

REGIONE  
CALABRIA



PROVINCIA DI  
COSENZA



Committente:

**Kosmo Wind s.r.l.**  
via Sardegna 40  
00187 Roma(RM)  
P.IVA/C.F. 16799741000

Documento:

## PROGETTO DEFINITIVO

Titolo del Progetto:

## PARCO EOLICO "SAN COSMO"

Elaborato:

### Relazione sugli impatti da shadow flickering

ID PROGETTO:	DISCIPLINA:	CAPITOLO:	TIPO:	REVISIONE:	SCALA:	FORMATO:
IT-VesScO-Gem	ENV	SM	TR	REV.0	-----	A4
NOME FILE:	IT-VesScO-Gem-ENV-SM-TR-10.a-Rev.0_Relazione sugli impatti da shadow flickering					

Progettazione:



**Ing. Claudio Coscarella**

Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	Giugno 2023	PRIMA EMISSIONE	GEMSA	GEMSA	Kosmo Wind S.r.l.

## Sommario

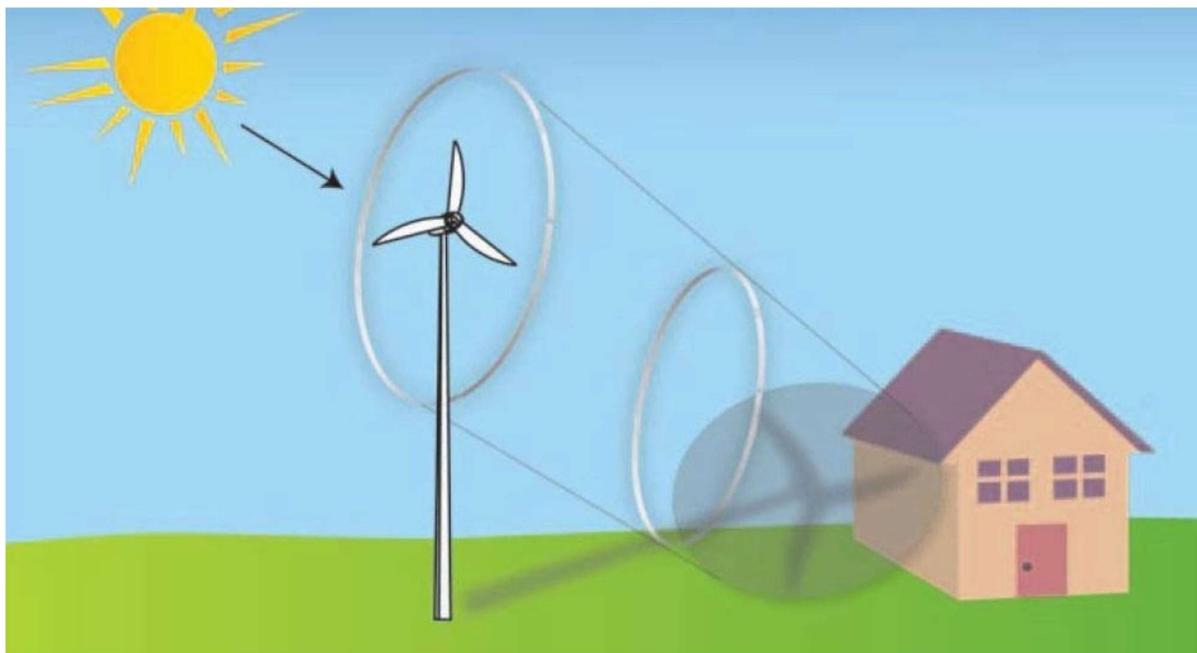
<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. MODELLO DI CALCOLO.....</b>	<b>5</b>
<b>3. ANALISI .....</b>	<b>6</b>
<b>4. DETERMINAZIONE DEI RICETTORI .....</b>	<b>7</b>
<b>5. RISULTATI .....</b>	<b>10</b>
<b>6. CONCLUSIONI.....</b>	<b>17</b>

## 1. PREMESSA

Lo “shadow flicker” (letteralmente ombreggiamento intermittente) è l’espressione comunemente impiegata per descrivere l’effetto stroboscopico delle ombre proiettate dalle pale rotanti degli aerogeneratori eolici allorché il sole si trova alle loro spalle (cfr. figura 1). Il fenomeno si traduce in una variazione alternata di intensità luminosa che, a lungo andare, può provocare fastidio agli occupanti delle abitazioni le cui finestre risultano esposte al fenomeno stesso. Il fenomeno, ovviamente, risulta assente sia quando il sole è oscurato da nuvole o nebbia, sia quando, in assenza di vento, le pale del generatore non sono in rotazione.

Le uniche linee guida che forniscono indirizzi in merito a tale fenomeno sono quelle tedesche (*Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen*” (WEA-Shattenwurf-Hinweise) che anche per il caso in esame vengono prese come riferimento.

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 a causa di continui sbalzi della tensione della rete di alimentazione elettrica.



**Fig.1 - Rappresentazione schematica del fenomeno dello shadow flicker**

I più recenti aerogeneratori tripala operano ad una velocità di rotazione inferiore ai 35 giri al minuto, corrispondente ad una frequenza di passaggio delle pale sulla verticale inferiore a 1.75 Hz, minore, quindi, della frequenza critica di 2.5 Hz. Inoltre, i generatori di grande potenza (dal MW in su) raramente superano la velocità di rotazione di 20 giri al minuto, corrispondente a frequenze di passaggio delle pale ampiamente minori di quelle ritenute fastidiose per la maggioranza degli individui.

