

- biogas ●
- biometano ●
- eolico ●
- fotovoltaico ●
- efficienza energetica ●
- waste to chemical ●

# Studio dell'evoluzione dell'ombra: shadow flickering

Progetto definitivo

Impianto eolico "Parco Eolico di Calitri"  
Comuni di Calitri e Bisaccia (AV)  
Località Luzzano

N. REV.	DESCRIZIONE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO	
0	Emissione	Arianna Rolando	Filippo Gagliano	Vincenzo Pace Parco Eolico Calitri s.r.l.	IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a 28/02/2024 Via Ivrea, 70 (To) Italia T +39 011.9579211 F +39 011.9579241 info@asja.energy

**PARCO EOLICO**  
di CALITRI



<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO</b> <b>di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA: SHADOW FLICKERING	<b>PAGINA</b> 2 di 25

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	DESCRIZIONE DEL FENOMENO .....	5
3	ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA DI UN AEROGENERATORE .....	7
4	CALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING .....	10
4.1	Scenario peggiore (worst case).....	10
4.2	Scenario reale (real case) .....	11
5	INDIVIDUAZIONE DEI RICETTORI .....	12
6	RISULTATI .....	15
	ALLEGATO.....	25

<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA: SHADOW FLICKERING	<b>PAGINA</b> 3 di 25

## 1 PREMESSA

La Società Parco Eolico di Calitri s.r.l., con sede operativa in Via Ivrea, 70 a Rivoli (TO), intende realizzare la modifica del progetto di un impianto eolico autorizzato con la sostituzione degli attuali 17 aerogeneratori di potenza unitaria pari a 2,3 MW con 6 aerogeneratori, della potenza unitaria di 6,2 MW, per una potenza totale definitiva di 37,2 MW, da realizzarsi nel Comune di Calitri (AV) in località Luzzano e delle relative infrastrutture di connessione alla RTN, da realizzare nel Comune di Calitri (AV) e Bisaccia (AV).

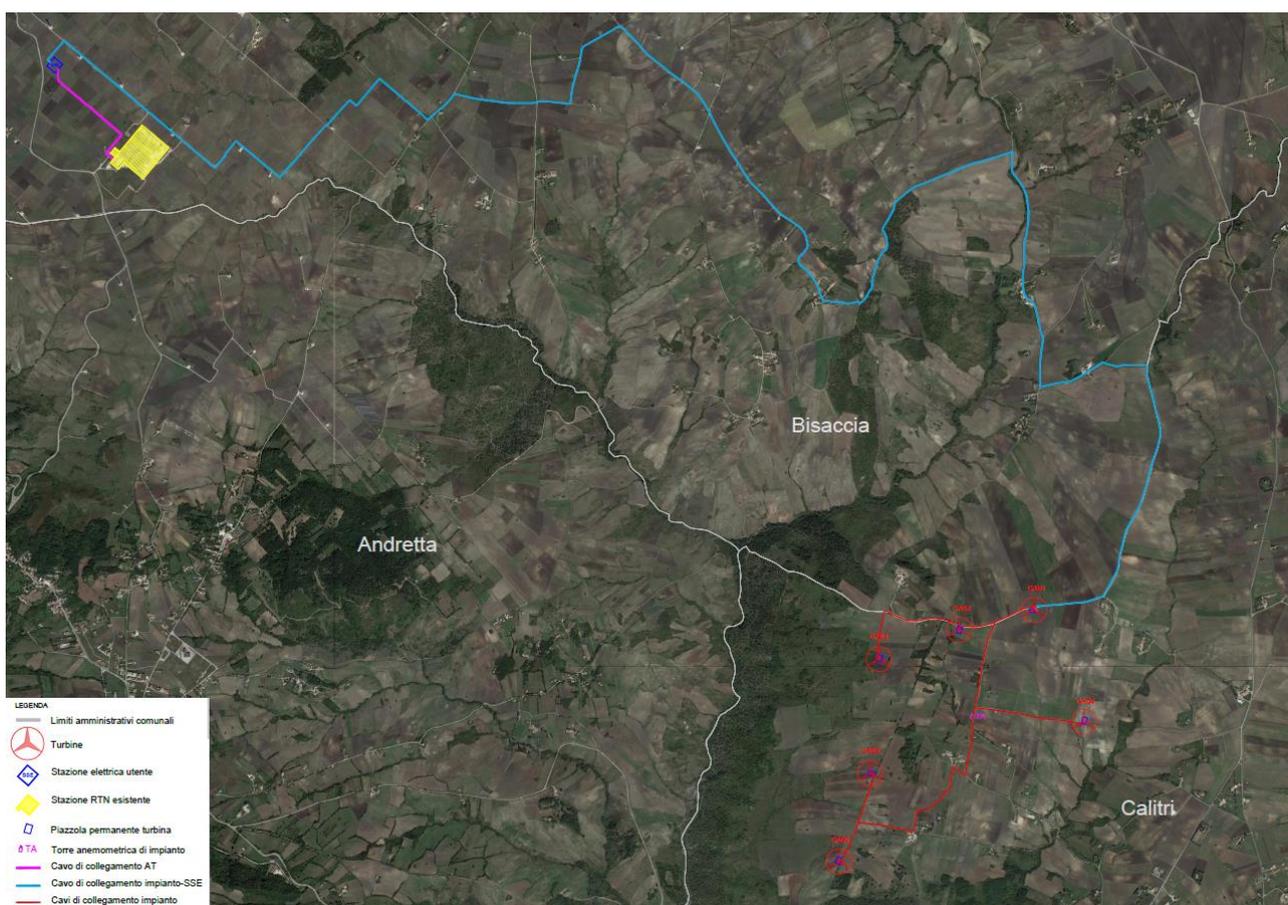


Figura 1 – Inquadramento impianto su ortofoto.

	Riferimenti catastali			Coordinate UTM WGS84 (Fuso 33)	
	Comune	Foglio	Particella	Est	Nord
CA01	Calitri	11	90-91	533.566	4.532.955
CA02	Calitri	11	2-3	533.069	4.532.822

<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA: SHADOW FLICKERING	<b>PAGINA</b> 4 di 25

CA03	Calitri	10	115	532.534	4.532.625
CA04	Calitri	16	76	533.898	4.532.206
CA05	Calitri	10	32	532.476	4.531.861
CA06	Calitri	10	44	532.269	4.531.270
TA	Calitri	11	371	533.154	4.532.254

*Tabella 1 – Posizione aerogeneratori e torre anemometrica.*

La presente relazione ha lo scopo di valutare il potenziale disturbo da ombreggiamento intermittente (shadow flickering) sui potenziali ricettori individuati nell'area interessata dal proposto impianto eolico, entro una distanza indicativa di 1000 metri dagli aerogeneratori.

<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO</b> <b>di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA: SHADOW FLICKERING	<b>PAGINA</b> 5 di 25

## 2 DESCRIZIONE DEL FENOMENO

Qualsiasi ostacolo solido opaco posto tra il sole e il terreno genera un'ombra che si proietta al suolo in funzione del movimento relativo del sole sull'orizzonte. Le dimensioni dell'ombra proiettata dipendono in modo inversamente proporzionale all'angolo sull'orizzonte dei raggi del sole. Per tale ragione all'alba ed al tramonto si ottiene la massima dimensione dell'ombra mentre la minima elongazione dell'ombra sul terreno si verifica quando il sole raggiunge la massima altezza, ovvero a mezzogiorno.

Anche gli aerogeneratori, in presenza di cielo limpido e soleggiato, proiettano un'ombra che in parte è fissa (torre e navicella) e in parte è in movimento (pale del rotore). Se l'ombra del rotore invece che sul terreno si proietta sulle aperture di un ricettore può generarsi l'effetto di ombra intermittente o shadow flickering (sfarfallio dell'ombra). Tale fenomeno si manifesta in una variazione ciclica dell'intensità luminosa, dovuta al continuo alternarsi di luce diretta ed ombra, e può potenzialmente essere all'origine di un disturbo alle normali attività che possono svolgersi all'interno dell'ambiente abitativo.

Per le ragioni appena descritte, per recettori posti a una distanza dagli aerogeneratori superiore a circa 300 metri solitamente il fenomeno di shadow flickering si manifesta all'alba o al tramonto, quando le ombre proiettate sono sufficientemente lunghe. Inoltre si deve considerare che a distanze elevate le ombre proiettate risulteranno "fuori-fuoco". Ciò non è causa di un'intensità inferiore dello shadow flickering ma contribuisce a rendere meno distinto il fenomeno.

