

REGIONE SARDEGNA

Province di Oristano (OR) e Nuoro (NU)

COMUNI DI SUNI, SINDIA, SAGAMA E TINNURA



2	EMISSIONE PER INTEGRAZIONI MIC	25/08/23	FURNO C.	FURNO C.	LOMBARDO A.
1	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	05/11/21	FURNO C.	FURNO C.	NASTASI A.
0	EMISSIONE PER COMMENTI	29/10/21	FURNO C.	FURNO C.	NASTASI A.
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.

Committente:

Hergo Renewables S.p.A.



Via Privata Maria Teresa, 8 – 20123 Milano (MI)
P.IVA: 10416260965; R.E.A. n.2529663

Società di Progettazione:

Ingegneria & Innovazione



Via Jonica, 16 – Loc. Belvedere – 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409
Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.it

Progetto:

PARCO EOLICO DI "SUNI"

Progettista/Resp. Tecnico:

Dott. Ing. Cesare Furno
Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Catania
n° 6130 sez. A

Elaborato:

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA
DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")

Scala:

NA

Livello:

C20021S05-VA-RT-09-02

Allegato:

1/1

F.to:

A4

Livello:



DEFINITIVO

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.



INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	PARTE GENERALE.....	4
3	CENNI SUL FENOMENO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA GENERATA DAGLI AEROGENERATORI.....	4
4	IL CASO STUDIO	6
4.1	Descrizione degli aerogeneratori e caratteristiche geografiche di posizione.....	7
4.2	Analisi dei recettori.....	8
5	METODOLOGIA DI CALCOLO "WORST CASE" DELLO SHADOW FLICKERING	21
6	RISULTATI DI CALCOLO DEL CASO "WORST CASE"	23
6.1	Risultati del "CALENDAR GRAPHICAL" (Worst Case)	25
6.1.1	Effetto Shadow Flickering subito dai singoli Ricettori	25
6.1.2	Effetto shadow Flickering generato dai singoli Aerogeneratori.....	38
6.2	Risultati del "CALENDAR TIME" (Worst Case)	48
6.2.1	Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subito da ogni ricettore.....	48
6.2.2	Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering generati da ogni aerogeneratore	61
7	ANALISI DEI RISULTATI PER SINGOLO RICETTORE (WORST CASE).....	71
8	ANALISI DEI RISULTATI PER SINGOLO AEROGENERATORE (WORST CASE)	76
9	METODOLOGIA DI CALCOLO "REAL CASE" DELLO SHADOW FLICKERING	80
10	RISULTATI DI CALCOLO NEL CASO "REAL CASE"	83
10.1	Risultati del "CALENDAR TIME" (REAL CASE)	83
10.1.1	Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita da ogni ricettore	83
11	ANALISI DEI RISULTATI "REAL CASE"	96
12	CONCLUSIONI.....	109

	PARCO EOLICO DI "SUNI" RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")	 Antex <small>group</small> Ingegneria & Innovazione	
	25/08/2023	REV: 2	Pag.3

1 PREMESSA

Su incarico di Infrastrutture S.p.a., ora Hergo Renewables S.p.a., la società Antex Group Srl ha redatto il progetto definitivo relativo alla realizzazione di un impianto eolico nei comuni di Suni, Sindia Sagama e Tinnura, nelle provincie di Oristano e Nuoro.

In riscontro alla "Richiesta di integrazioni al SIA e alla documentazione di progetto" emessa dal MIC con nota "MIC\MIC_SS-PNRR\23/09/2022\0003766-P\ [34.43.01/10.91.1/2021] del 23/09/2022, in riferimento al progetto "[ID_VIP: 7803] SUNI, SAGAMA, TINNURA, (OR), SINDIA, MACOMER (NU). Progetto di un parco eolico denominato "Parco Eolico di Suni" costituito da 10 aerogeneratori con potenza unitaria pari a 6MW e potenza complessiva pari a 60 MW collegati alla nuova stazione utente posta nel comune di Macomer.", a seguito della nota della Direzione generale ABAP prot. n. 2158 del 03/08/2022, il progetto definitivo, presentato con istanza per l'avvio del procedimento "Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi del l'art .23 del D.Lgs 152/2006, è stato integrato con i chiarimenti e la documentazione aggiuntiva richiesta.

Nello specifico, il progetto prevede l'installazione di n. 3 nuovi aerogeneratori nei terreni del Comune di Suni, n. 1 aerogeneratore nel territorio comunale di Sagama, n. 1 in quello di Tinnura e n. 5 nuovi aerogeneratori nei terreni del Comune di Sindia, con potenza unitaria di 6 MW, per una potenza complessiva di impianto di 60 MW.

Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Stazione di trasformazione Utente, posta nel comune di Macomer in località Mura de Putzu, tramite cavidotti interrati con tensione nominale pari a 30 kV.

La stazione di trasformazione utente riceverà l'energia proveniente dall'impianto eolico a 30 kV e la eleverà alla tensione di 150 kV.

Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete tramite collegamento in antenna a 150 kV sull'ampliamento in GIS a 150kV, della stazione di Sindia.



Le attività di progettazione definitiva e di studio di impatto ambientale sono state sviluppate dalla società di ingegneria Antex Group Srl.