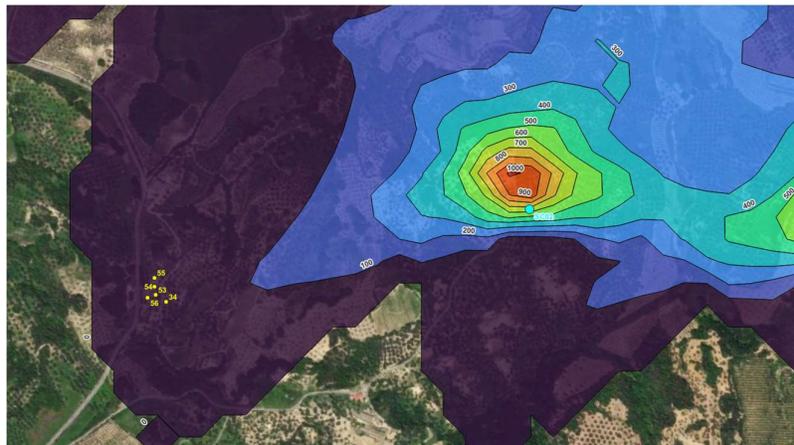
Studi condotti sui possibili effetti dello shadow flickering sulla salute umana raccomandano, al fine di ridurre al minimo i fastidi, una velocità di flickering non superiore a 3 tagli al secondo (Harding, 4 Aprile 2008). Nel

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 (abitazione), così come la direzione del vento risultano essere fattori chiave per la durata del fenomeno di shadow flicker. Per distanze dell'ordine dei 300 m, il fenomeno in esame potrebbe verificarsi all'alba oppure al tramonto, ovvero in quelle ore in cui le ombre risultano molto lunghe per effetto della piccola elevazione solare. Al di là di una certa distanza l'ombra smette di essere un problema perché il rapporto tra lo spessore della pala ed il diametro del sole diventa molto piccolo. Quindi, come è facile immaginare, la condizione più penalizzante corrisponde al caso in cui il piano del rotore risulta ortogonale alla congiungente ricettore – 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 generale, l'area soggetta a shadow flicker non si estende oltre i 1000 m dall'aerogeneratore e le zone a maggiore impatto ricadono entro i 300 m di distanza dalle macchine con durata del fenomeno dell'ordine delle 200 ore all'anno; il flickering, se presente, non supera in genere i 20/30 minuti di durata nell'arco di una giornata.

Di seguito si riporta una rappresentazione grafica del fenomeno per l'aerogeneratore SC02.



### LEGENDA

- Fabbricati soggetti ad ombreggiamento
- Aerogeneratori

### GRAFICO SHADOW FLICKERING (ore/anno)

- 0 - 100
- 100 - 200
- 200 - 300
- 300 - 400
- 400 - 500
- 500 - 600
- 600 - 700
- 700 - 800
- 800 - 900
- 900 - 1000
- 1000 +

Lo shadow flickering, se sperimentato da un ricettore per periodi di tempo prolungati, può generare un disturbo, nelle seguenti condizioni:

- presenza di un livello sufficiente di intensità luminosa, ovvero in condizioni di cielo sereno sgombro da nubi ed in assenza di nebbia e con sole alto rispetto all'orizzonte;
- assenza di ostacoli sulla congiungente ricettore – aerogeneratore: l'ombra generata dalla presenza di vegetazione e/o edifici interposti annullerebbe il fenomeno perché coprirebbe l'effetto. Quindi, condizione favorevole affinché il fenomeno in esame si verifichi, è quella rappresentata dall'orientamento perpendicolare delle finestre di un'abitazione rispetto alla linea congiungente il ricettore all'aerogeneratore in assenza di ostacoli fisici (alberi, altri edifici ecc...);
- orientamento perpendicolare del rotore rispetto alla congiungente sole – ricettore: infatti, quando il piano del rotore è perpendicolare alla linea sole–ricettore, l'ombra proiettata dalle pale risulta muoversi all'interno di un "disco" che induce un effetto non trascurabile di shadow flickering; viceversa, nel caso in cui il piano del rotore risulti essere in linea con il sole, l'ombra proiettata risulterebbe molto assottigliata e di bassa intensità per cui l'effetto di shadow flickering sarebbe del tutto trascurabile.

Inoltre, affinché lo shadow flickering abbia un'intensità non trascurabile è necessario che:

- ✓ la posizione del sole sia tale da produrre una luminosità sufficiente; tale condizione corrisponde, per la latitudine di progetto, in un'altezza del sole sull'orizzonte dell'ordine di almeno 10–15 gradi;
- ✓ le pale del rotore siano ovviamente in rotazione;
- ✓ l'aerogeneratore ed il potenziale ricettore non siano troppo distanti: infatti, le ombre proiettate in prossimità dell'aerogeneratore risultano di maggiore intensità rispetto a quelle proiettate ad una distanza crescente. Tale condizione deriva dal fatto che in presenza di un ricettore molto prossimo all'aerogeneratore, una porzione ampia di pala copre il disco solare così come osservato dal punto di vista del ricettore stesso, e, quindi, l'intensità del flicker risulta maggiormente percepibile. All'aumentare della distanza tra aerogeneratore e ricettore, le pale, durante il loro moto di rotazione, andranno a coprire una porzione sempre più piccola del disco solare, inducendo un effetto di flicker di minore intensità.