Inoltre tale fenomeno si verifica quando:

- si è in presenza di un livello sufficiente di intensità luminosa, ossia in condizioni di cielo sereno sgombro da nubi ed in assenza di nebbia;
- si è in assenza di ostacoli interposti nella linea ricettore-aerogeneratore. Infatti, in presenza di vegetazione o edifici interposti, l'ombra generata da quest'ultimi annulla il fenomeno. A titolo puramente esemplificativo perché si generi il fenomeno di shadow flickering presso un'abitazione, è necessario che le finestre siano orientate perpendicolarmente alla linea ricettore-aerogeneratore e non vi siano interposti ostacoli;
- il rotore è orientato verso la provenienza del sole, come mostrato in *Figura 2*. Infatti quando il piano del rotore è perpendicolare alla linea sole-ricettore, la proiezione dell'ombra della circonferenza del rotore induce uno shadow flickering non trascurabile. Al contrario, quando il piano del rotore è allineato con il sole ed il ricettore, l'ombra proiettata, di intensità inferiore, presenta minori dimensioni ed è caratterizzata da un rapido movimento, in tal caso è possibile considerare trascurabile lo shadow flickering.

<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO</b> <b>di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> <b>STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA:</b> <b>SHADOW FLICKERING</b>	<b>PAGINA</b> 6 di 25

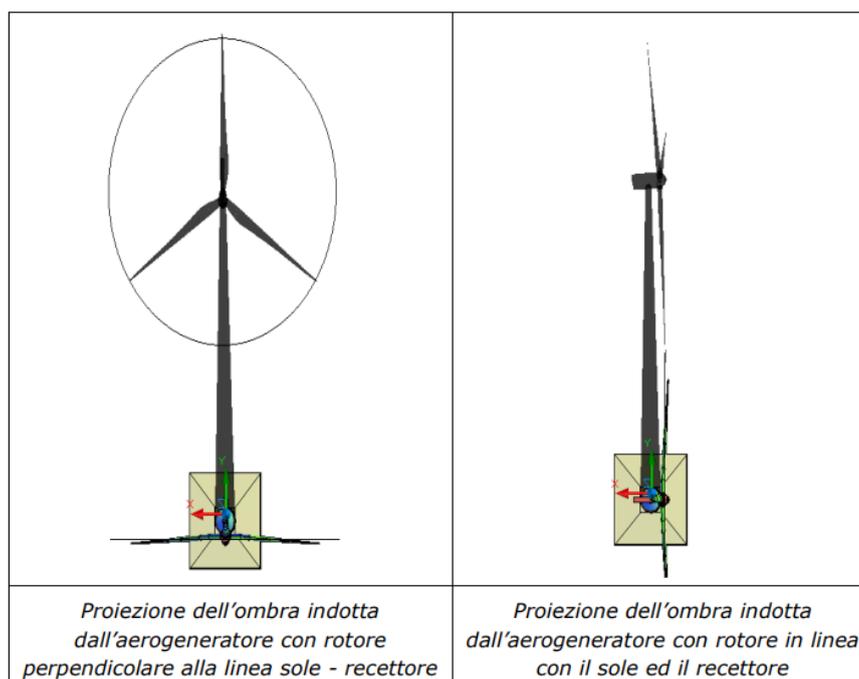


Figura 2 – Proiezione dell'ombra in base all'orientamento del rotore rispetto al sole.

L'intensità dello shadow flickering è definita come la differenza in luminosità, in un determinato sito, in presenza ed assenza di un'ombra.

La frequenza di variazione dell'intensità luminosa, dovuta all'alternarsi di luce e ombra, è proporzionale alla velocità di rotazione del rotore. Considerando il caso in esame, un rotore di diametro pari a 170 metri caratterizzato da una velocità nominale di rotazione di circa 8,83 rpm, presenta una frequenza di passo pari a circa 0,45 Hz. Tali frequenze di oscillazione luminosa sono prive di rischi significativi per la salute in quanto studi hanno dimostrato che le frequenze che possono provocare un senso di fastidio sono comprese tra i 2,5 ed i 20 Hz.

<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO</b> <b>di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA: SHADOW FLICKERING	<b>PAGINA</b> 7 di 25

### 3 ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA DI UN AEROGENERATORE

La posizione del sole rispetto alla terra può essere definita per mezzo di due angoli, noti come coordinate angolari astronomiche  $\theta_0$  e  $\delta_0$ , rispetto ad un riferimento cartesiano in cui l'asse  $z$  è parallelo all'asse terrestre, il piano  $(x,y)$  è parallelo al piano equatoriale e la direzione  $x$  punta da Nord verso Sud e la direzione  $y$  da Ovest verso Est.

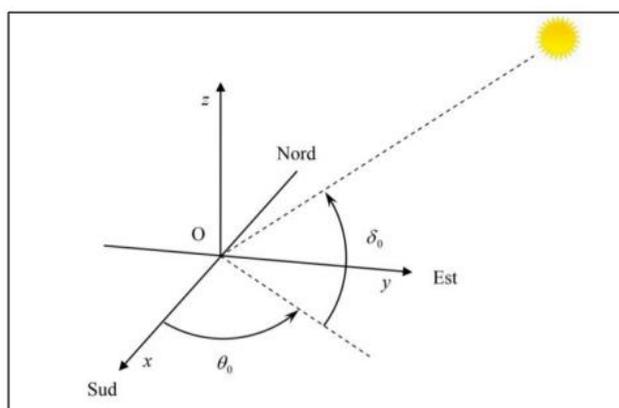


Figura 3 – Coordinate solari astronomiche.

Fissata la latitudine di un sito, la posizione del sole in ciascun istante può essere definita per mezzo dei due angoli  $\theta_1$  e  $\delta_1$ , rispetto ad un riferimento cartesiano in cui l'asse  $z_1$  è perpendicolare al terreno, il piano  $(x_1,y_1)$  è il piano orizzontale della località considerata e la direzione  $x_1$  punta da Nord verso Sud e la direzione  $y_1$  da Ovest verso Est.

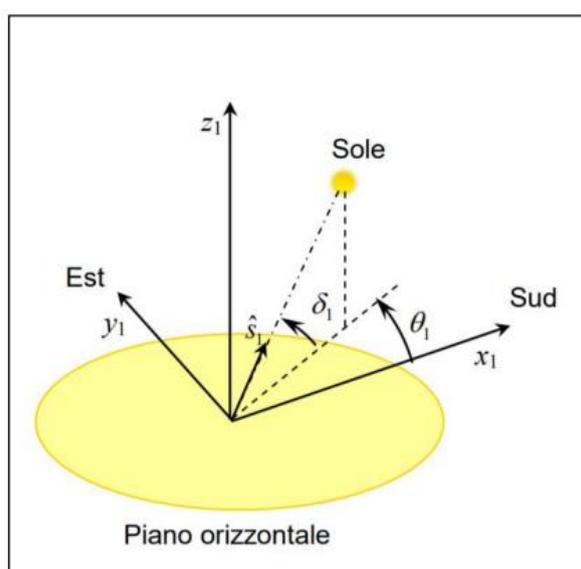


Figura 4 – Coordinate solari locali.

<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO</b> <b>di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> <b>STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA:</b> <b>SHADOW FLICKERING</b>	<b>PAGINA</b> 8 di 25

Fissati latitudine, giorno dell'anno ed orario è possibile calcolare i due angoli  $\delta_1$  e  $\theta_1$  che definiscono la posizione del sole rispetto al riferimento locale. Note anche le caratteristiche geometriche dell'aerogeneratore, in termini di altezza mozzo e diametro del rotore, è possibile definire l'area in cui si osserverà il fenomeno dello shadow flickering, le cui dimensioni dipendono dall'orientamento dei raggi solari rispetto al rotore.

Nelle ipotesi di rotore perfettamente perpendicolare alla direzione di provenienza dei raggi solari e di terreno orizzontale, l'area su cui è proiettata l'ombra che dà origine al fenomeno di shadow flickering è valutabile mediante semplici considerazioni geometriche come rappresentato dalle immagini seguenti.

