



# REGIONE CAMPANIA

Comune principale impianto



COMUNE DI VALVA  
PROVINCIA DI SALERNO

Opere connesse



COMUNE DI CALABRITTO  
PROVINCIA DI AVELLINO



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA, AI SENSI DEL D.LGS N. 387 DEL 2003, COMPOSTO DA N° 7 AEROGENERATORI, PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 30,1 MW, SITO NEL COMUNE DI VALVA (SA) E OPERE CONNESSE NEL COMUNE DI CALABRITTO (AV)

COD. INTERNO

DESCRIZIONE

EO-VAL-PD-SIA-08

STUDIO EVOLUZIONE DELL'OMBRA  
(SHADOW FLICKERING)

PROGETTAZIONE:



80128 Napol - via San Giacomo dei Capri, 38  
Tel/Fax 081.5797998 E-mail: inse.srl@virgilio.it



REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	REVISIONE
Dott. M. Angioletti	P.e. F. Di Maso	Ing. N. Galdiero	Revisione 0
			DATA
			02/2020

# Shadow flickering

---

## *Indice*

1	Introduzione allo shadow flickering.....	2
2	Principali parametri richiesti per il calcolo dello shadow flickering e software utilizzati.....	4
3	Aspetti normativi per il calcolo dello Shadow Flickering .....	5
4	Modello calcolo degli effetti di Shadow Flickering del parco eolico di Conza della Campania.....	7
5	Individuazione dei recettori sensibili.....	9
6	Risultati delle elaborazioni e conclusioni.....	11
7	Conclusioni.....	14

## 1 Introduzione allo shadow flickering

Lo shadow flickering (letteralmente ombreggiamento intermittente) è l'espressione comunemente impegnata per descrivere l'effetto stroboscopico causato dal passaggio delle pale di una o più turbine eoliche attraverso i raggi del sole rispetto a recettori sensibili posti nelle loro immediate vicinanze. Il periodico cambiamento dell'intensità della luce in prossimità dei recettori sensibili deve essere calcolato in modo da determinare il potenziale periodo di ombreggiamento generato dalle turbine. Il fenomeno generato si traduce in una variazione alternativa dell'intensità luminosa, che a lungo andare, può provocare fastidio agli occupanti delle abitazioni, in seguito recettori, le cui finestre risultino esposte al fenomeno.

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, in particolare le frequenze che possono provocare un senso di fastidio sono comprese tra i 2.5Hz ed i 20Hz (Verkujlen and Westra,1984). A tal proposito è utile sottolineare, che i più recenti aerogeneratori tripala operano con un velocità di rotazione inferiore ai 35giri al minuto (rpm), corrispondente ad una frequenza di passaggio delle pale sulla verticale inferiore a 1.7 Hz, quindi minore della frequenza critica dei 2.5Hz.

Nella fattispecie i generatori utilizzati raggiungono una velocità di rotazione massima di 14rpm quindi ampiamente inferiore di quelle ritenute fastidiose per la maggioranza degli individui.

La lunghezza dell'ombra, generata dal passaggio delle pale attraverso i raggi del sole, dipende non solo dall'altitudine, ma dalla posizione del sole.

Sebbene il fenomeno possa essere percepito anche all'esterno dalle abitazioni, esso risulta evidente e fastidioso in quegli ambienti con finestre rivolte verso le ombre. 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 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 recettore.
- 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 risulterà meno intenso e distinto.
- La presenza di schermature locali (come alberi interposti tra il recettore e la sorgente d'ombra) favorisce una diminuzione dell'effetto.

Il calcolo del potenziale periodo di ombreggiamento consiste nel determinare, attraverso software specifici, *le ore di intermittenza annue* cui ciascun recettore è sottoposto. Queste informazioni possono essere utilizzate per progettare e gestire la centrale eolica in modo da ridurre al minimo il disturbo causato alle persone.

Le condizioni per cui si formi l'ombra, e il recettore sia interessato da quest'ultima sono mostrate in Figura 1. Da questa figura si evince che, affinché il recettore sia interessato dall'ombra, si necessita che quest'ultimo abbia una finestra in direzione del campo eolico, il sole sia relativamente basso nel cielo e soprattutto lo stesso si trovi posizionato a valle dell'asse sole turbina.