Antex Group Srl è una società che fornisce servizi globali di consulenza e management ad Aziende private ed Enti pubblici che intendono realizzare opere ed investimenti su scala nazionale ed internazionale.

È costituita da selezionati e qualificati professionisti uniti dalla comune esperienza professionale nell'ambito delle consulenze ingegneristiche, tecniche, ambientali e gestionali.

Sia Antex che Hergo Renewables pongono a fondamento delle attività e delle proprie iniziative, i principi della qualità, dell'ambiente e della sicurezza come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001 nelle loro ultime edizioni.

Difatti, in un'ottica di sviluppo sostenibile proprio e per i propri clienti e fornitori, le Aziende citate posseggono un proprio Sistema di Gestione Integrato Qualità-Sicurezza-Ambiente.

	PARCO EOLICO DI "SUNI" RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")	 Antex <small>group</small> Ingegneria & Innovazione	
	25/08/2023	REV: 2	Pag.4

2 PARTE GENERALE

Il presente elaborato ha lo scopo di valutare tecnicamente l'eventuale impatto generato dall'effetto di "shadow flickering" derivante dall'evoluzione dell'ombra per il presente progetto il quale prevede l'installazione di aerogeneratori del tipo VESTAS V162-6,00 MW 50/60Hz per un'altezza totale al tip di circa 206 m, aventi un diametro rotore di 162 m (lunghezza massima della pala di 79,35 m) e un'altezza al mozzo di 125 m.

Lo *shadow flickering* è l'espressione comunemente impiegata in ambito specialistico per descrivere l'effetto stroboscopico delle ombre proiettate dalle pale rotanti degli aerogeneratori eolici quando sussistono le condizioni meteorologiche opportune; infatti la possibilità e la durata di tali effetti dipendono da una serie di condizioni ambientali, tra cui:

- la posizione del sole;
- l'ora del giorno;
- il giorno dell'anno;
- le condizioni atmosferiche ambientali;
- la posizione della turbina eolica rispetto ad un ricettore sensibile.

La valutazione tecnica è eseguita con l'ausilio di software certificati e specifici per la progettazione di impianti eolici costituiti da moduli di elaborazione orientati alla simulazione di una serie di aspetti che caratterizzano le diverse fasi progettuali. Nel caso specifico si è utilizzato il software licenziato **WindPro** della EMD International A/S.

Nella presente relazione è riportata:

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

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

Come detto in Premessa, lo "*shadow flickering*" (letteralmente "ombreggiamento intermittente") è l'espressione comunemente impiegata per descrivere l'effetto stroboscopico delle ombre proiettate dalle pale rotanti degli aerogeneratori eolici allorquando il sole si trova alle loro spalle (fig. 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.

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.

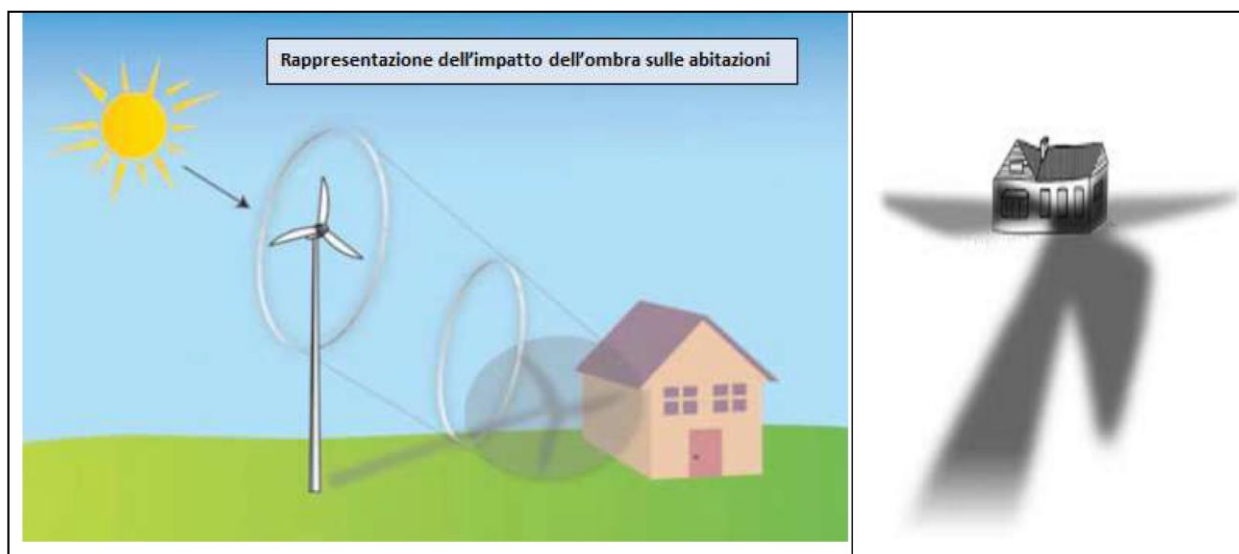


Figura 1 Rappresentazione schematica del fenomeno dello *shadow flickering*

I più recenti aerogeneratori tripala operano ad una velocità di rotazione sensibilmente 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 (dai 2 MW in su) raramente superano la velocità di rotazione di 20 giri al minuto, nel caso in oggetto addirittura ci si ferma a circa 12,1 giri al minuto, corrispondente a frequenze di passaggio delle pale ampiamente minori di quelle ritenute fastidiose per la maggioranza degli individui: in termini di impatto sulla popolazione, tali frequenze sono considerate innocue. Inoltre, a livello internazionale, è universalmente accettato che frequenze inferiori a 10 Hz non hanno alcuna correlazione con attacchi di natura epilettica.