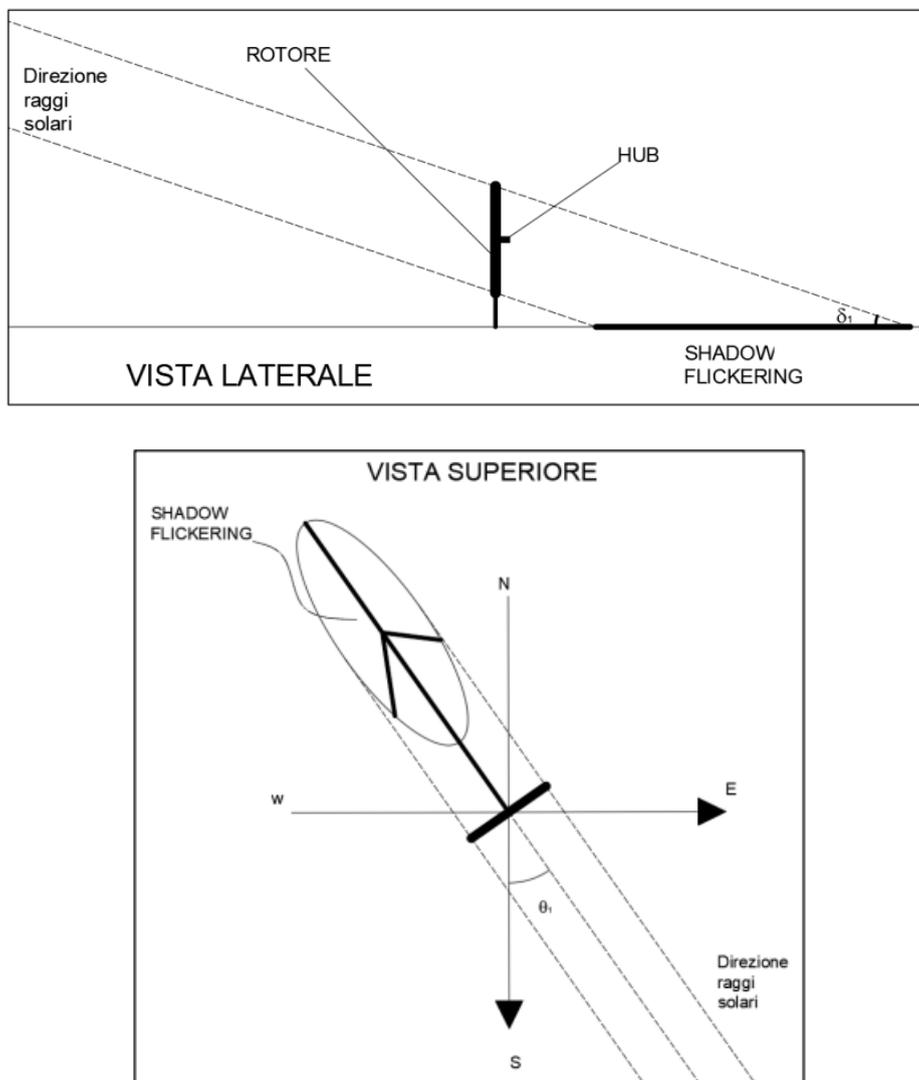


Figura 5 – Vista laterale e superiore del fenomeno di shadow flickering nelle ipotesi di rotore perpendicolare ai raggi del sole e terreno perfettamente orizzontale.

<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA: SHADOW FLICKERING	<b>PAGINA</b> 9 di 25

L'ipotesi di perfetta perpendicolarità del rotore rispetto alla direzione di provenienza dei raggi solari è una ipotesi fortemente cautelativa dal momento che il rotore è orientato rispetto alla direzione di provenienza del vento che non coincide, se non casualmente, con la direzione di provenienza dei raggi solari. Quando il rotore non si trova in posizione ortogonale alla direzione dei raggi solari la proiezione dell'ombra risulta fortemente ridotta come evidenziato nella figura successiva.

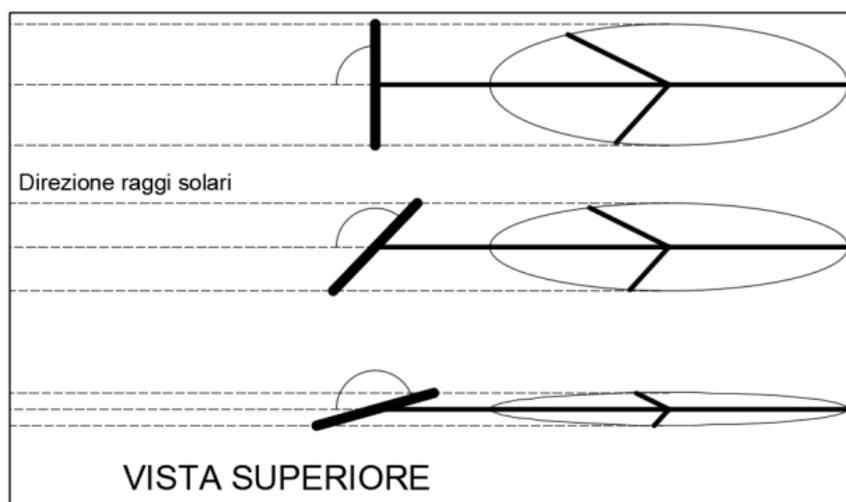


Figura 6 – Effetto della variazione dell'angolo tra la direzione dei raggi solari e il rotore.

<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO</b> <b>di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA: SHADOW FLICKERING	<b>PAGINA</b> 10 di 25

## 4 CALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING

La valutazione del fenomeno di shadow flickering prodotto da un impianto eolico è solitamente effettuata attraverso l'uso di specifici software che si basano sull'impiego di modelli digitali del terreno.

Per l'impianto eolico in progetto, al fine di valutare l'impatto da shadow flickering dell'area oggetto di progettazione, è stato impiegato il software *WindFarmer*. Il modulo *Intermittenza dell'ombra*, fornito dal software permette, caricato un file DTM, di ricavare le coordinate geografiche per il calcolo dell'intermittenza dell'ombra dal centro del progetto. Inoltre noti il fuso orario dell'area in esame, le caratteristiche geometriche e le posizioni degli aerogeneratori, è possibile valutare il fenomeno e creare mappe raffiguranti isolinee che mostrano le ore d'ombra intermittente per l'intero parco eolico o per le singole macchine nell'arco dell'anno.

L'accuratezza del calcolo è definita dalle ipotesi di calcolo adottate:

- diametro rotore  $D = 170 \text{ m}$ ;
- altezza mozzo  $H_{\text{mozzo}} = 135 \text{ m}$ ;
- buffer da ogni turbina per il calcolo fenomeno  $1000 \text{ m}$ ;
- valutazione del fenomeno di shadow flickering ogni  $10 \text{ m}$ ;
- valutazione del fenomeno di shadow flickering ogni  $10 \text{ min}$ ;
- altezza minima del sole sull'orizzonte  $3^\circ$ ;
- altezza dal suolo per calcolo mappe di intermittenza  $2 \text{ m}$ ;
- sole modellato come disco (ipotesi cautelativa che permette di ottenere una previsione più vicina ai risultati di shadow flickering potenziale);
- asse del rotore sempre a  $180^\circ$  dall'azimut del sole (rotore ortogonale alla direzione di provenienza dei raggi solari);
- terreno perfettamente orizzontale (il calcolo non considera che la proiezione dell'ombra possa essere ostruita da alcun aspetti orografici che caratterizzano il terreno).

### 4.1 Scenario peggiore (worst case)

Il software permette di valutare lo scenario peggiore (worst case) in quanto nessuno dei fattori di influenza indicati al capitolo 2 è considerato nei calcoli del modello di simulazione.

Infatti il software computa il contributo teorico del fenomeno anche in situazioni di cielo coperto (assenza di ombre) o calma di vento (rotore fermo) o in caso di direzione del vento tale da porre il

<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA: SHADOW FLICKERING	<b>PAGINA</b> 11 di 25

rotore in posizione differente da quella ortogonale alla direzione di provenienza dei raggi solari (riduzione o assenza di intermittenza ombre). Inoltre il modello esegue i calcoli considerando il terreno come perfettamente orizzontale senza dunque considerare che l'ombra possa essere intercettata da elementi orografici o altri ostacoli fuori terreno prima di raggiungere il ricevitore.

Di conseguenza, lo scenario peggiore rappresenta il massimo rischio potenziale di impatto da shadow flickering e dunque si può supporre che i ricettori considerati saranno soggetti ad un impatto significativamente inferiore a quello ipotizzato dal modello.

## 4.2 Scenario reale (real case)

Nello scenario reale (real case), bisognerebbe considerare le reali condizioni di funzionamento degli aerogeneratori sia in termini di ore di funzionamento attese per ogni settore angolare di provenienza del vento sia in termini di condizioni di eliofania locale, ovvero di numero di ore medio di soleggiamento della specifica zona di studio.

Il software non permette di settare queste condizioni, pertanto al fine di ottenere valori di impatto, maggiormente prossimi alla realtà, si è impiegato il valore di eliofania locale. Per l'area in esame tale valore corrisponde a circa 2200 h/anno, quindi, considerando che in un anno le ore di luce sono 4380, è possibile abbattere i risultati del calcolo del 50% circa:

$$1 - \frac{2200}{4380} = 0,498 = 48,9\%$$

Questa riduzione percentuale risulta ancora cautelativa in quanto, come citato, non vengono in ogni caso considerati nella valutazione fattori come l'orografia, l'eventuale presenza di ostacoli e le effettive ore di funzionamento in cui le turbine saranno operative per ciascuna direzione di provenienza del vento nel corso dell'anno. Per tale ragione ci si aspetta dunque che nella realtà le ore annue di ombreggiamento ai ricettori siano ancora inferiori a quelle ottenute dall'analisi.