Alla luce di quanto sopra esposto, le relazioni spaziali tra un aerogeneratore ed un ricettore (abitazione), così come la direzione del vento, risultano essere fattori chiave per la durata del fenomeno di shadow flicker. In generale e in relazione alle condizioni meteorologiche medie della penisola italiana, per distanze dell'ordine dei 300 m, il fenomeno in esame potrebbe verificarsi all'alba oppure al tramonto, ovvero in quelle ore in cui le ombre risultano molto lunghe e la radiazione diretta è di minore intensità per effetto della piccola elevazione solare. Al di là di una certa distanza l'ombra smette di essere un problema perché il rapporto tra lo spessore della pala ed il diametro apparente del sole diventa molto piccolo. Quindi, come è facile immaginare, la condizione più penalizzante corrisponde al caso in cui il piano del rotore risulta ortogonale alla congiungente ricettore–sole; infatti, in tali condizioni, l'ombra proiettata darà origine ad un cerchio di

diametro pari a quello del 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. Quindi, l'area soggetta a shadow flicker non si estende oltre i 500–1000 m dall'aerogeneratore e le zone a maggiore impatto ricadono entro i 300–400 m di distanza dalle macchine con durata del fenomeno dell'ordine delle 200 ore all'anno; il flickering, se presente, non supera in genere i 20/30 minuti di durata potenziale 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 ricettore;
- l'intensità del flickering sarà minima quando l'ombra prodotta è generata all'estremità delle pale;
- Maggiori distanze tra aerogeneratore e ricettore determinano ombre meno nette; in tal caso l'effetto flickering risulterà meno intenso e distinto e alquanto irrilevante.

## **2. MODELLO DI CALCOLO**

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. Nel caso in esame il software utilizzato è il Windfarm, distribuito in Italia da Studio Rinnovabili-ReSoft Ltd e sviluppato dalla ReSoft Limited, con sede a Londra, Halcyon Close 5 – Regno Unito.

L'analisi si basa sull'impiego di un modello digitale del terreno dell'area oggetto di progettazione (DTM fornito dalla Regione Calabria con ampiezze 5x5), sulle posizioni (E, N, quota) degli aerogeneratori e dei ricettori sensibili, rientranti in un raggio di 2 Km di distanza, 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.

Lo studio dell'effetto delle ombre è stato condotto per l'intero periodo annuale. Sono stati considerati i valori di ombreggiamento medio su ciascuna area analizzata. Queste analisi hanno restituito un range di valori unitari che va da 0 a circa 100 ore di ombreggiamento annuo.

Le curve rappresentate graficamente indicano i limiti delle aree ugualmente ombreggiate in termini di ore/anno, da quella più esterna che individua un'area ombreggiata di 0 ore/anno, fino a quella più interna che rappresenta un'area ombreggiata mediamente di circa 1000 ore/anno. La rappresentazione è stata prodotta a step di 100 ore di ombreggiamento medio annuo, considerando trascurabili le aree dove risulta

un valore inferiore a 30 ore/anno, per come fissato dalle linee guida tedesche, le uniche allo stato che regolamentano il fenomeno.

Un particolare effetto considerato nell'analisi condotta, riguarda i limiti in cui l'intensità della luce diffusa si omogenea con l'ombra prodotta dall'aerogeneratore. In altre parole esiste un limite fisico, in termini di distanza dall'aerogeneratore, in cui l'ombra prodotta dallo stesso, si confonde con la bassa intensità della luce diffusa, che si sviluppa al mattino presto ed al tramonto.

### 3. ANALISI

Per ottenere le proiezioni delle ombre, si è calcolato con passo orario e per ognuno dei quattro periodi dell'anno, solstizio invernale, equinozio di primavera, solstizio d'estate ed equinozio d'autunno, l'evoluzione delle ombre delle turbine eoliche per la località di installazione degli aerogeneratori che ricadono nei Comuni di San Cosmo Albanese, Vaccarizzo Albanese e San Giorgio Albanese, tutti in Provincia di Cosenza.

Le caratteristiche considerate degli aerogeneratori in esame sono le seguenti:

Altezza massima aerogeneratore: 207 m al tip (hub= 126)
Diametro del rotore: 162 m

Le coordinate geografiche in WGS84 degli aerogeneratori sono le seguenti:

Turbina	Est (m)	Nord (m)
SC01	622531,25	4386715,07
SC02	622695,79	4384618,47
SC03	622679,18	4386161,40
SC04	622833,12	4385690,52
SC05	622049,85	4385263,15
SC06	623797,92	4385281,59
SC07	623454,75	4384549,98
SC08	625231,85	4387365,58

I risultati sono stati ottenuti attraverso i diagrammi solari, per ogni periodo dell'anno. Ottenuti altezza e angolo azimutale del sole nell'arco della giornata, si è potuta calcolare l'ombra degli aerogeneratori con la seguente relazione:

$$L=H/\tan\alpha$$

dove

L è la lunghezza dell'ombra sul piano perpendicolare all'aerogeneratore;

H altezza massima aerogeneratore;

$\alpha$  angolo d'incidenza raggi solari rispetto al piano orizzontale (altezza solare).

Per ogni aerogeneratore sono state individuate le proiezioni al suolo durante l'arco della giornata. Successivamente si è provveduto alla sovrapposizione dei quattro grafici, per ottenere l'evoluzione delle ombre degli aerogeneratori in tutti i periodi dell'anno considerati.

In questo modo, sovrapponendo tale grafico in opportuna scala sul layout dell'impianto, si può immediatamente valutare l'eventuale intersezione delle ombre con i ricettori circostanti.