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 flickering*. Con i moderni aerogeneratori di grandi dimensioni per distanze superiori ai 500 m il fenomeno in esame potrebbe verificarsi all'alba oppure al tramonto, ovvero in quelle ore in cui le ombre risultano molto lunghe e poco definite per effetto della piccola elevazione solare. Al di là di una certa distanza, che a seconda dell'aerogeneratore si attesta intorno ai 1000 m, 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.

In generale, l'area entro la quale è percepibile lo *shadow flickering* non si estende oltre i 500÷1.000 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 300 ore all'anno.

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 generatore e ricettore determinano ombre meno nette; in tal caso l'effetto *flickering* risulterà meno intenso e distinto.

4 IL CASO STUDIO

Nello specifico, il presente elaborato ha lo scopo di valutare l'eventuale impatto generato dall'evoluzione dell'ombra dei 10 aerogeneratori proposti per una futura potenza complessiva del parco eolico di circa 60,00 MW.

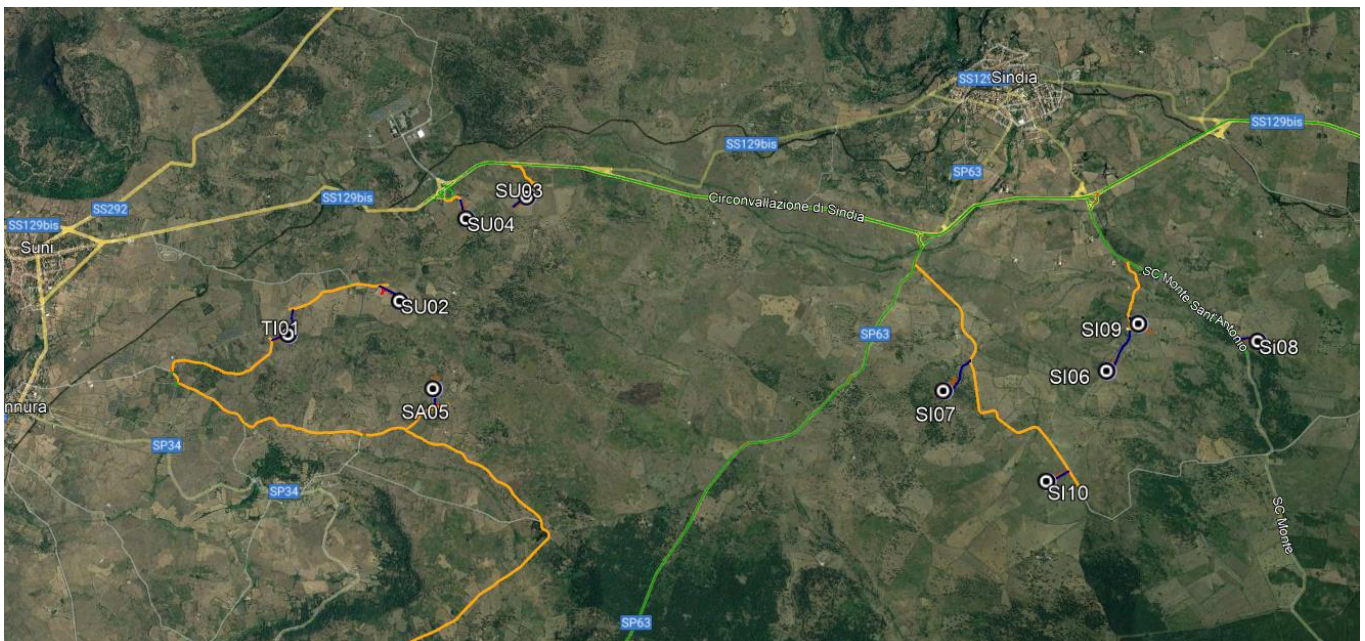


Figura 2 Inquadramento degli aerogeneratori proposti su immagine satellitare (Google Earth Pro)

L'area oggetto del presente sviluppo progettuale si presenta a carattere prettamente collinare con il suolo che evidenzia una variabilità topografica ed altimetrica abbastanza complessa. L'elevazione dell'area di installazione del parco eolico varia dai 365 m ai 580 m s.l.m. La variabilità si presenta anche dal punto di vista di copertura vegetativa delle aree: alcune presentano vegetazione arbustiva, altre vegetazione arboricola e altre ancora si presentano come semplici campi arati o coltivati a seminativo e a pascolo.

4.1 Descrizione degli aerogeneratori e caratteristiche geografiche di posizione

Le 10 macchine oggetto di studio, del tipo SIEMENS-GAMESA SG155-5,6 MW 50/60Hz per un'altezza al tip non superiore ai 200 m. Il modello di turbina candidato ad essere utilizzato nel progetto presenta le seguenti caratteristiche:

Altezza al Mozzo	125 m
Diametro Rotore	162 m
Lunghezza singola Pala	79,35 m
Area Spazzata	20.611 m ²
Numero Pale	3
Senso di Rotazione	Orario
Velocità di Rotazione Max a regime del Rotore	12,1 rpm
Potenza Nominale Turbina	6,0 MW
Cut-Out	24 m/s
Cut-in	3 m/s

L'effetto di *shadow flickering* è ovviamente tanto più importante quanto più grande è il diametro del rotore della turbina. La disposizione prevista per i 10 aerogeneratori oggetto di studio è riportata nella tabella sottostante in coordinate UTM WGS84.