L'analisi dello studio dell'ombreggiamento dei parchi eolici ha lo scopo di ridurre al minimo il disturbo causato dalle turbine ai recettori sensibili e consente di fornire al controller delle turbine o allo SCADA system la data e le ore in cui lo shadow flicker si manifesta così da poter, in casi particolarmente disagiati, fermare le turbine durante l'acutizzarsi del fenomeno.

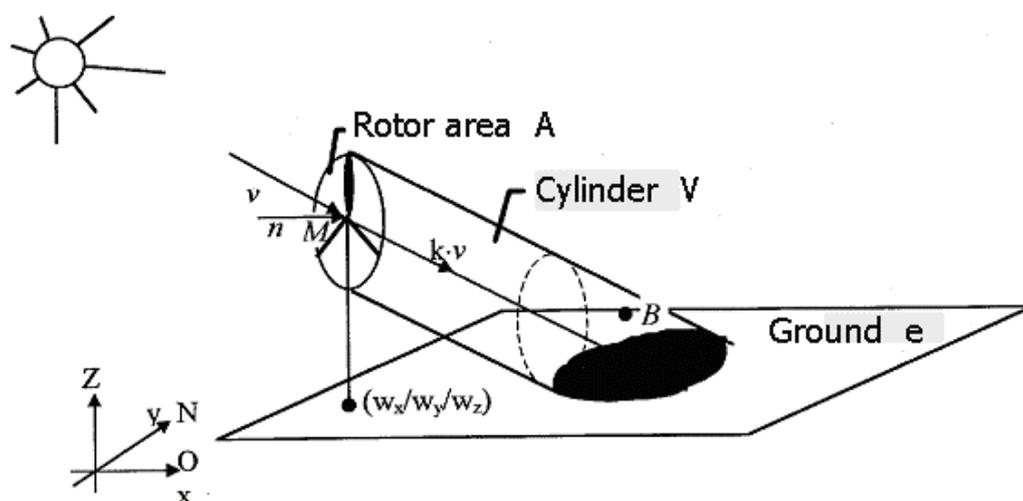
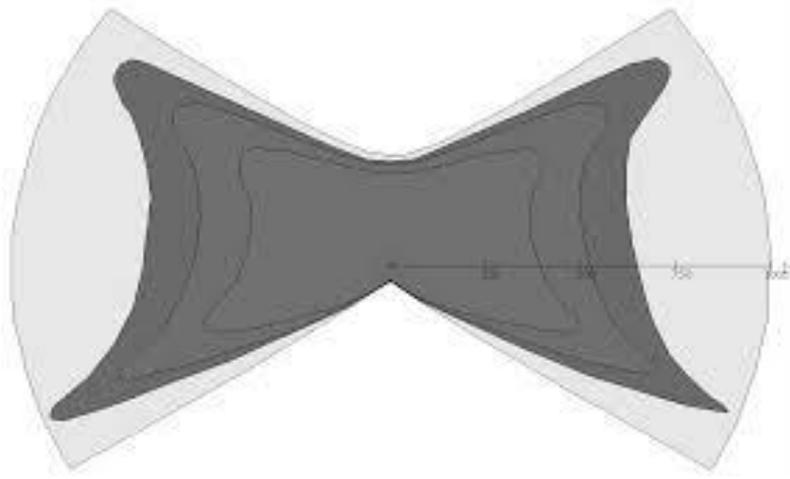


Figura 1 - Formazione dell'ombra sul terreno

La figura successiva riporta l'evoluzione annuale dell'ombra di una turbina considerando il caso peggiore, che si manifesta nel momento in cui una pala sia sempre in rotazione intorno al mozzo, e orientate sempre ortogonalmente al sole durante la sua evoluzione giornaliera. Come si può evincere dal grafico, le ore annue di ombra sono sempre minori con l'aumentare della distanza dalla torre secondo una particolare geometria dettata dalla posizione geografica; da osservare che l'ombra arriva a proiettarsi anche sino ad una distanza di 1000m, anche se solo per pochi minuti all'anno.