<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO</b> <b>di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA: SHADOW FLICKERING	<b>PAGINA</b> 12 di 25

## 5 INDIVIDUAZIONE DEI RICETTORI

Al fine di valutare il potenziale impatto da shadow flickering sui ricettori sensibili, ovvero quei ricettori dove potrebbe verificarsi la presenza di persone per più di 4 ore al giorno, si è proceduto ad una individuazione complessiva dei fabbricati nelle aree ricomprese entro una distanza massima di 1000 m dalle postazioni degli aerogeneratori. Per completezza di analisi sono stati inclusi nel censimento anche quei fabbricati che non presentavano caratteristiche di potenziali abitazioni, come ruderi o depositi. A valle di tali riscontri, si è proceduto ad accertare la categoria catastale di appartenenza degli edifici, laddove disponibile.

La tabella seguente riporta, per ciascun ricettore censito, i relativi riferimenti catastali, la categoria catastale del fabbricato e la distanza dall' aerogeneratore più prossimo. Le righe evidenziate in giallo rappresentano i fabbricati accatastati come abitazioni, ovvero quei ricettori considerati sensibili al fenomeno di shadow flickering.

Ricettore	Comune	Foglio	Particella	Categoria fabbricato	Distanza da WTG [m]	WTG più prossima
R1	Calitri	10	79	FU D ACCERT	275	CA02
R2	Calitri	10	6	CORTE	260	CA02
R3	Calitri	10	101	C02	225	CA02
R4	Calitri	11	392	E03	210	CA02
R5	Calitri	11	253	SEMINATIVO	315	CA02
R6	Calitri	11	403	C02	330	CA02
R7	Calitri	11	227	FABB DIRUTO	445	CA02
R8	Calitri	11	409	C06	445	CA02
R9	Calitri	11	406	C06	450	CA02
R10	Calitri	11	23	SEMINATIVO	370	CA03
R11	Calitri	11	372	C02	495	CA02
R12	Calitri	11	371	SEMINATIVO	510	CA02
R13	Calitri	11	255	C02	595	CA04
R14	Calitri	11	261	SEMINATIVO	545	CA04
R15	Calitri	11	394	C02	690	CA04
R16	Calitri	11	404	C02	730	CA05
R17	Calitri	11	379	A03	535	CA04
R18	Calitri	11	380	C06	540	CA04
R19	Calitri	11	419	C06	560	CA04
R20	Calitri	11	413	C02	570	CA04
R21	Calitri	11	417	A04-C06	575	CA04
R22	Calitri	11	399	A02-D10	535	CA05
R23	Calitri	11	402	C02	570	CA05
R24	Calitri	11	397	C02	600	CA05
R25	Calitri	11	395	A03-C02	625	CA05
R26	Calitri	11	386	A03-C02-C06	705	CA05
R27	Calitri	11	183	SEMINATIVO/PASCOLO	670	CA04
R28	Calitri	11	161	FABB RURALE	600	CA04

<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO</b> <b>di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> <b>STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA:</b> <b>SHADOW FLICKERING</b>	<b>PAGINA</b> 13 di 25

R29	Calitri	11	377	C02	580	CA04
R30	Calitri	11	407	F02	635	CA04
R31	Calitri	11	396	C02	610	CA04
R32	Calitri	11	375	A03	615	CA04
R33	Calitri	11	374	C02	655	CA04
R34	Calitri	12	233	C02	550	CA05
R35	Calitri	12	225	C02	510	CA05
R36	Calitri	12	226	C02	525	CA05
R37	Calitri	12	227	A04-C02	500	CA05
R38	Calitri	12	228	C06	505	CA05
R39	Calitri	12	230	C02	485	CA05
R40	Calitri	12	231	C02	520	CA05
R41	Calitri	12	148	FABB DIRUTO	515	CA05
R42	Calitri	12	239	F02	510	CA05
R43	Calitri	12	256	F02	505	CA05
R44	Calitri	12	241	F02	500	CA05
R45	Calitri	12	257	C06	520	CA05
R46	Calitri	12	242	C06	525	CA05
R47	Calitri	12	243	C06	530	CA05
R48	Calitri	12	238	C02	535	CA05
R49	Calitri	12	237	A04-C06	510	CA05
R50	Calitri	12	235	C06	480	CA06
R51	Calitri	12	113	SEMINATIVO	495	CA06
R52	Calitri	13	466	F02	660	CA05
R53	Calitri	13	421	FABB RURALE	785	CA04
R54	Calitri	13	420	FABB RURALE	805	CA04
R55	Calitri	13	465	F02	750	CA04
R56	Calitri	13	440	C02	950	CA05
R57	Calitri	13	441	F02	950	CA05
R58	Calitri	13	442	A03	980	CA05
R59	Calitri	15	209	C02	615	CA04
R60	Calitri	15	210	A03-C02	620	CA04
R61	Calitri	15	241	D10	850	CA04
R62	Calitri	15	224	F02	875	CA04
R63	Calitri	15	228	F03	835	CA04
R64	Calitri	16	267	C02	295	CA01
R65	Calitri	16	258	C02	480	CA01
R66	Calitri	16	255	C06	495	CA01
R67	Calitri	16	254	A02-C06-C02	500	CA01
R68	Calitri	16	270	C06	700	CA04
R69	Calitri	16	286	ENTE URBANO	690	CA04
R70	Calitri	16	298	A04	680	CA04
R71	Calitri	16	300	A04-C02	675	CA04
R72	Calitri	16	299	A04-C02	665	CA04
R73	Calitri	16	277	C06	655	CA04
R74	Calitri	16	291	C06	700	CA04
R75	Calitri	16	292	ENTE URBANO	695	CA04
R76	Calitri	17	218	C02	770	CA04
R77	Calitri	17	225	A03	685	CA04
R78	Calitri	17	226	C06	675	CA04
R79	Calitri	17	227	C02	680	CA04

<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO</b> <b>di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA: SHADOW FLICKERING	<b>PAGINA</b>  14 di 25

R80	Calitri	17	212	C02	820	CA04
R81	Calitri	17	240	C06	805	CA04
R82	Calitri	17	256	C02	810	CA04
R83	Calitri	17	46	C02	840	CA04
R84	Calitri	17	47	FR DIV SUB	850	CA04
R85	Calitri	17	234	A03	645	CA04
R86	Calitri	17	220	ENTE URBANO	690	CA04
R87	Calitri	17	221	ENTE URBANO	705	CA04
R88	Calitri	17	223	A07-C02-C06	750	CA04
R89	Calitri	17	216	C02	910	CA04
R90	Calitri	17	232	C02	680	CA04
R91	Calitri	30	307	F03	885	CA06
R92	Calitri	30	309	F02	920	CA06
R93	Bisaccia	80	180	A04-C02	585	CA02
R94	Bisaccia	80	171	FABB RURALE	535	CA02
R95	Bisaccia	80	172	FABB RURALE	525	CA02
R96	Bisaccia	80	181	ENTE URBANO	515	CA02
R97	Bisaccia	80	182	ENTE URBANO	495	CA02
R98	Bisaccia	80	183	ENTE URBANO	465	CA02
R99	Bisaccia	80	178	F02	280	CA02

*Tabella 2 – Fabbricati presenti in un buffer dagli aerogeneratori di 1000m.*

<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA: SHADOW FLICKERING	<b>PAGINA</b> 15 di 25

## 6 RISULTATI

Il risultato dei calcoli è reso disponibile dal software di simulazione *WindFarmer* in forma tabellare in termini di ore di ombreggiamento annuo e grafica sia per ciascun ricettore nel quale vengono rappresentati i periodi dell'anno in cui si verifica il fenomeno, l'orario e le turbine responsabili dell'ombra, che globale tramite isolinee rappresentanti l'incidenza dell'ombra espressa in ore/anno. E' tuttavia importante evidenziare che le isolinee di ombreggiamento in termini di ore/anno generate dal software, ed allegate all'elaborato, rappresentano il caso peggiore (worst case). Per tale ragione, al fine di ottenere una stima maggiormente realistica (così come riportato nella colonna real case della Tabella 3) del fenomeno di shadow flickering, si è applicata la riduzione percentuale dovuta alle condizioni di eliofania locale, così come evidenziato nel paragrafo 4.2 della presente relazione.

I risultati forniti dal modello di calcolo consentono di valutare approssimativamente sia l'impatto distribuito sul territorio sia l'impatto puntuale sul singolo ricettore sensibile (categoria catastale A – abitazioni) così come evidenziato nella tabella seguente.