Tabella 1 Coordinate dei 10 aerogeneratori oggetto di studio.

Turbine	Easting	Northing
TI 01	464099.87 m E	4458298.64 m N
SU 02	465149.00 m E	4458606.00 m N
SU 03	466344.00 m E	4459586.00 m N
SU 04	465769.00 m E	4459382.00 m N
SA 05	465475.00 m E	4457782.00 m N
SI 06	471750.00 m E	4457915.00 m N
SI 07	470239.00 m E	4457739.00 m N
SI 08	473148.00 m E	4458181.00 m N
SI 09	472053.00 m E	4458350.00 m N
SI 10	471164.00 m E	4456904.00 m N

4.2 Analisi dei recettori

L'analisi dei ricettori ha lo scopo di identificare, tra tutti quelli regolarmente censiti catastalmente all'interno del territorio in cui insiste l'impianto, quelli che presentano caratteristiche tali da poter essere considerati "sensibili" al fenomeno dello *shadow flickering*.

L'individuazione iniziale dei ricettori ha riguardato tutti i fabbricati regolarmente censiti al Catasto Fabbricati e dei Beni nell'intorno delle fasce di distanza dagli aerogeneratori, rispettivamente di 300, 500 e 700 m di raggio così come indicato dalla Delib. G.R. n. 59/90 del 27.11.2020 e come elencato nella seguente tabella:

Tabella 2 Elenco dei ricettori presenti all'interno del raggio di circa 700 m da ogni aerogeneratore

RICETTORE	COMUNE	FOGLIO	P.LLE	CATEG. CATASTALE	BUFFER DA WTG PIU' VICINA
REC01	SUNI	18	150	D10	700 m (SU 03)
REC02	SUNI	18	144	D10	500 m (SU 03)
REC03	SUNI	25	209	A4-C2	500 m (SU 03)
REC05	SUNI	25	622	D7	700 m (SU 04)
REC07	SUNI	25	935	D10	500 m (SU 04)
REC08	SUNI	25	934	D10	500 m (SU 04)
REC09	SUNI	25	938	D10	500 m (SU 04)
REC11	SUNI	26	393	D10	700 m (SU 02)
REC13	TINNURA	5	228	D10	500 m (SU 02)
REC14	TINNURA	5	227	D10	500 m (SU 02)
REC15	TINNURA	5	226	D10	500 m (SU 02)
REC16	TINNURA	5	229	D10	500 m (SU 02)
REC17	SUNI	26	399	D10	500 m (SU 02)
REC18	TINNURA	5	246	C6	700 m (TI 01)
REC21	TINNURA	5	231	C6	500 m (TI 01)
REC22	SUNI	24	399	C2	700 m (TI 01)
REC23	SUNI	24	449	C2	700 m (TI 01)
REC24	TINNURA	5	233	D10	300 m (TI 01)
REC25	TINNURA	5	233	A3	300 m (TI 01)
REC26	TINNURA	5	235	C6	500 m (TI 01)
REC27	TINNURA	5	208	C6	500 m (TI 01)
REC28	TINNURA	5	207	C6	500 m (TI 01)
REC29	SUNI	27	334	A3	500 m (SU 03)
REC30	SUNI	27	340	D10	500 m (SU 03)
REC31	SUNI	27	328	D10	500 m (SU 03)
REC32	SUNI	27	339	D10	500 m (SU 03)
REC33	SUNI	27	340	D10	500 m (SU 03)
REC35	SUNI	26	395	D10	500 m (SU 02)



PARCO EOLICO DI "SUNI"

**RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE
DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI
AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW
FLICKERING")**