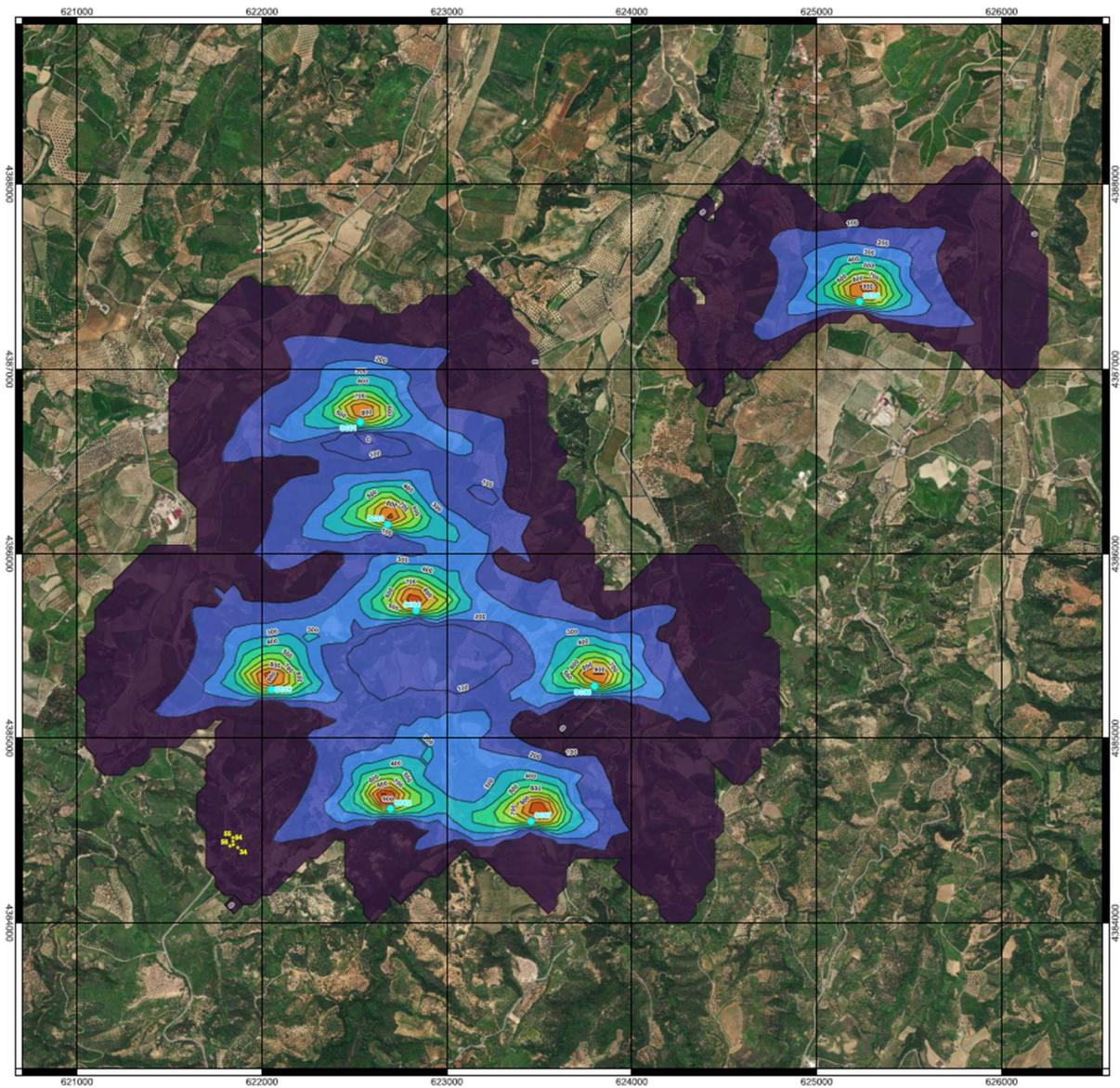
I parametri del software utilizzato (Windfarm 5), nel rispetto delle suddette linee guida tedesche, sono stati impostati nel modo seguente:

- Altezza hub: 126 m
- Diametro rotore: 162 m
- Distanza massima di influenza del fenomeno: 1000 m
- Angolo del sole sopra l'orizzonte: 3°
- Altezza dell'osservatore: 2m
- Anno di riferimento: 2023

oltre a tutti i parametri geografici riferiti all'Italia ed alla posizione degli aerogeneratori.

#### **4. DETERMINAZIONE DEI RECETTORI**

Dall'analisi del territorio circostante l'area, dopo aver eseguito diversi rilievi e sopralluoghi in sito, è stata redatta una mappa della posizione dei recettori esistenti che si trovano nelle vicinanze degli aerogeneratori. Nell'elaborato che inquadra il fenomeno dello shadow flickering, di cui di seguito si riporta uno stralcio, sono distinte con i pallini gialli le house che presentano ombreggiamenti nell'ambito di una distanza dagli aerogeneratori circoscritta ai 1000 m.



Le caratteristiche e posizioni geografiche dei recettori considerati soggetti al fenomeno in esame sono le seguenti:

id	Comune	Coordinate WGS84	
		Est	Nord
1	San Giorgio Albanese	624449,844	4384181,945
2	San Giorgio Albanese	624459,181	4384193,195
3	San Giorgio Albanese	624416,718	4384115,462
4	San Cosmo Albanese	623631,56	4386257,63
5	San Giorgio Albanese	624259,38	4385809,967
6	San Giorgio Albanese	624224,385	4385909,007
7	San Giorgio Albanese	624295,291	4385509,775
8	Vaccarizzo Albanese	623951,749	4385997,818
9	Vaccarizzo Albanese	623969,213	4385950,261