Ricettore	Comune	Foglio	Particella	Categoria fabbricato	Distanza da WTG [m]	WTG più prossima	WORST CASE	REAL CASE
							SF [h/anno]	SF [h/anno]
R17	Calitri	11	379	A03	535	CA04	145	72
R21	Calitri	11	417	A04-C06	575	CA04	62	31
R22	Calitri	11	399	A02-D10	535	CA05	124	62
R25	Calitri	11	395	A03-C02	625	CA05	128	64
R26	Calitri	11	386	A03-C02-C06	705	CA05	89	44
R32	Calitri	11	375	A03	615	CA04	0	0
R37	Calitri	12	227	A04-C02	500	CA05	63	31
R49	Calitri	12	237	A04-C06	510	CA05	83	41
R58	Calitri	13	442	A03	980	CA05	0	0
R60	Calitri	15	210	A03-C02	620	CA04	0	0
R67	Calitri	16	254	A02-C06-C02	500	CA01	43	21
R70	Calitri	16	298	A04	680	CA04	110	55
R71	Calitri	16	300	A04-C02	675	CA04	120	60
R72	Calitri	16	299	A04-C02	665	CA04	120	60
R77	Calitri	17	225	A03	685	CA04	58	29
R85	Calitri	17	234	A03	645	CA04	113	56
R88	Calitri	17	223	A07-C02-C06	750	CA04	6	3
R93	Bisaccia	80	180	A04-C02	585	CA02	145	72

Tabella 3 – Risultati dei calcoli di ombreggiamento intermittente presso i ricettori considerati.

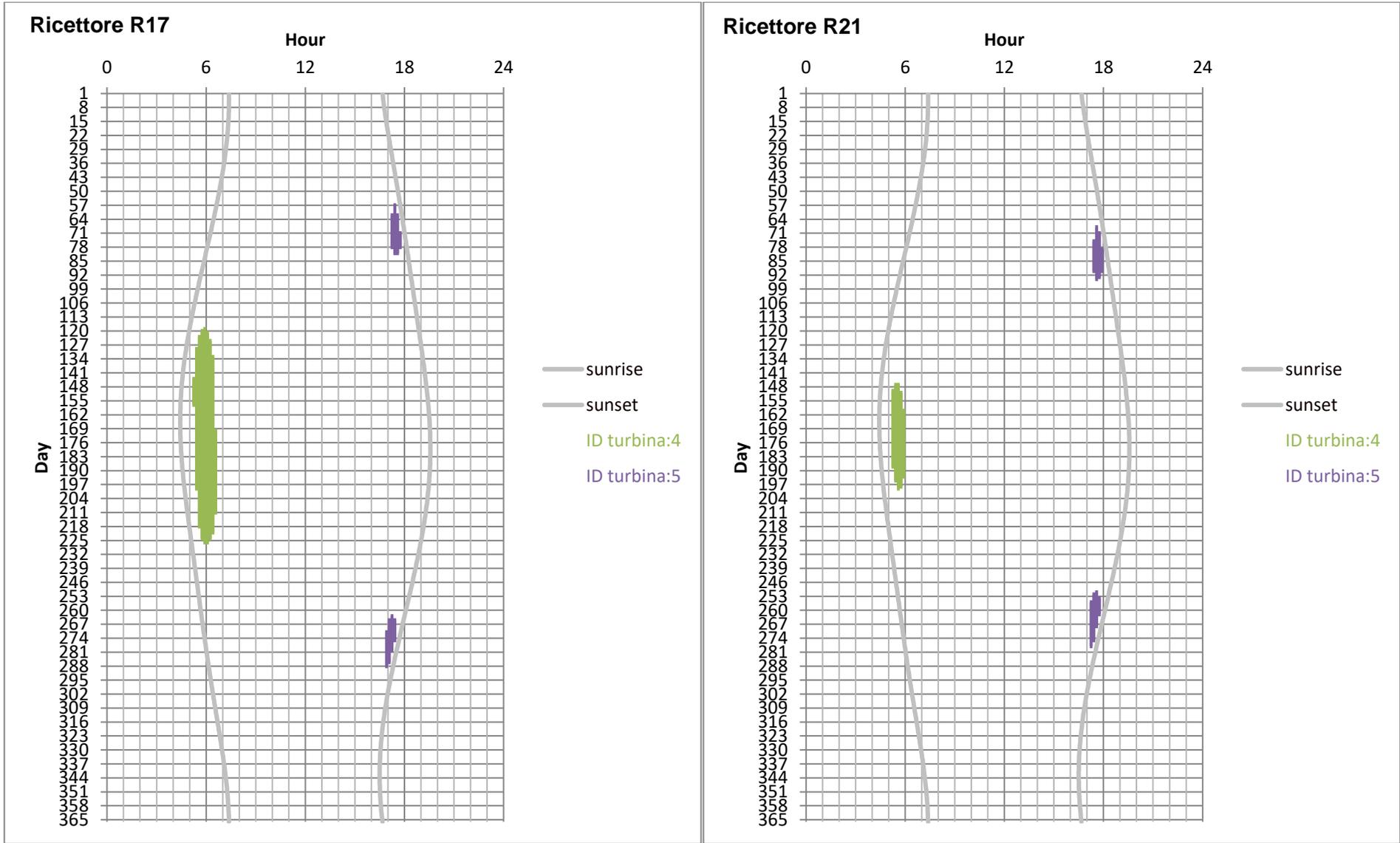
<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA: SHADOW FLICKERING	<b>PAGINA</b> 16 di 25

Dall'esame della Tabella 3 si evince quanto segue:

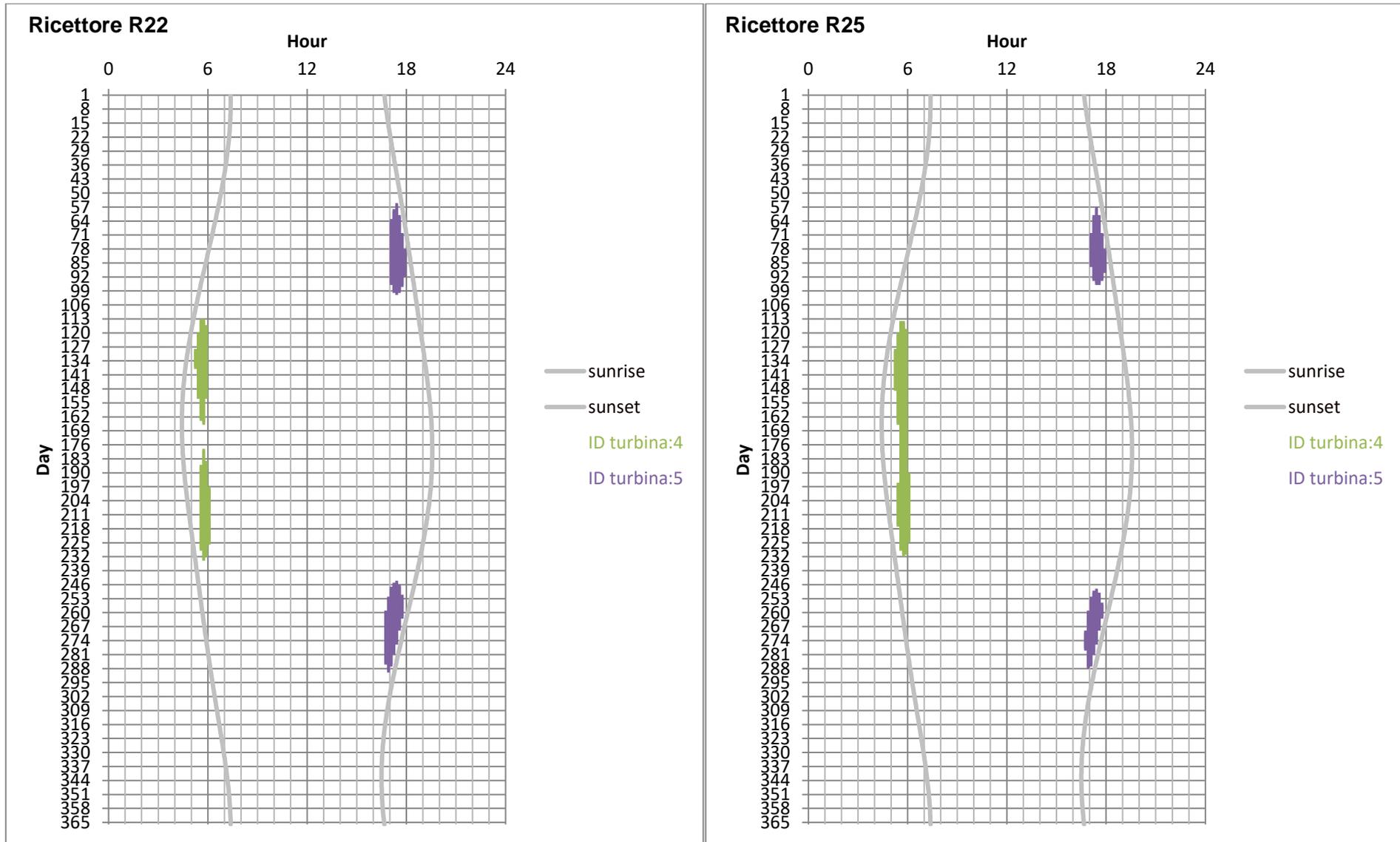
- tra i 18 fabbricati individuati come potenziali ricettori entro l'areale di interesse, **6 fabbricati (R32, R58, R60, R67, R77, R88) non risulteranno esposti ad alcun impatto o l'impatto annuale potrà ritenersi trascurabile;**
- i restanti 12 ricettori, che saranno soggetti in media ad un massimo di 5 giorni l'anno di ombreggiamento intermittente, presentano comunque un **impatto da shadow flickering accettabile in considerazione del fatto che i risultati dell'analisi rimangono cautelativi in quanto non vengono considerati i potenziali effetti schermanti dell'ombra, come orografia ed ostacoli, e che il rotore possa non essere perpendicolare alla direzione di provenienza dei raggi solari.**