Ingegneria & Innovazione

25/08/2023

REV: 2

Pag.9

REC36	SUNI	26	396	D10	500 m (SU 02)
REC37	SUNI	26	397	D10	700 m (SU 02)
REC38	SUNI	26	397	D10	700 m (SU 02)
REC40	SAGAMA	3	168	D10	300 m (SA 05)
REC45	SAGAMA	3	173	D10	500 m (SA 05)
REC46	SAGAMA	3	174	D10	500 m (SA 05)
REC47	SAGAMA	3	175	D10	500 m (SA 05)
REC48	SAGAMA	2	261	D10	700 m (SA 05)
REC64	SINDIA	30	80	D10	500 m (SI 07)
REC65	SINDIA	30	75	D10	500 m (SI 07)
REC66	SINDIA	30	71	D10	500 m (SI 07)
REC67					700 m (SI 07)
REC68	SINDIA	31	106	C6	500 m (SI 07)
REC71	SINDIA	31	108	D10	700 m (SI 07)
REC72	SINDIA	31	103	C2	500 m (SI 07)
REC74	SINDIA	30	83	D10	500 m (SI 07)
REC76	SINDIA	36	77	D10	700 m (SI 07)
REC77	SINDIA	36	73	D10	700 m (SI 07)
REC78	SINDIA	36	74	D10	700 m (SI 07)
REC82	SINDIA	36	89	D10	500 m (SI 10)
REC83	SINDIA	36	85	D10	300 m (SI 10)
REC85	SINDIA	36	60	D10	700 m (SI 10)
REC86	SINDIA	37	70	D10	500 m (SI 10)
REC87	SINDIA	37	69	D10	500 m (SI 10)
REC88	SINDIA	38	127	D10	700 m (SI 10)
REC89	SINDIA	38	128	D10	500 m (SI 10)
REC90	SINDIA	38	129	D10	500 m (SI 10)
REC91	SINDIA	37	66	D10	300 m (SI 06/ SI 09)
REC92	SINDIA	37	75	D10	500 m (SI 06)
REC94	SINDIA	33	71	D10	500 m (SI 08)
REC102	SINDIA	37	73	D10	500 m (SI 09)
REC103	SINDIA	32	66	D10	500 m (SI 09)
REC104	SINDIA	38	144	C2	500 m (SI 09)
REC105	SINDIA	32	60	D10	700 m (SI 09)
RICETTORE	COMUNE	NOME/CODICE BENE			
BEN 494	SINDIA	NURAGHE NELA			
BEN 495	SINDIA	NURAGHE MARRIOTTO			
BEN 497A	SINDIA	SA PELCIA SOS CODINOS			
BEN 497	SINDIA	NURAGHE PIZZINNU			
BEN 498	SINDIA	NURAGHE SANTA BARBARA			
BEN 499	SINDIA	NURAGHE SOS BENALES			

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05



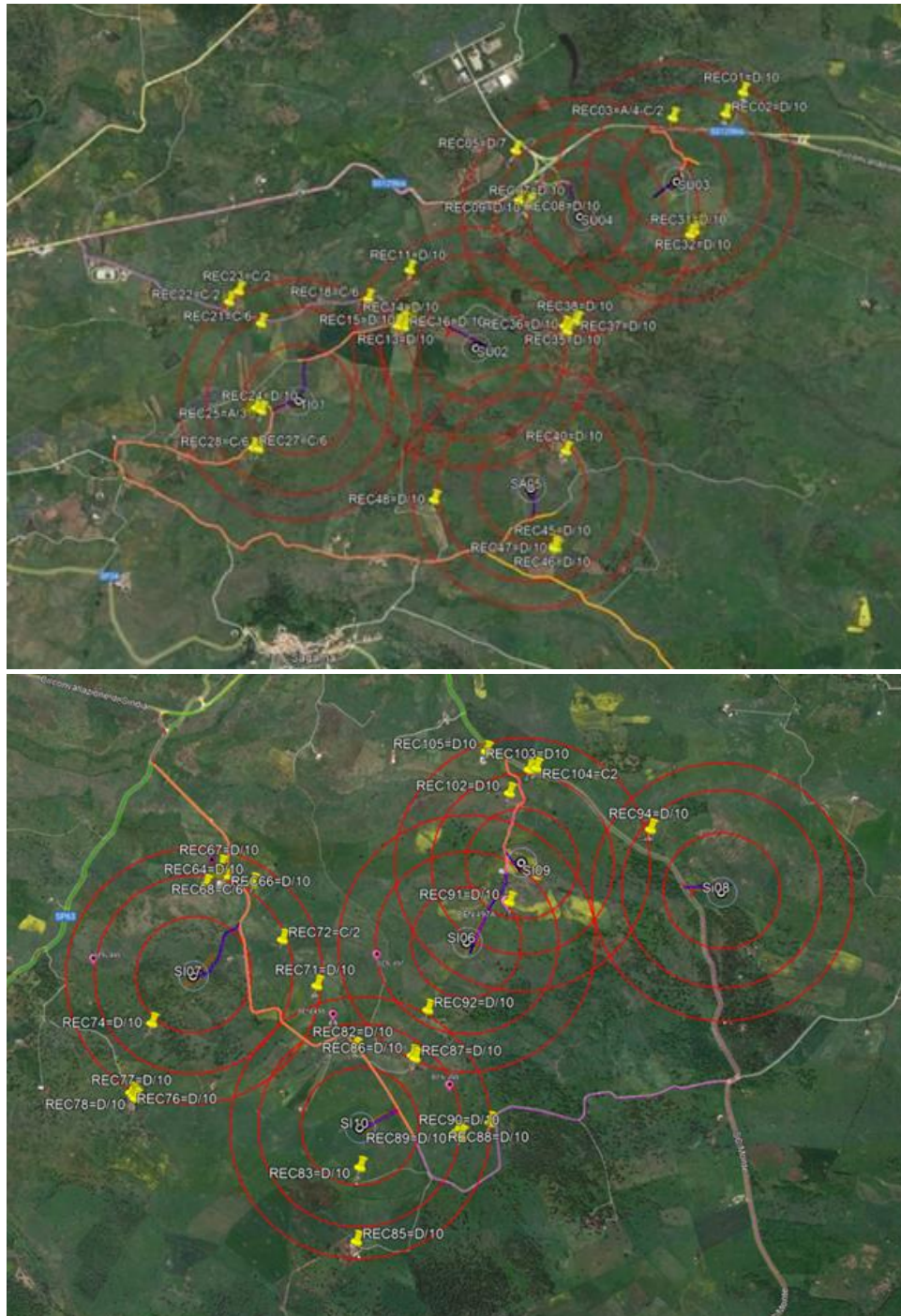




Figura 3 Disposizione dei ricettori (tabella 2) rispetto le Turbine TI 01, SU 02, SU 03, SU 04 e SA 05 (sopra) e rispetto le Turbine SI 06, SI 07, SI 08, SI 09 e SI 10 (sotto) con relativi buffer di 300, 500 e 700 metri