**Figura 2 - Evoluzione annuale tipo dell'ombra di una pala**

## **2 Principali parametri richiesti per il calcolo dello shadow flickering e software utilizzati**

I pacchetti software impegnati per la progettazione di un parco eolico contengono moduli specifici per il calcolo e l'analisi del fenomeno di flickering. I parametri principali richiesti dai modelli di calcolo per la determinazione degli effetti dovuti allo shadow -flickering del parco eolico sono:

1. La posizione delle turbine (coordinate  $x, y, z$ );
2. L'altezza al mozzo e il diametro del rotore della turbina scelta;
3. La posizione dei recettori sensibili (coordinate  $x, y, z$ );
4. Le dimensioni delle finestre dei recettori ed il loro orientamento;
5. L'orientamento rispetto al sud e l'angolo di tilt delle finestre dei recettori;
6. La posizione geografica (latitudine e longitudine), il fuso orario e l'ora legale della zona di interesse;
7. Un modello di simulazione contenente informazioni riguardo l'orbita della terra e la rotazione rispetto al sole;
8. Statistica di probabilità mensile di presenza del sole;
9. Un modello digitale del terreno;
10. L'angolo minimo del sole rispetto all'orizzonte da cui calcolare l'ombreggiamento;
11. La distanza massima di estensione dell'ombra dietro la turbina;
12. Percentuale di copertura del sole dalla pala;
13. Intervallo di tempo per il calcolo dell'ombreggiamento;
14. Scelta della rappresentazione del sole come "punto" o come "disco";

Questi parametri vengono usati per determinare l'accuratezza del calcolo e/o per specificare alcune restrizioni ai calcoli nel caso dei parametri relativi ai recettori.

I software utilizzati per il calcolo dello shadow -flickering possono essere svariati.

Per questo studio viene considerato il software WindFarmer di Garrad Hassan and Partners Ltd. Questo software, tramite il modulo “*intermittenza dell'ombra*”, consente di creare mappe per l'intermittenza dell'ombra e di analizzare l'intermittenza in punti specifici (recettori) attraverso la generazione di isolinee. Inoltre il software genera un *calendario* per ogni specifico recettore, il quale indica tra i vari parametri l'esatto giorno e l'ora in cui il recettore sarà interessato dal massimo ombreggiamento.

La procedura di calcolo dell'intermittenza dell'ombra impostata come *predefinita*, assume che il sole possa essere approssimato come un punto. E' possibile selezionare l'opzione per modellare il sole come un disco. Questo caso peggiorativo, porta ad un numero di eventi di intermittenza d'ombra più alto, specialmente vicino alle turbine.

Nel presente studio verrà analizzato per primo il **worst-case** (il caso peggiore) impostando tutti i parametri del software su tale condizione. Il caso peggiore si ottiene considerando innanzitutto assimilando **il rotore** ad una vera e propria sfera con un off-set tra asse e rotore, **il sole** come disco e con l'asse del rotore allineato col sole e col punto recettore. Statisticamente questa potrebbe non essere la migliore rappresentazione della realtà, in quanto la distribuzione del vento, nei diversi settori della rosa dei venti, fa sì che il rotore non sia sempre orientato in corrispondenza dei recettori e soprattutto non sia sempre in movimento. Tali aspetti ci posizionano in un caso ideale di massima sicurezza ma comunque mai verificabile date le variazioni costanti della direzione del vento e le variazioni di velocità e calma della turbina nell'arco di una singola giornata ed ora.

### 3 Aspetti normativi per il calcolo dello Shadow Flickering

Il presente documento si riferisce al progetto di un parco eolico Comune di Conza della Campania nel territorio della Regione Campania, in provincia di Avellino. La normativa Regionale in materia di calcolo dell'ombreggiamento provocato da turbine eoliche risulta essere estremamente carente.

Se ci riferissimo all'Europa, ad oggi, solo la Germania ha emesso dettagliate linee guida contenenti limiti e condizioni per il calcolo dell'impatto derivante dallo Shadow Flickering.