10	Vaccarizzo Albanese	623758,346	4385937,228
11	Vaccarizzo Albanese	623870,453	4386006,42
12	Vaccarizzo Albanese	623814,08	4385965,158
13	Vaccarizzo Albanese	623887,636	4386038,912
14	Vaccarizzo Albanese	623916,011	4385994,806
15	Vaccarizzo Albanese	623871,291	4385948,581
16	San Giorgio Albanese	624487,99	4384541,567
17	San Giorgio Albanese	624399,769	4387637,544
18	San Giorgio Albanese	624429,399	4387645,832
19	San Giorgio Albanese	624416,533	4387814,461
20	San Giorgio Albanese	624437,137	4387827,68
21	San Giorgio Albanese	624438,41	4387862,386
22	San Giorgio Albanese	625023,791	4387854,305
23	San Giorgio Albanese	624972,236	4387941,702
24	San Giorgio Albanese	625835,258	4387558,848
25	San Giorgio Albanese	625811,735	4387621,886
26	San Giorgio Albanese	625417,102	4386552,13
27	San Giorgio Albanese	625493,364	4386659,203
28	San Giorgio Albanese	625603,859	4386754,621
29	San Giorgio Albanese	625646,478	4386739,926
30	San Giorgio Albanese	625647,291	4386772,316
31	San Giorgio Albanese	625583,416	4386801,719
32	San Giorgio Albanese	624930,395	4386415,076
33	San Giorgio Albanese	625064,354	4386421,416
34	San Giorgio Albanese	625832,814	4386399,15
35	San Giorgio Albanese	625828,205	4386263,422
36	San Giorgio Albanese	625827,802	4386199,883
37	San Giorgio Albanese	625845,089	4386181,246
38	San Cosmo Albanese	622308,276	4384191,113
39	San Cosmo Albanese	621869,472	4384408,755
40	San Giorgio Albanese	625052,391	4385611,217
41	San Giorgio Albanese	625045,281	4385597,211
42	San Giorgio Albanese	625406,479	4386211,789
43	San Giorgio Albanese	625438,171	4386245,319
44	San Giorgio Albanese	625307,036	4386089,051
45	San Giorgio Albanese	625291,742	4386184,068
46	San Giorgio Albanese	625315,942	4386172,034
47	San Giorgio Albanese	625278,075	4386256,842
48	San Giorgio Albanese	624243,516	4386923,667
49	Corigliano-Rossano	621819,61	4387217,564
50	Corigliano-Rossano	621778,993	4387170,751
51	San Cosmo Albanese	622298,281	4384192,014
52	Corigliano-Rossano	621847,082	4387242,452
53	Corigliano-Rossano	621739,353	4387123,379
54	Corigliano-Rossano	621718,086	4387094,362
55	Corigliano-Rossano	621641,515	4387008,154
56	Corigliano-Rossano	621694,236	4386985,634
57	San Demetrio Corone	621508,122	4386766,633
58	San Cosmo Albanese	621845,092	4384424,721
59	San Cosmo Albanese	621843,446	4384442,688
60	San Cosmo Albanese	621843,346	4384462,600
61	San Cosmo Albanese	621827,159	4384417,904
62	San Giorgio Albanese	625570,072	4386843,242

63	Corigliano-Rossano	625874,936	4388169,605
64	San Giorgio Albanese	626035,459	4388567,327
65	Corigliano-Rossano	622485,808	4388022,973
66	San Demetrio Corone	621271,477	4385273,296
67	San Cosmo Albanese	622179,47	4385865,71
68	San Giorgio Albanese	624583,943	4386329,212

## 5. RISULTATI

La frequenza dello shadow flickering è correlata alla velocità di rotazione del rotore; le frequenze tipiche per le macchine considerate nel presente progetto sono dell'ordine di 0.7÷1.5 Hz (circa un passaggio al secondo). In termini di impatto sulla popolazione, tali frequenze sono innocue; basti pensare che le lampade stroboscopiche, largamente impiegate nelle discoteche, producono frequenze comprese tra 5 e 10 Hz. Inoltre, a livello internazionale, è universalmente accettato che frequenze inferiori a 10 Hz non hanno alcuna correlazione con attacchi di natura epilettica.

Inoltre, alla luce di quanto descritto nel paragrafo precedente, nel caso in esame, dalle informazioni derivanti dagli strumenti urbanistici e di pianificazione vigenti, dalla banca dati catastale, dal sopralluogo finalizzato a valutare l'effettiva destinazione d'uso, lo stato di conservazione, la presenza di requisiti minimi di abitabilità o possibilità di permanenza di attività umana, si evince che per la maggior parte dei fabbricati censiti (evidenziati in blu nell'elaborato *Mappa di potenziale interferenza da shadow flickering*), vista la presenza discontinua se non nulla di persone, gli impatti da shadow flickering sono da ritenersi pressoché irrilevante. I restanti fabbricati, non presi in considerazione, sono costituiti da ruderi, fabbricati collabenti o depositi agricoli.

Tra i recettori suelencati, individuati nella tabella del paragrafo 4, gli unici a ricadere in aree esposte allo shadow flicker sono gli immobili identificati con i codici 34, 53, 54, 55 e 56; tutti gli altri recettori individuati non risultano soggetti ad ombreggiamento o per distanza dagli aerogeneratori superiore ai 1000 m o per effettivo ombreggiamento nullo.

Si riportano di seguito le ore degli eventi di shadow flickering per gli immobili evidenziati nella tabella precedente in relazione agli aerogeneratori ed alle finestre esposte.