Per quanto concerne i ricettori che sono sottoposti ad un impatto da shadow flickering, se pur trascurabile o accettabile, si è deciso di investigare in quale periodo dell'anno e a quali orari il fenomeno è riscontrabile. Come si evince dai seguenti grafici, essendo questi ricettori tutti localizzati a distanze superiori ai 500 m dagli aerogeneratori, **il fenomeno di shadow flickering si verifica sempre in prossimità dell'alba o del tramonto** quando il sole è più basso sull'orizzonte. Considerati gli orari in cui inizierà a manifestarsi il fenomeno, ossia alle prime ore del mattino, è ragionevolmente bassa la probabilità che gli occupanti dei ricettori risultino esposti all'ombreggiamento per tutta la sua durata.

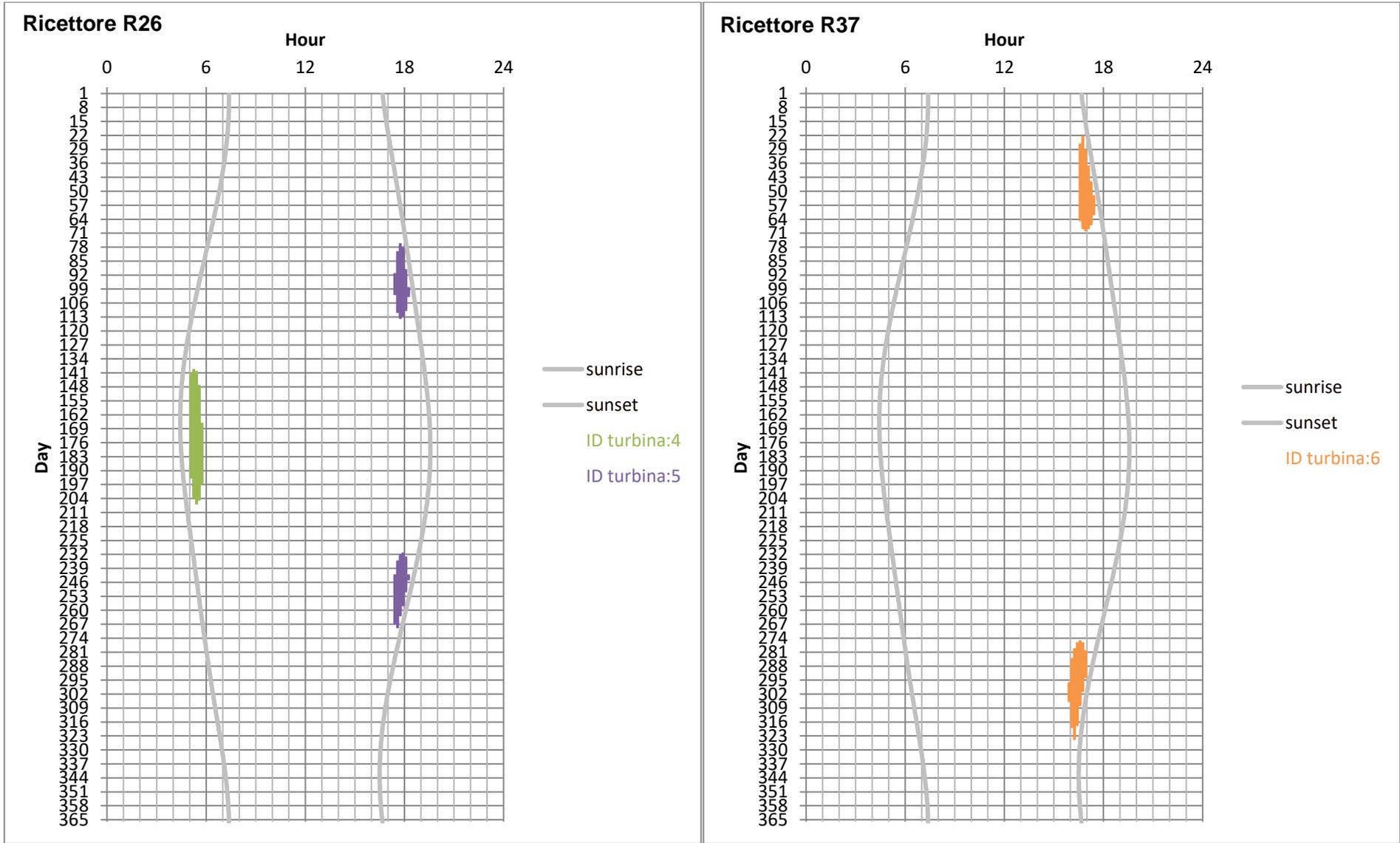
<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO</b> <b>di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA: SHADOW FLICKERING	<b>PAGINA</b> 17 di 25



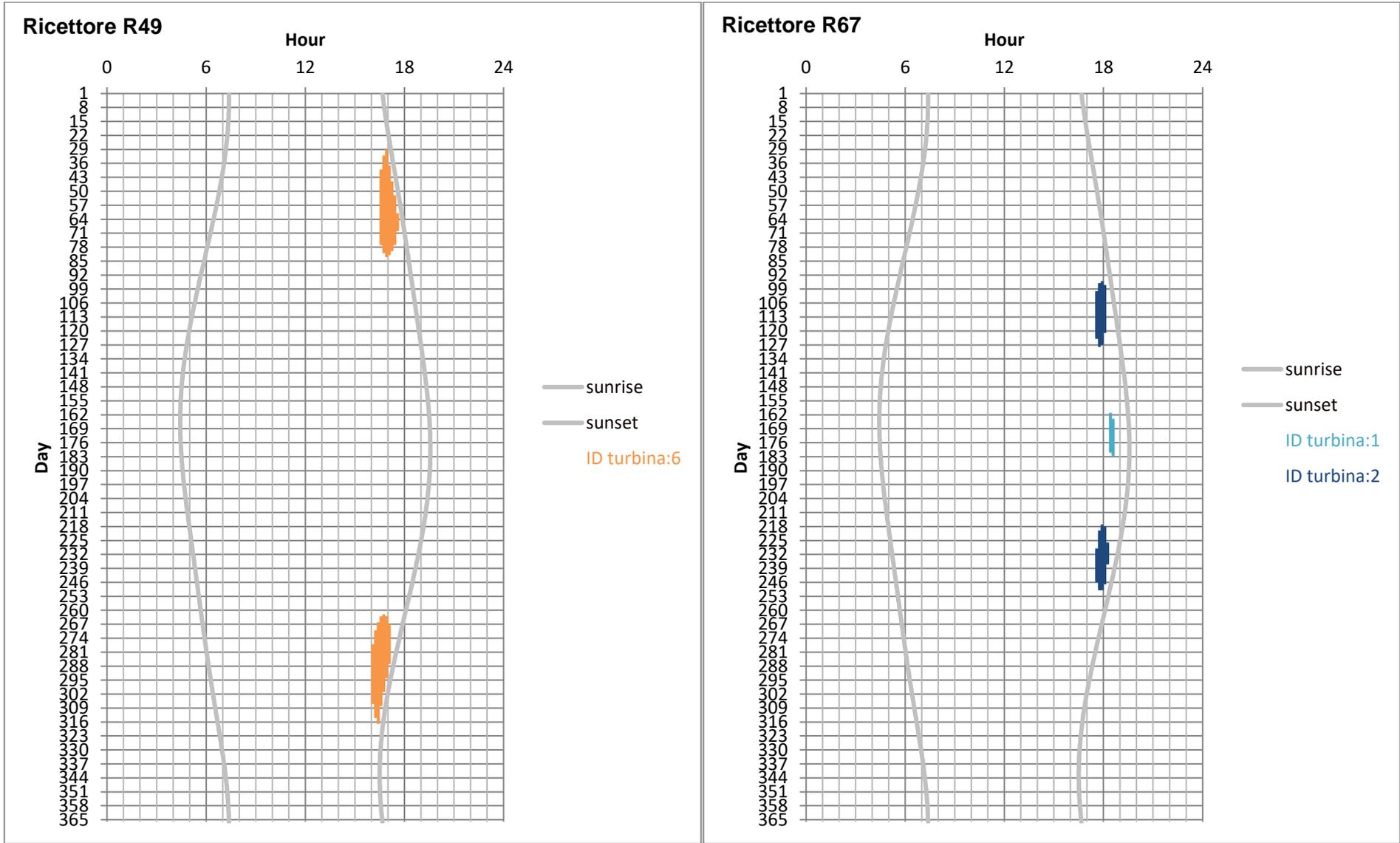
<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO</b> <b>di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA: SHADOW FLICKERING	<b>PAGINA</b> 18 di 25