Le linee guida Tedesche fissano i parametri per il calcolo dell'ombreggiamento, come di seguito riportati:

- L'angolo minimo del sole rispetto all'orizzonte da cui calcolare l'ombreggiamento deve essere pari a 3°;
- La percentuale di copertura del sole dalla pala deve essere almeno del 20%;

Inoltre vengono definiti, anche i valori limite espressi in ore/anno di ombreggiamento presso un recettore prossimo ad una centrale eolica:

- Massimo 30 ore/annue di massima ombra astronomica (caso peggiore);
- Massimo 30 min/giorno di massima ombra astronomica (caso peggiore);
- Se si utilizza una regolazione automatica sono previste come impatto d'ombra massimo 8 ore/annue;

Pertanto, anche nel caso del calcolo in esame, affinché sia possibile effettuare uno studio dello Shadow Flickering abbastanza preciso, la normativa italiana dovrebbe fornire i seguenti parametri principali:

- L'angolo minimo del sole rispetto all'orizzonte da cui calcolare l'ombreggiamento;
- La distanza limite fino a cui calcolare l'ombreggiamento dalla turbina;
- Percentuale di copertura del sole dalla pala;
- Intervallo di tempo per il calcolo dell'ombreggiamento;

Sulla base di quanto descritto, si evidenzia la carenza della Normativa Italiana e, nel caso in esame, per la definizione dei parametri necessari al calcolo dell'ombreggiamento.

Il presente studio prenderà in considerazione il lay-out di un impianto da installare nel comune di Valva (SA) con turbine da 136m di diametro ed un'altezza al mozzo di 82m del tipo Vestas V136.

Di seguito si riportano le coordinate in WGS-84 dei singoli aerogeneratori:

ID	EST	NORD
WTG 01	520975.65	4514423.94
WTG 02	521440.23	4513885.75
WTG 03	520745.02	4513330.25
WTG 04	520578.80	4511606.91
WTG 05	520874.37	4510525.84
WTG 06	520989.77	4509446.23
WTG 07	520715.82	4508916.53

**Tabella 1 – Coordinate in WGS-84 degli aerogeneratori**

Pertanto, per lo studio dell'effetto di ombreggiamento si utilizzeranno i parametri definiti dal metodo di calcolo tedesco, che oltretutto, come spiegato successivamente in dettaglio, risultano essere tra i più restrittivi che si possano considerare.

In ogni caso può considerarsi pienamente accettabile come valore limite di ore/anno di ombreggiamento, un valore massimo di 30 ore di ombreggiamento presso un singolo ricettore, tale da non arrecare alcun disturbo.

## 4 Modello calcolo degli effetti di Shadow Flickering del parco eolico di Conza della Campania

La presente relazione è stata redatta con lo scopo di analizzare l'effetto flickering indotto dall' aerogeneratore sui singoli recettori, rappresentati dai nuclei abitativi o dalle singole abitazioni.

Il calcolo degli effetti di shadow flickering per il parco eolico, è stato condotto grazie all'utilizzo del software WindFarmer di Garrad Hassan. Il modulo che ha permesso il calcolo è 'Intermittenza dell'ombra'.

L'analisi si basa sull'impegno di un modello digitale del terreno per la simulazione dell'orografia del suolo.

I parametri utilizzati per il calcolo e inseriti nel software sono:

1. Angolo minimo del sole rispetto all'orizzonte da cui calcolare l'ombreggiamento =  $3^\circ$
2. Distanza limite fino a cui calcolare l'ombreggiamento dalla turbina = 1000m.
3. Percentuale di copertura minima del sole dalla pala = 20%
4. Intervallo di tempo per il calcolo dell'ombreggiamento = 1 minuto
5. Statistica di probabilità mensile di presenza di sole dedotta (descritta in seguito)
6. Modello DTM del terreno
7. Modello delle turbine

In relazione al punto 1 il valore di  $3^\circ$  è stato desunto da bibliografia e risulta anche essere il parametro di default impostato dal software, nonché il dato imposto dalle legge Tedesca. Si usa in genere questo valore poiché per angoli inferiori la luce, dovendo passare attraverso più atmosfera, diventa molto diffusa e non riesce quindi a formare un'ombra. Il parametro risulta molto restrittivo ai fini del calcolo.