	PARCO EOLICO DI "SUNI" RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")	 Antex <small>group</small> <i>Ingegneria & Innovazione</i>	
		25/08/2023	REV: 2

Una seconda analisi consiste nel decidere, tra i vari ricettori individuati precedentemente, quali possono essere ritenuti "sensibili".

I paesi che hanno legiferato in materia sono quelli del nord Europa, dove la loro posizione geografica e le condizioni climatiche sono tali da attenzionare scrupolosamente la problematica e il potenziale impatto. Per l'Italia, essendo a una latitudine inferiore rispetto a Danimarca, Svezia, Germania, il fenomeno è meno impattante se non addirittura presente solamente per alcune ore dell'anno e per pochi minuti alle prime ore dell'alba e del tramonto. Da letteratura già a 300 m di distanza dall'aerogeneratore il fenomeno dello shadow flickering risulta essere "poco impattante" per le abitazioni, oltre a ruolo importante di barriera assolto dagli ostacoli presenti nel territorio quali alberature e altri confini naturali che determinano la morfologia del territorio.

La definizione di ricettore sensibile, sebbene non esplicitamente richiamata all'interno dei documenti legislativi e normativi, è a tutti gli effetti entrata a far parte del glossario delle tematiche ambientali.

Per ricettore sensibile si intende uno specifico luogo (area particolarmente protetta quale un parco cittadino, un'area oggetto di continua e assidua frequentazione da parte di persone per almeno 4 ore giornaliere spesso inserita in un particolare contesto storico-culturale) o una specifica struttura (scuola, ospedale, edificio residenziale, ecc.) presso i quali è individuabile una posizione significativa di immissione di disturbo.

Inoltre, il ricettore è definito tale se un'immissione di qualsiasi tipo o natura può potenzialmente recare un danno ad un individuo che dovrà permanere in quel luogo per almeno 4 ore giornaliere.

Inoltre, la selezione dei ricettori è stata fatta tenendo conto della loro destinazione d'uso e loro distanza dalle posizioni previste per le turbine come anche indicato dall'Allegato e) alla Delib. G.R. n. 59/90 del 27.11.2020 e cioè:

- 300 m da corpi aziendali ad utilizzazione agro-pastorale in cui sia accertata la presenza continuativa di personale in orario diurno (h. 6.00 – h. 22.00);
- 500 m da corpi aziendali ad utilizzazione agro-pastorale in cui sia accertata la presenza continuativa di personale in orario notturno (h. 22.00 – 6.00), o case rurali ad utilizzazione residenziale di carattere stagionale;
- 700 m da nuclei e case sparse nell'agro, destinati ad uso residenziale, così come definiti all'art. 82 delle NTA del PPR.

Sulla base delle considerazioni appena fatte, la definizione di "ricettore sensibile" è stata ristretta a specifici n. 9 ricettori riportati nella lista a seguire:

Tabella 3 *Elenco delle strutture considerate ricettori sensibili con buffer di appartenenza dall'aerogeneratore più vicino*

RICETTORE	COMUNE	FOGLIO	P.LLE	CATEG. CATASTALE	BUFFER DA WTG PIU' VICINA
REC03	SUNI	25	209	A4-C2	500 m (SU 03)
REC24	TINNURA	5	233	D10	300 m (TI 01)
REC25	TINNURA	5	233	A3	300 m (TI 01)
REC29	SUNI	27	334	A3	500 m (SU 03)
REC40	SAGAMA	3	168	D10	300 m (SA 05)
REC67	SINDIA	30	71	D10	700 m (SI 07)
REC83	SINDIA	36	85	D10	300 m (SI 10)
REC91	SINDIA	37	66	D10	300 m (SI 06/ SI 09)
REC103	SINDIA	32	66	D10	500 m (SI 09)
RICETTORE	COMUNE	NOME/CODICE BENE			
BEN 494	SINDIA	NURAGHE NELA			
BEN 495	SINDIA	NURAGHE MARRIOTTO			
BEN 497A	SINDIA	SA PELCIA SOS CODINOS			
BEN 497	SINDIA	NURAGHE PIZZINNU			
BEN 498	SINDIA	NURAGHE SANTA BARBARA			
BEN 499	SINDIA	NURAGHE SOS BENALES			

Dalla seguente disamina possono essere eliminati i ricettori BEN 494 e BEN 497A in quanto, rispettivamente, limitrofi alla posizione dei ricettori REC67 e REC91, quindi soggetti alla medesima esposizione al fenomeno.