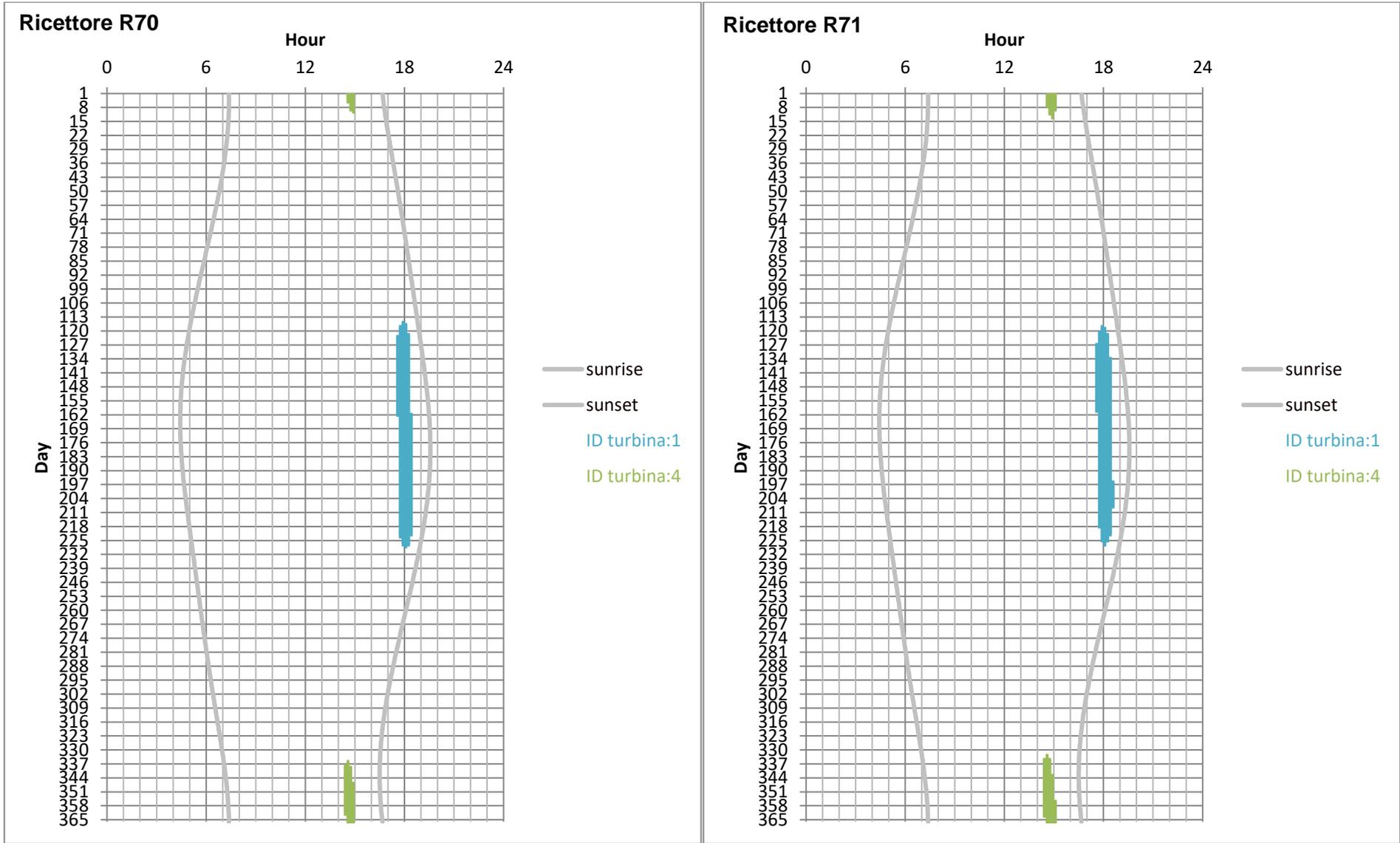
<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO</b> <b>di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA: SHADOW FLICKERING	<b>PAGINA</b> 19 di 25



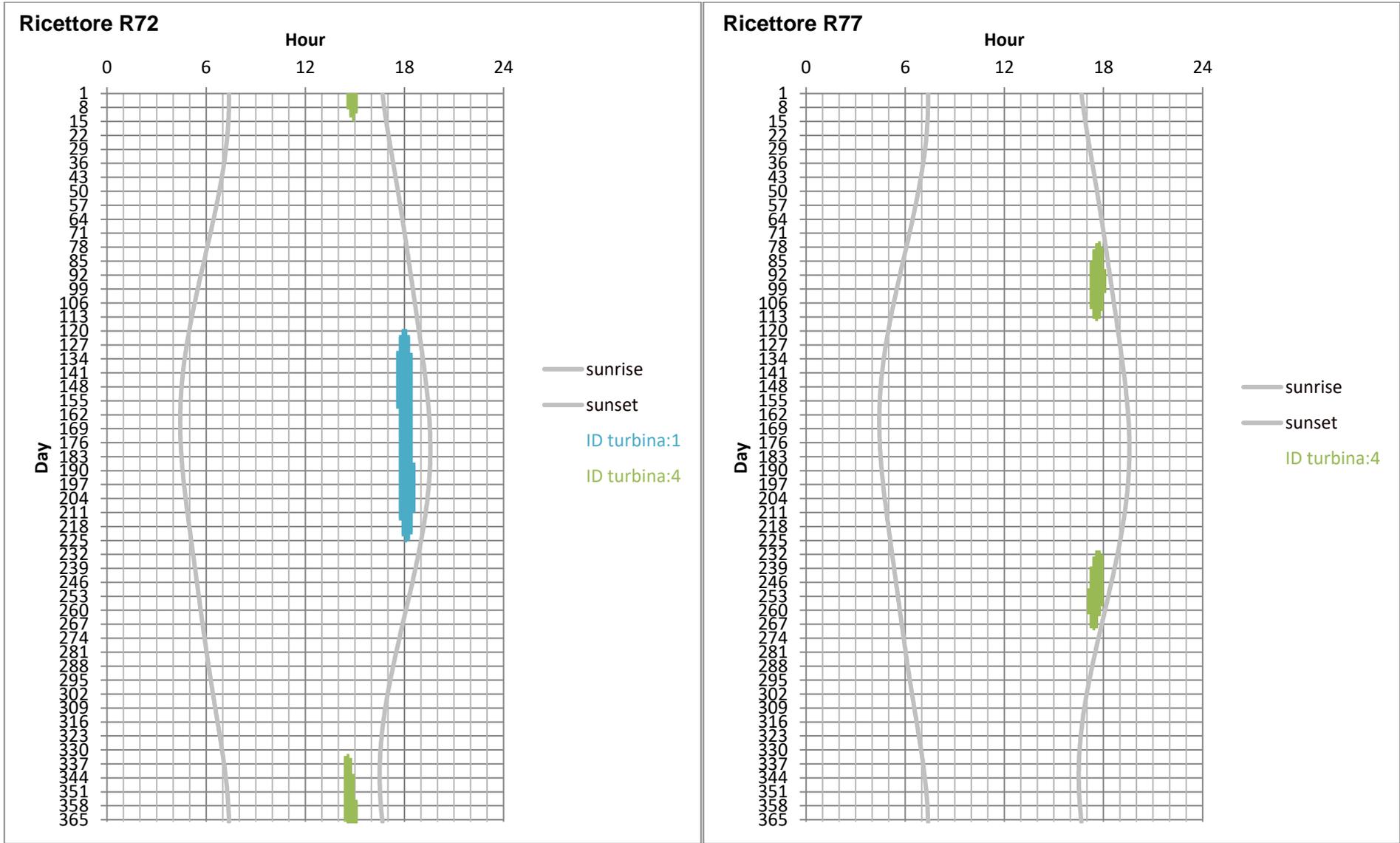
<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO</b> <b>di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA: SHADOW FLICKERING	<b>PAGINA</b> 20 di 25