In relazione al punto 2 la scelta di considerare un valore di 1000m è stata fatta prendendo spunto dalle Linee guida Tedesche, che come da bibliografia, riportano che ad una distanza massima di 2 Km, in piano, gli effetti dell'ombreggiamento risultano trascurabili. Questa scelta arbitraria è stata fatta sulla base del fatto che non è ancora stabilito dalla normativa quale sia la distanza massima dalla turbina a cui si risente ancora dell'ombreggiamento.

La scelta di considerare 1 Km in questo calcolo è stata scelta per poterci inserire nel caso peggiorativo, come ampiamente sottolineato nei capitoli precedenti.

In relazione al punto 3 il valore assunto è stato dedotto dalle Linee guida Tedesche e risulta essere un valore restrittivo ai fini del calcolo nonché parametro di default settato dal software.

In relazione al punto 4 l'intervallo di tempo per il calcolo dell'ombreggiamento risulta essere per tutte le linee guida di 1 minuto e quindi è stato assunto, anche in questo caso, come tale.

In relazione al punto 5 la statistica di probabilità mensile di presenza del sole è stata dedotta da una stazione meteorologica nei pressi del sito in cui sono state misurate le ore mensili di soleggiamento (tabella sottostante) da cui sono state dedotte le probabilità mensili di soleggiamento qui di seguito riportate:

Mesi	Valori medi mensili delle ore giornaliere di soleggiamento (ore/giorno)	Ore di soleggiamento mensili	Ore totali mensili	% di soleggiamento mensile
Gennaio	3,9	117	720	16,25
Febbraio	4,4	132	720	18,33
Marzo	5,3	159	720	22,08
Aprile	6,7	201	720	27,92
Maggio	8,6	258	720	35,83
Giugno	9,9	297	720	41,25
Luglio	10,8	324	720	45,00
Agosto	9,8	294	720	40,83
Settembre	8	240	720	33,33
Ottobre	6,2	186	720	25,83
Novembre	4,4	132	720	18,33
Dicembre	3,6	108	720	15,00

**Tabella 2 - Ore di soleggiamento mensile**

Il calcolo dell'ombreggiamento è stato fatto utilizzando le condizioni al contorno semplificate, che comportano una situazione quanto più peggiorativa possibile rispetto al caso reale (Worst-case), in particolare:

- Il cielo è considerato sempre chiaro e limpido e quindi non si considerano nubi, nebbia o qualsiasi ostacolo;
- Le turbine sono sempre in rotazione;
- Il rotore delle turbine è sempre orientato in direzione del recettore;
- Non sono considerati eventuali ostacoli come alberi o palazzi;
- Asse del rotore allineato con il sole.

Inoltre, per la simulazione, ogni singolo recettore 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. I calcoli effettuati per l'ombreggiamento rappresentano un approccio molto conservativo e di conseguenza peggiorativo, per questo denominato "**worst case**", in cui la situazione reale risulterà ben al di sotto dei risultati ottenuti.

## 5 Individuazione dei recettori sensibili

Ai fini della previsione degli impatti indotti dell'impianto in oggetto sono stati individuati i "recettori sensibili" nelle immediate vicinanze del parco eolico che possono essere soggetti a tale fenomeno. Tali ricettori rappresentano abitazioni e fabbricati rurali definiti come tali dalle visure catastali. In particolare, sono stati considerati tutti gli edifici rientranti nella distanza di 1000 mt dall'aerogeneratore e tutti quelli classificati alle categorie catastali da A1 a A10 e quelle classificate come B1-B2-B5-D4-D10.

Di seguito sono stati riportati i riferimenti geografici dei recettori individuati:

ID	RICETTORE	CAT CATASTALE	WGS 84	
			EST	NORD
1	R76 A3	A3	520633	4513746
2	R 38 FAB RUR	FAB RUR	520099	4510480
3	R37 FAB RUR	FAB RUR	520195	4510435
4	R 39 A4	A4	520094	4510496
5	R44 A3	A3	521650	4510494
6	R52 A3	A3	521358	4511189
7	R54 A3	A3	521271	4511288
8	R55 A3	A3	521310	4511314
9	R56 A3	A3	521337	4511431
10	R80 A3	A3	521995	4513913
11	R73 A3	A3	521654	4513256
12	R74 A3	A3	521279	4513513
13	R75 A3	A3	521176	4513423
14	R72 A3	A3	521567	4513092
15	R71 A2	A2	521501	4513120
16	R70 D10	D10	520475	4513113
17	R69 A3	A3	520718	4512848
18	R68 A3	A3	520973	4512749
19	R67 A3	A3	520609	4512637
20	R66 A4	A4	520707	4512203
21	R64 A2	A2	520675	4512010
22	R65 A3	A3	520650	4512028
23	R63 A3	A3	521308	4511888
24	R62 A3	A3	521316	4511837
25	R60 A3	A3	521050	4511775
26	R59 D10	D10	521035	4511770
27	R61 A3	A3	521115	4511824
28	R58 D10	D10	520883	4511739

