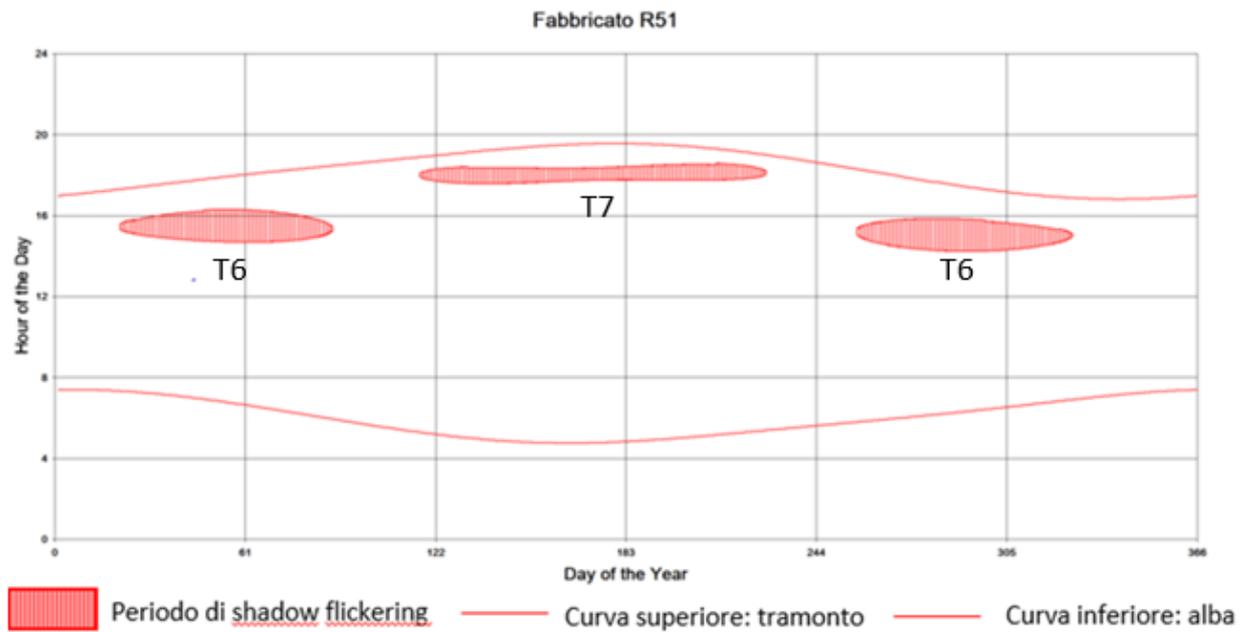
- **T1** dal 2 febbraio al 19 marzo tra le 7.54 e le 9.02 e dal 23 settembre al 9 novembre tra le 7.26 e le 8.35;
- **T2** dal 30 marzo al 29 aprile tra le 6.23 e le 7.08 e dal 12 agosto al 12 settembre tra le 6.23 e le 7.09;
- **T3** dal 15 maggio al 28 luglio tra le 5.32 e le 6.15;
- **T4** dal 15 maggio al 28 luglio tra le 5.24 e le 6.00.



*Figura 3-12 Periodi di shadow flickering per il ricettore R27*

In coerenza al fabbricato precedente si riportano le Turbine che generano interferenza ed i relativi periodi temporali:

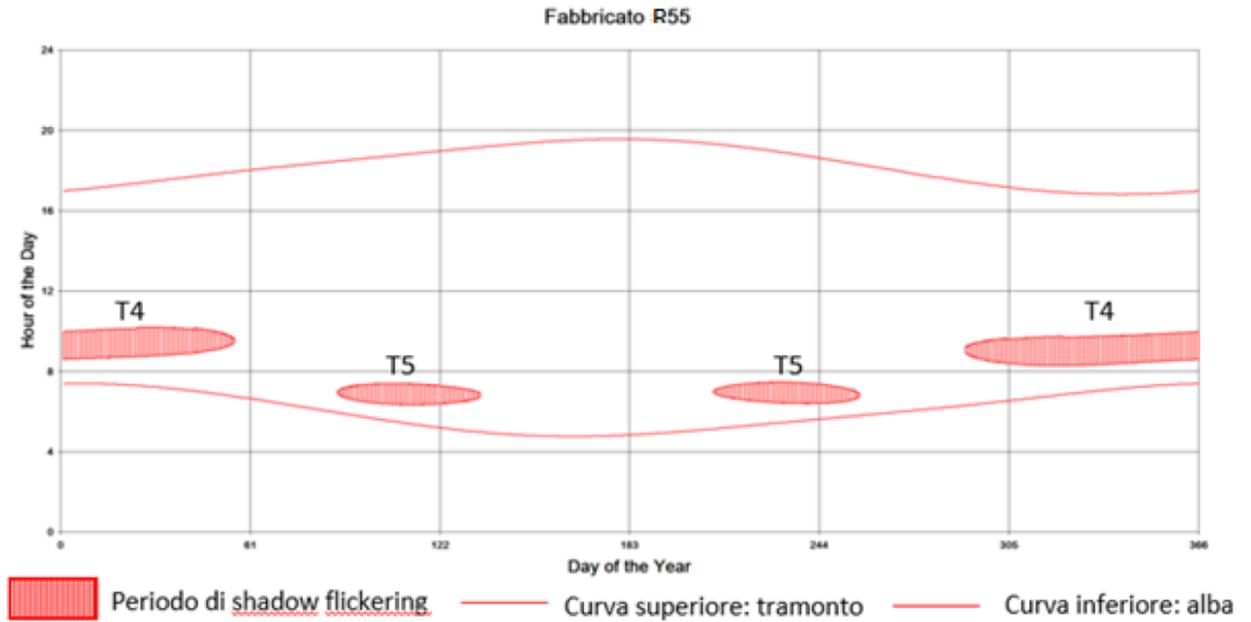
- ✓ **T6** dal 7 marzo al 9 aprile tra le 6.36 e le 7.30 e dal 2 settembre al 6 ottobre tra le 6.23 e le 7.18;
- ✓ **T8** dal 12 marzo al 28 aprile tra le 16.50 e le 18.02 e dal 13 agosto al 29 settembre tra le 16.46 e le 17.57;
- ✓ **T9** dal 2 maggio al 1 giugno tra le 18.08 e le 18.51 e dal 10 luglio al 9 agosto tra le 18.17 e le 19.01.



*Figura 3-13 Periodi di shadow flickering per il ricettore R51*

In coerenza al fabbricato precedente si riportano le Turbine che generano interferenza ed i relativi periodi temporali:

- ⇒ **T6** dal 21 gennaio al 29 marzo tra le 14.40 e le 16.17 e dal 13 settembre al 21 novembre tra le 14.13 e le 15.51;
- ⇒ **T7** dal 26 aprile al 15 agosto tra le 17.34 e le 18.34.



*Figura 3-14 Periodi di shadow flickering per il ricettore R55*

In coerenza al fabbricato precedente si riportano le Turbine che generano interferenza ed i relativi periodi temporali:

- ❖ **T4** dal 1 gennaio al 25 febbraio tra le 8.35 e le 10.11e dal 17 ottobre al 31 dicembre tra le 8.16 e le 9.58;
- ❖ **T5** dal 29 marzo al 14 maggio tra le 6.20 e le 7.23 e dal 28 luglio al 13 settembre tra le 6.23 e le 7.27.

#### **4. CONCLUSIONI**

A seguito di quanto descritto nei paragrafi precedenti si può concludere che, pur considerando una stima cautelativa, in quanto non si è tenuto conto degli effetti mitigativi dovuti al piano di rotazione delle pale non sempre ortogonale alla direttrice sole-finestra e all'eventuale presenza di ostacoli e/o vegetazione interposti tra il sole e la finestra, il fenomeno dello shadow flickering si verifica esclusivamente su trentasei fabbricati.

L'incidenza di tale fenomeno sulla qualità della vita e degli ambienti lavorativi può ritenersi trascurabile in quanto, il valore di durata simulato ed atteso del fenomeno è nella maggior parte dei casi inferiore a 30 ore l'anno e per lo più limitato ad un massimo di 80 ore annue.

Se si rapporta tale valore alle ore medie di luce nell'area che si possono avere all'anno 2628 si avrebbe un'incidenza percentuale del fenomeno mediamente pari all'1% ed al più pari al 3% solo per alcuni sporadici casi.

A tali considerazioni va altresì sottolineato che:

- la velocità di rotazione della turbina è 8,5 rotazioni al minuto, quindi nettamente inferiore a 60 rpm, frequenza massima raccomandata al fine di ridurre al minimo i fastidi e soddisfare le condizioni di benessere;
- i ricettori maggiormente interessati al fenomeno, ovvero quelli con valore di shadow flickering compreso tra le 80 e 132 ore/anno (R21, R22, R27, R51 ed R55), risultano essere edifici disabitati o con scarsa densità abitativa durante l'anno;

- le turbine in progetto che causano il fenomeno dell'ombreggiamento sono molto lontane dai recettori, essendo le distanze comprese tra 350 m e 2000 m. In tali circostanze l'effetto dell'ombra è trascurabile poiché il rapporto tra lo spessore della pala e la distanza dal recettore è molto ridotto;

*Stante tutto quanto sopra riportato è possibile concludere come l'interferenza tra la componente in esame, relativa allo shadow flickering, sui ricettori presi in considerazione possa considerarsi trascurabile.*