**RIEPILOGO DEI TEMPI DI OMBREGGIAMENTO PER SINGOLA FINESTRA DI OGNI CASA PER TUTTE LE TURBINE**

Casa/Finestra	Coordinate WGS84		Larghezza	Profondità	Altezza	Giorni per anno (d/a)	Max ore per giorno (h/g)	Ore medie per giorno (h/g)	Ore totali (h/a)
	EST	NORD							
1/ 1	624449	4384181	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
1/ 2	624449	4384181	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
2/ 1	624459	4384193	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
2/ 2	624459	4384193	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
3/ 1	624416	4384115	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
3/ 2	624416	4384115	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
4/ 1	623631	4386257	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
4/ 2	623631	4386257	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
5/ 1	624259	4385809	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
5/ 2	624259	4385809	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
6/ 1	624224	4385909	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
6/ 2	624224	4385909	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
7/ 1	624295	4385509	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
7/ 2	624295	4385509	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
8/ 1	623951	4385997	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
8/ 2	623951	4385997	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
9/ 1	623969	4385950	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
9/ 2	623969	4385950	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
10/ 1	623758	4385937	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
10/ 2	623758	4385937	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
11/ 1	623870	4386006	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
11/ 2	623870	4386006	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
12/ 1	623814	4385965	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
12/ 2	623814	4385965	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
13/ 1	623887	4386038	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
13/ 2	623887	4386038	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
14/ 1	623916	4385994	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
14/ 2	623916	4385994	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
15/ 1	623871	4385948	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
15/ 2	623871	4385948	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
16/ 1	624487	4384541	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
16/ 2	624487	4384541	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
17/ 1	624399	4387637	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
17/ 2	624399	4387637	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
18/ 1	624429	4387645	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
18/ 2	624429	4387645	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
19/ 1	624416	4387814	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
19/ 2	624416	4387814	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
20/ 1	624437	4387827	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
20/ 2	624437	4387827	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
21/ 1	624438	4387862	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
21/ 2	624438	4387862	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
22/ 1	625023	4387854	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
22/ 2	625023	4387854	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
23/ 1	624972	4387941	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
23/ 2	624972	4387941	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
24/ 1	625835	4387558	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
24/ 2	625835	4387558	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
25/ 1	625811	4387621	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
25/ 2	625811	4387621	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
26/ 1	625417	4386552	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
26/ 2	625417	4386552	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
27/ 1	625493	4386659	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
27/ 2	625493	4386659	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
28/ 1	625603	4386754	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
28/ 2	625603	4386754	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
29/ 1	625646	4386739	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
29/ 2	625646	4386739	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0

**RIEPILOGO DEI TEMPI DI OMBREGGIAMENTO PER SINGOLA FINESTRA DI OGNI CASA PER TUTTE LE TURBINE**

Casa/Finestra	Coordinate WGS84		Larghezza	Profondità	Altezza	Giorni per anno (d/a)	Max ore per giorno (h/g)	Ore medie per giorno (h/g)	Ore totali (h/a)
	EST	NORD							
30/ 1	625583	4386801	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
30/ 2	625583	4386801	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
31/ 1	624930	4386415	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
31/ 2	624930	4386415	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
32/ 1	625845	4386181	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
32/ 2	625845	4386181	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
33/ 1	622308	4384191	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
33/ 2	622308	4384191	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
34/ 1	621869	4384408	1.0	1.0	1.5	87	0.79	0.60	52.2
34/ 2	621869	4384408	1.0	1.0	1.5	87	0.79	0.60	52.2
35/ 1	625052	4385611	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
35/ 2	625052	4385611	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
36/ 1	625045	4385597	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
36/ 2	625045	4385597	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
37/ 1	625406	4386211	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
37/ 2	625406	4386211	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
38/ 1	625438	4386245	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
38/ 2	625438	4386245	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
39/ 1	625307	4386089	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
39/ 2	625307	4386089	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
40/ 1	625291	4386184	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
40/ 2	625291	4386184	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
41/ 1	625315	4386172	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
41/ 2	625315	4386172	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
42/ 1	625278	4386256	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
42/ 2	625278	4386256	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
43/ 1	624243	4386923	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
43/ 2	624243	4386923	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
44/ 1	621819	4387217	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
44/ 2	621819	4387217	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
45/ 1	621778	4387170	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
45/ 2	621778	4387170	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
46/ 1	622298	4384192	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
46/ 2	622298	4384192	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
47/ 1	621847	4387242	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
47/ 2	621847	4387242	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
48/ 1	621739	4387123	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
48/ 2	621739	4387123	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
49/ 1	621718	4387094	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
49/ 2	621718	4387094	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
50/ 1	621641	4387008	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
50/ 2	621641	4387008	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
51/ 1	621694	4386985	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
51/ 2	621694	4386985	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
52/ 1	621508	4386766	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
52/ 2	621508	4386766	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
53/ 1	621845	4384424	1.0	1.0	1.5	77	0.77	0.59	45.2
53/ 2	621845	4384424	1.0	1.0	1.5	77	0.77	0.59	45.2
54/ 1	621843	4384442	1.0	1.0	1.5	74	0.76	0.59	43.3
54/ 2	621843	4384442	1.0	1.0	1.5	74	0.76	0.59	43.3
55/ 1	621843	4384462	1.0	1.0	1.5	69	0.76	0.60	41.5
55/ 2	621843	4384462	1.0	1.0	1.5	69	0.76	0.60	41.5
56/ 1	621827	4384417	1.0	1.0	1.5	74	0.75	0.58	43.1
56/ 2	621827	4384417	1.0	1.0	1.5	74	0.75	0.58	43.1
57/ 1	625570	4386843	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
57/ 2	625570	4386843	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
58/ 1	625874	4388169	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
58/ 2	625874	4388169	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0