29	R36 FAB RUR	FAB RUR	520184	4510330
30	R57 A3	A3	521127	4511516
31	R53 A2	A2	521101	4511277
32	R50 FAB RUR	FAB RUR	521128	4510639
33	R51 A3	A3	521083	4510716
34	R49 A3	A3	521239	4510572
35	R48 A3	A3	521429	4510541
36	R40 A3	A3	521398	4510394
37	R41 A3	A3	521408	4510423
38	R45 A2	A2	521527	4510481
39	R46 A3	A3	521532	4510499
40	R47 A3	A3	521521	4510513
41	R42 A3	A3	521548	4510365
42	R43 A3	A3	521536	4510410
43	R35 A3	A3	521232	4510095
44	R34 A3	A3	521171	4510086
45	R33 A3	A3	521018	4509844
46	R32 A3	A3	521128	4509820
47	R31 A3	A3	521186	4509830
48	R30 A3	A3	521301	4509725
49	R29 A3	A3	521329	4509695
50	R28 A3	A3	521339	4509817
51	R27 A3	A3	521387	4509746
52	R26 A3	A3	521435	4509757
53	R25 A3	A3	521471	4509785
54	R 23 A3	A3	521611	4509626
55	R20 A4	A4	521592	4509463
56	R24 A2	A2	521539	4509754
57	R22 A3	A3	521753	4509585
58	R18 A3	A3	521521	4509438
59	R21 A2	A2	521769	4509423
60	R19 A4	A4	521688	4509363
61	R16 A3	A3	521725	4509291
62	R 15A3	A3	521724	4509272
63	R14 A3	A3	521481	4509285
64	R13 A3	A3	521477	4509236
65	R9 A2	A2	521576	4509019
66	R4 A3	A3	521334	4508438
67	R3 A3	A3	521159	4508259
68	R2 A3	A3	520925	4508197
69	R8 A3	A3	521596	4508966
70	R17 A3	A3	521244	4509489
71	R12 A3	A3	521265	4509294

72	R10 A3	A3	521146	4509155
73	R7 A4	A4	521363	4508872
74	R6 A3	A3	521467	4508722
75	R5 A3	A3	521233	4508600
76	R1 A2	A2	520808	4508228
77	R 11 A4	A4	520017	4509209
78	R86 FAB RUR	FAB RUR	520836	4515068
79	R85 FAB RUR	FAB RUR	521595	4514670
80	R82 A3	A3	522105	4514127
81	R83 A3	A3	522120	4514209
82	R84 A3	A3	521865	4514298
83	R81 A3	A3	521692	4514211
84	R79 A3	A3	521411	4514137
85	R78 D10	D10	521095	4514170
86	R77 D10	D10	520975	4514078