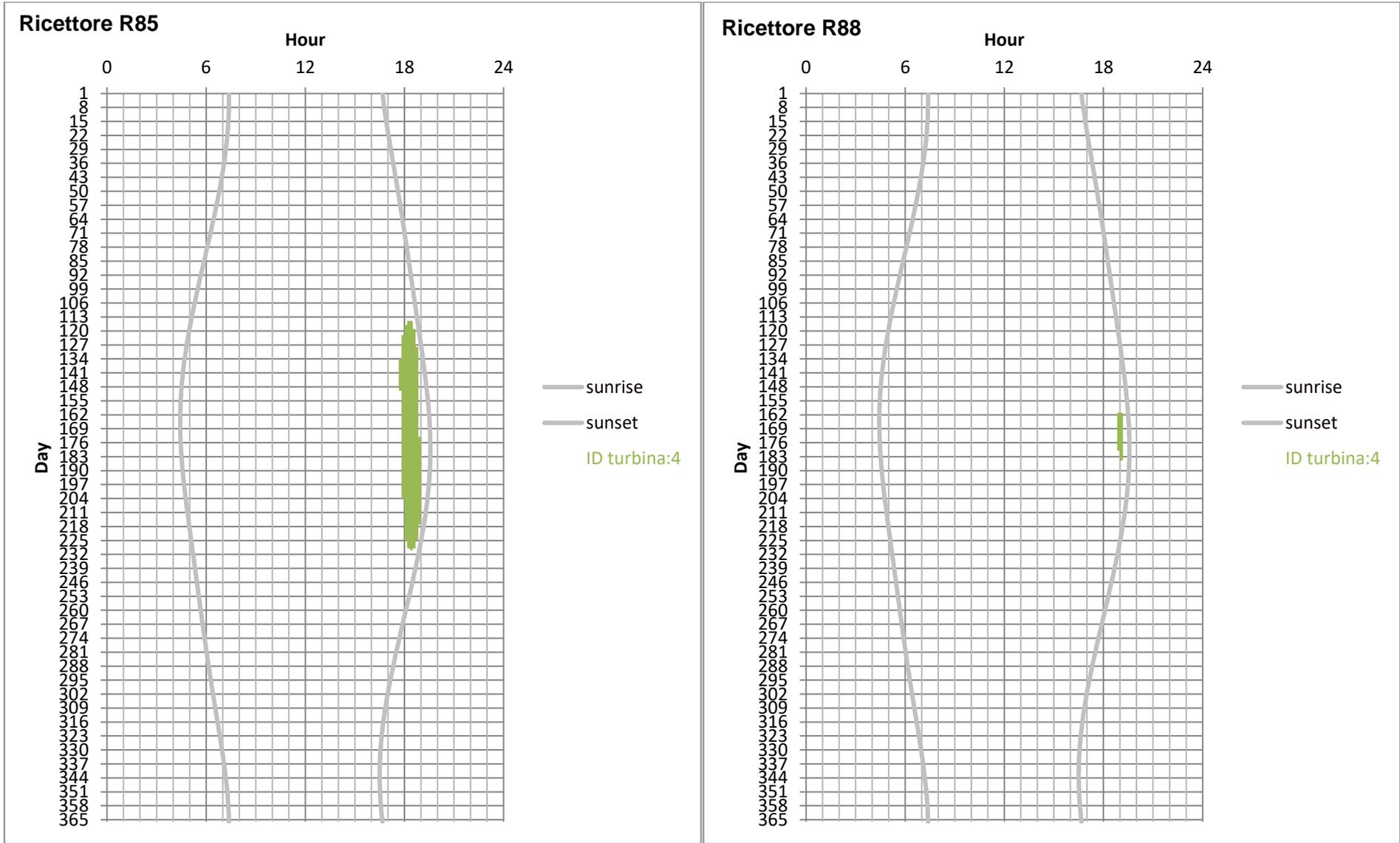
<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO</b> <b>di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA: SHADOW FLICKERING	<b>PAGINA</b> 21 di 25



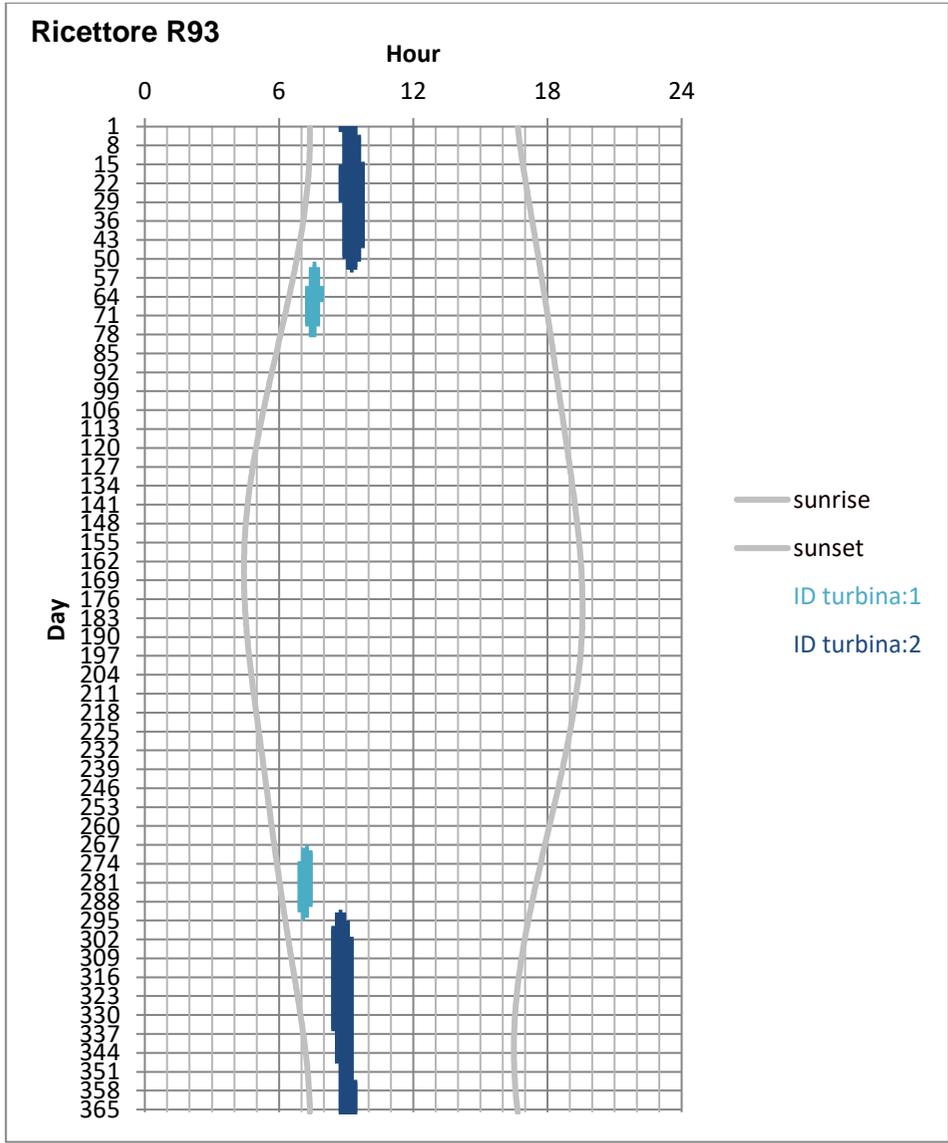
<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO</b> <b>di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA: SHADOW FLICKERING	<b>PAGINA</b> 22 di 25



<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO</b> <b>di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA: SHADOW FLICKERING	<b>PAGINA</b> 23 di 25



<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO</b> <b>di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA: SHADOW FLICKERING	<b>PAGINA</b> 24 di 25



<b>COMMITTENTE</b> <b>PARCO EOLICO</b> <b>di CALITRI</b>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO EOLICO "PARCO EOLICO DI CALITRI" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> IT/EOL/E-CALI/PDF/C/RT/013-a
	<b>TITOLO</b> STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA: SHADOW FLICKERING	<b>PAGINA</b> 25 di 25

**ALLEGATO**

**CARTA DELLE ORE/ANNO DI OMBREGGIAMENTO INTERMITTENTE SUI**  
**RICETTORI SENSIBILI (WORST CASE) - SCALA 1:15.000**