**RIEPILOGO DEI TEMPI DI OMBREGGIAMENTO PER SINGOLA FINESTRA DI OGNI CASA PER TUTTE LE TURBINE**

Casa/Finestra	Coordinate WGS84		Larghezza	Profondità	Altezza	Giorni per anno (d/a)	Max ore per giorno (h/g)	Ore medie per giorno (h/g)	Ore totali (h/a)
	EST	NORD							
59/ 1	626035	4388567	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
59/ 2	626035	4388567	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
60/ 1	622485	4388022	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
60/ 2	622485	4388022	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
61/ 1	621271	4385273	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
61/ 2	621271	4385273	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
62/ 1	622179	4385865	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
62/ 2	622179	4385865	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
63/ 1	624583	4386329	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
63/ 2	624583	4386329	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
64/ 1	626035	4388567	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
64/ 2	626035	4388567	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
65/ 1	622485	4388022	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
65/ 2	622485	4388022	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
66/ 1	621271	4385273	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
66/ 2	621271	4385273	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
67/ 1	622179	4385865	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
67/ 2	622179	4385865	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
68/ 1	624583	4386329	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0
68/ 2	624583	4386329	1.0	1.0	1.5	0	0.00	0.00	0.0

**RIEPILOGO DEI TEMPI DI OMBREGGIAMENTO PER SINGOLA CASA DA TUTTE LE TURBINE**

id Immobile	Coordinate WGS84		Giorni per anno (d/a)	Max ore per giorno (h/g)	Ore medie per giorno (h/g)	Ore totali (h/a)
	EST	NORD				
1	624449	4384181	0	0.00	0.00	0.0
2	624459	4384193	0	0.00	0.00	0.0
3	624416	4384115	0	0.00	0.00	0.0
4	623631	4386257	0	0.00	0.00	0.0
5	624259	4385809	0	0.00	0.00	0.0
6	624224	4385909	0	0.00	0.00	0.0
7	624295	4385509	0	0.00	0.00	0.0
8	623951	4385997	0	0.00	0.00	0.0
9	623969	4385950	0	0.00	0.00	0.0
10	623758	4385937	0	0.00	0.00	0.0
11	623870	4386006	0	0.00	0.00	0.0
12	623814	4385965	0	0.00	0.00	0.0
13	623887	4386038	0	0.00	0.00	0.0
14	623916	4385994	0	0.00	0.00	0.0
15	623871	4385948	0	0.00	0.00	0.0
16	624487	4384541	0	0.00	0.00	0.0
17	624399	4387637	0	0.00	0.00	0.0
18	624429	4387645	0	0.00	0.00	0.0
19	624416	4387814	0	0.00	0.00	0.0
20	624437	4387827	0	0.00	0.00	0.0
21	624438	4387862	0	0.00	0.00	0.0
22	625023	4387854	0	0.00	0.00	0.0
23	624972	4387941	0	0.00	0.00	0.0
24	625835	4387558	0	0.00	0.00	0.0
25	625811	4387621	0	0.00	0.00	0.0
26	625417	4386552	0	0.00	0.00	0.0
27	625493	4386659	0	0.00	0.00	0.0
28	625603	4386754	0	0.00	0.00	0.0
29	625646	4386739	0	0.00	0.00	0.0
30	625583	4386801	0	0.00	0.00	0.0
31	624930	4386415	0	0.00	0.00	0.0
32	625845	4386181	0	0.00	0.00	0.0
33	622308	4384191	0	0.00	0.00	0.0
34	621869	4384408	87	0.79	0.60	52.2
35	625052	4385611	0	0.00	0.00	0.0
36	625045	4385597	0	0.00	0.00	0.0
37	625406	4386211	0	0.00	0.00	0.0
38	625438	4386245	0	0.00	0.00	0.0
39	625307	4386089	0	0.00	0.00	0.0
40	625291	4386184	0	0.00	0.00	0.0
41	625315	4386172	0	0.00	0.00	0.0
42	625278	4386256	0	0.00	0.00	0.0
43	624243	4386923	0	0.00	0.00	0.0

**RIEPILOGO DEI TEMPI DI OMBREGGIAMENTO PER SINGOLA CASA DA TUTTE LE TURBINE**

id Immobile	Coordinate WGS84		Giorni per anno (d/a)	Max ore per giorno (h/g)	Ore medie per giorno (h/g)	Ore totali (h/a)
	EST	NORD				
44	621819	4387217	0	0.00	0.00	0.0
45	621778	4387170	0	0.00	0.00	0.0
46	622298	4384192	0	0.00	0.00	0.0
47	621847	4387242	0	0.00	0.00	0.0
48	621739	4387123	0	0.00	0.00	0.0
49	621718	4387094	0	0.00	0.00	0.0
50	621641	4387008	0	0.00	0.00	0.0
51	621694	4386985	0	0.00	0.00	0.0
52	621508	4386766	0	0.00	0.00	0.0
53	621845	4384424	77	0.77	0.59	45.2
54	621843	4384442	74	0.76	0.59	43.3
55	621843	4384462	69	0.76	0.60	41.5
56	621827	4384417	74	0.75	0.58	43.1
57	625570	4386843	0	0.00	0.00	0.0
58	625874	4388169	0	0.00	0.00	0.0
59	626035	4388567	0	0.00	0.00	0.0
60	622485	4388022	0	0.00	0.00	0.0
61	621271	4385273	0	0.00	0.00	0.0
62	622179	4385865	0	0.00	0.00	0.0
63	624583	4386329	0	0.00	0.00	0.0
64	626035	4388567	0	0.00	0.00	0.0
65	622485	4388022	0	0.00	0.00	0.0
66	621271	4385273	0	0.00	0.00	0.0
67	622179	4385865	0	0.00	0.00	0.0
68	624583	4386329	0	0.00	0.00	0.0