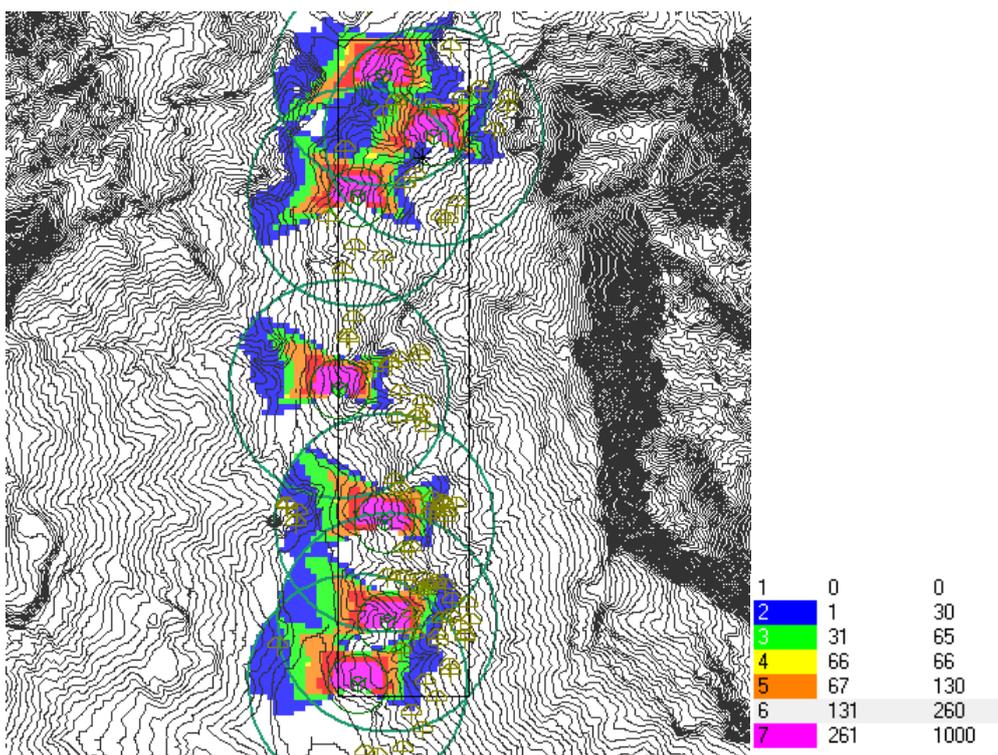
**Tabella 3 - Tabella riepilogativa dei ricettori sensibili**

## 6 Risultati delle elaborazioni e conclusioni

Le elaborazioni per il calcolo dell'ombreggiamento provocato dalle turbine eoliche sono state condotte considerando un totale di 86 recettori sensibili posti nell'area ricadente il parco, nonostante la considerazione anzi fatta.

Al di là di una certa distanza, l'ombra smette di essere un problema perché il rapporto tra lo spessore della pala e il diametro del sole diventa infinitesimamente piccolo, da poter essere trascurato. Siccome non vi è un valore, generalmente accettato, per questa distanza massima, il modulo utilizzato permette di specificare il limite in metri o multipli del diametro della turbina. Nel caso specifico è stata considerata una distanza dalla turbina di 1000m.

Il modello numerico utilizzato, al pari di altri presenti sul mercato, produce in output una mappa dell'impatto dell'ombra sul terreno, nel caso più penalizzante denominato "worst case", corrispondente alle ore in cui il sole permane al di sopra dell'orizzonte nell'arco dell'anno (**circa 4380h/a di luce**), indipendentemente dalla presenza o meno di nubi, le quali inficerebbero il fenomeno stesso di shadow flickering per impossibilità che si generi il fenomeno di flickering, oltre agli input specificati precedentemente, che rendono il caso in oggetto nettamente peggiorativo, ma soprattutto considerano le turbine sempre in movimento ed alla massima rotazione del rotore.



**Figura 3 – Visualizzazione mappa delle ombre generate dalla V136**

I calcoli effettuati hanno determinato che ben 63 recettori sono situati al di fuori del cono d’ombra, riportando 0 h/yr di ombreggiamento su 86 recettori, mentre in 12 casi non si ha il superamento del limite delle 30h/yr. Nei restati casi (11 recettori) i fabbricati presenti nell’intorno delle turbine superano le 30 h/yr, come riportato nella tabella seguente:

ID	RICETTORI	OMBREGGIAMENTO [h/yr]
28	R58	68
34	R49	119
48	R30	66
49	R29	77
51	R27	39
70	R17	206
71	R12	37
72	R10	55
83	R81	34
84	R79	81
85	R78	49

**Tabella 4 – Recettori con numero di ore di ombreggiamento maggiore di 30h/yr**

Nel momento in cui nel calcolo, verrà considerato anche la percentuale annua di giorni nuvolosi l'impatto in termini di ore di ombreggiamento annua risulterà minore dei risultati ottenuti. Ulteriori indagini andranno condotte al fine di verificare che i recettori sensibili che subiscono più ombreggiamento non abbiano schermi naturali quali alberi o costruzioni varie che riducono l'impatto stesso, allo stesso tempo bisognerà verificare il posizionamento degli infissi qualora non fossero rivolti verso le turbine che porterebbe l'impatto ad annullarsi. Qualora questi recettori sensibili evidenzino problematiche derivanti da questo impatto è possibile che lo sviluppatore pianifichi di piantare alberi addizionali allo scopo di schermare l'ombreggiamento.