Sebbene il fenomeno dello *shadow flickering* possa essere percepito anche all'esterno delle costruzioni, esso risulta più evidente e fastidioso all'interno di ambienti chiusi che presentano aperture e/o finestrate orientate proprio sul prolungamento della direttrice sole-turbina, mentre risulta meno impattante (o addirittura nullo) per quegli ambienti con aperture e/o finestrate il cui orientamento si discosta dal prolungamento della direttrice sole-turbina. Conseguentemente, una corretta valutazione del fenomeno del flickering non può prescindere dall'esatto orientamento delle finestrate. Con riferimento all'analisi in esame, in via cautelativa, si considereranno per tutti i ricettori le finestrate orientate proprio sul prolungamento della direttrice sole-turbina. Nella tabella a seguire sono riportati i riferimenti geografici (coordinate UTM WGS84) di tutti i ricettori oggetto di analisi e simulazione con la relativa indicazione catastale ed esatta distanza dall'aerogeneratore più vicino.

Tabella 4 Coordinate UTM WGS 84 dei ricettori oggetto di studio

RICETTORE	EST	NORTH	CATEG. CATASTALE	DISTANZA DA WTG PIU' VICINA
REC03	466303.00 m E	4459913.00 m N	A4-C2	320 m (SU 03)
REC24	463858.00 m E	4458187.00 m N	D10	260 m (TI 01)
REC25	463827.00 m E	4458205.00 m N	A3	290 m (TI 01)
REC29	466467.00 m E	4459284.00 m N	A3	320 m (SU 03)
REC40	465662.00 m E	4457943.00 m N	D10	250 m (SA 05)
REC67	470368.00 m E	4458295.00 m N	D10	570 m (SI 07)
REC83	471148.00 m E	4456638.00 m N	D10	260 m (SI 10)
REC91	471966.00 m E	4458080.00 m N	D10	275 m (SI 06/ SI 09)
REC103	472078.00 m E	4458815.00 m N	D10	475 m (SI 09)
BEN 495	469680.00 m E	4457778.00 m N	---	560 m (SI 07)
BEN 497	471250.00 m E	4457791.00 m N	---	515 m (SI 06)
BEN 498	471011.00 m E	4457463.00 m N	---	590 m (SI 10)
BEN 499	471651.00 m E	4457075.00 m N	---	515 m (SI 10)

Nella figura successiva vengono mostrati i suddetti ricettori, su immagine satellitare estratta da Google Earth, rispetto al layout proposto di impianto oggetto dello studio.