**RIEPILOGO DEI TEMPI DI OMBREGGIAMENTO PER SINGOLA TURBINA**

<b>Turbine</b>	<b>Coordinate WGS84</b>		<b>Giorni per anno (d/a)</b>	<b>Max ore per giorno (h/g)</b>	<b>Ore medie per giorno (h/g)</b>	<b>Ore totali (h/a)</b>
	<b>EST</b>	<b>NORD</b>				
1	622531	4386715	0	0.00	0.00	0.0
2	622695	4384618	105	0.88	0.66	68.8
3	622679	4386161	0	0.00	0.00	0.0
4	622833	4385690	0	0.00	0.00	0.0
5	622049	4385263	0	0.00	0.00	0.0
6	623797	4385281	0	0.00	0.00	0.0
7	623454	4384549	0	0.00	0.00	0.0
8	625231	4387365	0	0.00	0.00	0.0

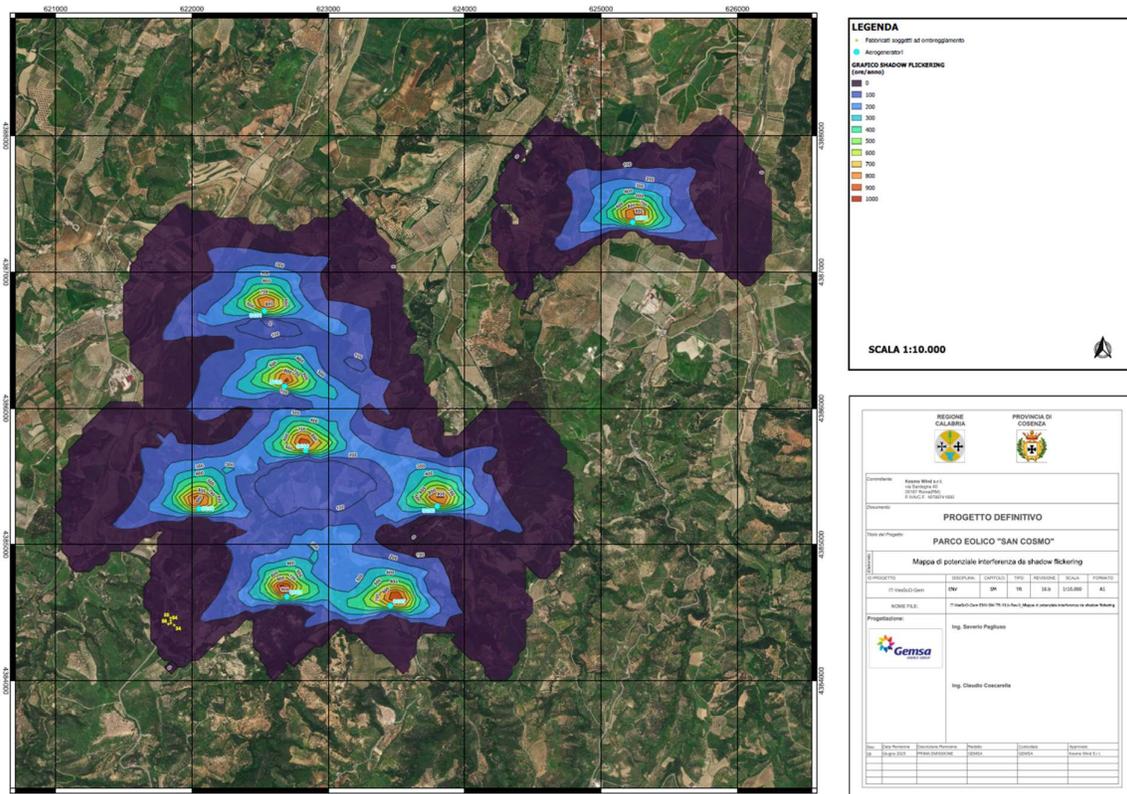
## 6. CONCLUSIONI

Dallo studio effettuato sulle ombre prodotte dagli aerogeneratori durante l'anno e in particolare nei quattro periodi più significativi (solstizio d'inverno, equinozio di primavera, solstizio d'estate ed equinozio d'autunno) emergono condizioni che danno luogo a lievissimi effetti di Shadow Flickering nelle zone circostanti l'impianto.

L'analisi condotta sull'effetto delle ombre nei punti sensibili in prossimità dell'area di impianto permette di osservare che:

- gli aerogeneratori non proietteranno ombra su abitazioni residenziali al di sopra delle 30 ore annue ad eccezione degli immobili identificati con i codici: 34, 53, 54, 55 e 56, per i quali gli effetti sono estremamente limitati poiché posizionati a ben oltre i 300 m in cui il fenomeno può avere effetti (l'immobile più vicino risulta quello identificato con il codice 7 e risulta ubicato a circa 850 m di distanza dall'aerogeneratore denominato SC02). Inoltre sono tutti immobili che presentano alberi e altri locali nelle immediate vicinanze che limitano o eliminano l'effetto shadow flickering.
- le ombre generate potrebbero interessare marginalmente i recettori individuati solo durante le prime e ultime ore del giorno con intensità della luce molto debole.

Qualora strettamente necessario, la piantumazione di barriere sempreverdi può comunque essere utilizzata per ridurre ulteriormente e/o annullare il fenomeno in oggetto che comunque si ribadisce essere pressoché ininfluente.



Stralcio Elaborato Carta degli impatti da Shadow Flickering

Si conclude che, l'ubicazione prescelta per gli aerogeneratori non provoca effetti significativi di Shadow Flickering nei punti sensibili evidenziati.

Inoltre considerando la velocità massima di rotazione degli aerogeneratori 12,1 rpm (giri minuto), corrispondenti a circa 0,6 Hz (circa un passaggio ogni due secondi), in termini di impatto sulla popolazione, e la scarsa luminosità dei brevi periodi di ombreggiamento, tali fenomeni sono da ritenersi innocui e privi di alcun effetto sulla salute delle persone.