Per le motivazioni di cui sopra, allo scopo di pervenire a valori più realistici di impatto, prossimi al caso reale (denominato REAL CASE), si è impiegato il valore di eliofania locale, ovvero il numero di ore di cielo libero da nubi durante il giorno, come meglio specificato nel capitolo 4.

Per l'area in esame tale valore di soleggiamento corrisponde a circa 2400 h/yr (rispetto alle 4380h/yr considerate nel worst - case). I risultati del calcolo possono, ragionevolmente, essere abbattuti del 45.2 %, pari al complemento a 1 del rapporto  $2400/4380 = 54.8 \%$ . In altri termini, rispetto al WORST CASE, la probabilità di occorrenza del fenomeno di shadow flickering si riduce, per l'area in esame, al 54.8 % che corrisponde proprio alla probabilità che il disco solare risulti libero da nubi. Tutto ciò non tiene conto di altri fattori che potrebbero diminuire o annullare del tutto l'effetto flickering sul recettore, come la presenza di alberi interposti tra turbina e recettore e/o posizionamento delle abitazioni e dei propri infissi rispetto alla fonte, la presenza del vento (fattore indispensabile per la formazione del fenomeno dello sfarfallio).

Alla luce di quanto descritto i recettori che non superano il limite delle 30h/yr passano da 11 a soli 5 su un totale di 86 ricettori individuati. Bisogna tenere presente che tale riduzione si è ottenuta solo ed esclusivamente considerando le condizioni meteorologiche assimilabili a quelle reali della zona in esame in riferimento alla presenza del sole. Per tale motivo, il calcolo nel caso real-case, è comunque da considerarsi molto cautelativo in quanto nella simulazione vengono comunque utilizzate le condizioni al contorno del worst - case indicate nel capitolo 4. Con questa assunzione, come riportato nella tabella seguente, ben 5 recettori su 11 sono da considerarsi sotto la soglia.

Per i restanti ricettori, ed in particolar modo R17-R29-R30-R49-R58-R79, i limiti risultano superati come riportato nella tabella seguente.

ID	RICETTORI	WAST-CASE	REAL-CASE
		OMBREGGIAMENTO [h/yr]	OMBREGGIAMENTO [h/yr]
28	R58	68	37
34	R49	119	64
48	R30	66	36
49	R29	77	42
51	R27	39	21
70	R17	206	111

71	R12	37	20
72	R10	55	30
83	R81	34	18
84	R79	81	44
85	R78	49	26

**Tabella 5**-Ore di ombreggiamento real-case

## 7 Conclusioni

Il lavoro svolto tramite software idonei al calcolo delle effetto di shadow-flickering ha portato alla luce la criticità di 6 ricettori su 86 i quali sfioravano le ore massime annue di 30h/yr, limite restrittivo utilizzato in Germania ed adottato nel nostro studio come dato per poter ovviare alla carenza giuridica Italiana

Si fa presente che nonostante i soli 6 casi in cui si verifici il superamento delle ore annue indicate dalla normativa Tedesca, queste sono comunque in condizioni cautelative in quanto non vengono considerate la presenza di alberi nelle immediate vicinanze degli edifici che formano una barriera naturale, come non viene considerata la disposizione delle aperture nelle pareti degli edifici come finestre, balconi e porte che consentono all'effetto di sfarfallamento di entrare nell'edificio. Tale accortezza risulta in alcuni casi fondamentale in quanto il programma di simulazione considera gli edifici formati da soli pareti trasparenti.

Questi due gli accorgimenti potrebbero portare il monte ore indicato ad azzerarsi anche nei casi di superamento, se ciò non avvenisse si potrebbero predisporre delle opere di mitigazione naturali come delle barrire di alberi in posizione utile da annullare l'effetto considerato.