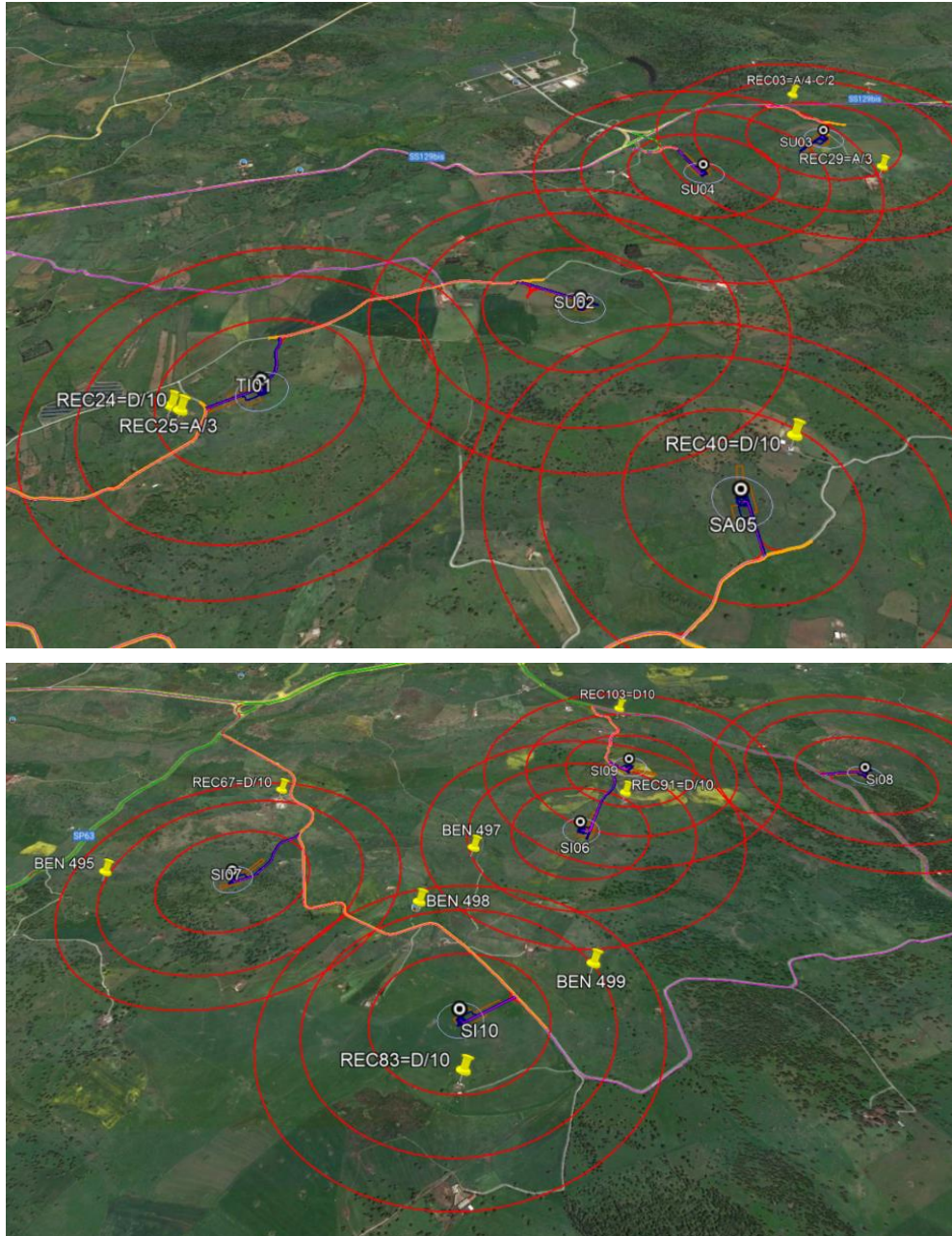


Figura 4 Disposizione dei Ricettori sensibili (tabella 4) rispetto le Turbine TI 01, SU 02, SU 03, SU 04 e SA 05 (sopra) e rispetto le Turbine SI 06, SI 07, SI 08, SI 09 e SI 10 (sotto) con relativi buffer di 300, 500 e 700 metri

Di seguito alcune immagini che mostrano i ricettori presi in esame.



Figura 5 REC 03



Figura 6 REC 24



Figura 7 REC 25



Figura 8 REC 29



PARCO EOLICO DI "SUNI"

**RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE
DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI
AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW
FLICKERING")**



25/08/2023

REV: 2

Pag.17



Figura 9 REC 40



Figura 10 REC 67

*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*

Comm.: C20-021-S05





Figura 11 REC 83



Figura 12 REC 91



Figura 13 REC 103



Figura 14 BEN 495



Figura 15 BEN 497



Figura 16 BEN 498



Figura 17 BEN 499

5 METODOLOGIA DI CALCOLO "WORST CASE" DELLO SHADOW FLICKERING



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.

Come scritto precedentemente, nello specifico è stato impiegato il modulo *shadow flickering* del software *windPRO*. Esso 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;
- mostrare un calendario grafico ("*Calendar Graphical*") degli eventi di *flickering*;
- mostrare un elenco dettagliato ("*Calendar Time*") di ciascun evento di ombreggiamento (ora di inizio, di fine, durata del fenomeno, aerogeneratore/i coinvolti, etc.);
- 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.

	PARCO EOLICO DI "SUNI" RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")	 Antex <small>group</small> Ingegneria & Innovazione		
		25/08/2023	REV: 2	Pag.22

Per l'esecuzione della valutazione tecnica il software ha utilizzato una serie di dati di input caratterizzanti quali:

- l'altimetria della zona simulata;
- la latitudine e longitudine dell'area interessata;
- la disposizione geografica delle turbine e dimensione geometrica dei loro componenti (torre e pale);
- la disposizione geografica dei "ricettori sensibili" (fabbricati e relative finestre);
- l'orientamento del rotore rispetto al ricettore;
- la proiezione dell'ombra rispetto ai ricettori.

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 attraverso le finestre.

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

- coordinate geografiche baricentriche UTM-WGS84
- coordinate geografiche delle turbine considerate
- coordinate geografiche dei recettori considerati
- disposizione orizzontale delle finestrate
- estensione area simulata: circa 60 km²
- risoluzione di calcolo: 1,00 m
- raggio d'influenza massimo: 1 km dal punto di installazione dell'aerogeneratore;
- altezza del punto di vista dell'osservatore rispetto la mappa: 1,5 m
- altezza del punto di vista (ZVI) rispetto la superficie del suolo: 2,0 m
- parametri turbina:
 - diametro rotore: 162 m
 - altezza torre al mozzo: 125m
 - altezza complessiva dell'aerogeneratore: 206 m

Per il calcolo dell'orizzonte di ciascun ricettore il modello numerico utilizzato tiene conto dell'ostacolo naturale costituito dall'orografia circostante il ricettore e non da eventuali ostacoli come ad es. boschi, barriere naturali o artificiali, etc.

In definitiva è bene evidenziare che, a vantaggio di sicurezza, le simulazioni effettuate sono state eseguite ipotizzando contemporaneamente le seguenti condizioni sfavorevoli per qualunque ricettore soggetto a *shadow flickering*:

- rotore in movimento alla massima frequenza ed in moto continuo;
- assenza di ostacoli;
- orientamento del rotore ortogonale alla congiungente ricettore-sole.

Inoltre, se il cielo è coperto o c'è calma di vento, o la direzione del vento è tale da porre il piano del rotore in posizione parallela rispetto alla linea sole-edificio, l'aerogeneratore non produrrà ombra, ma la sua influenza apparirà comunque nei calcoli e, come già sottolineato, 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 impercettibile.

In altre parole, il calcolo descrive lo scenario peggiore possibile e rappresenta quindi il massimo rischio potenziale di impatto.

6 RISULTATI DI CALCOLO DEL CASO "WORST CASE"

I risultati dettagliati dell'analisi effettuata sono riportati nei paragrafi a seguire. Nell'immagine che segue, si riporta in opportuna scala cromatica il valore massimo di ombreggiamento annuo su superficie orizzontale prodotta dalle opere in progetto nelle condizioni sfavorevoli sopra elencate.

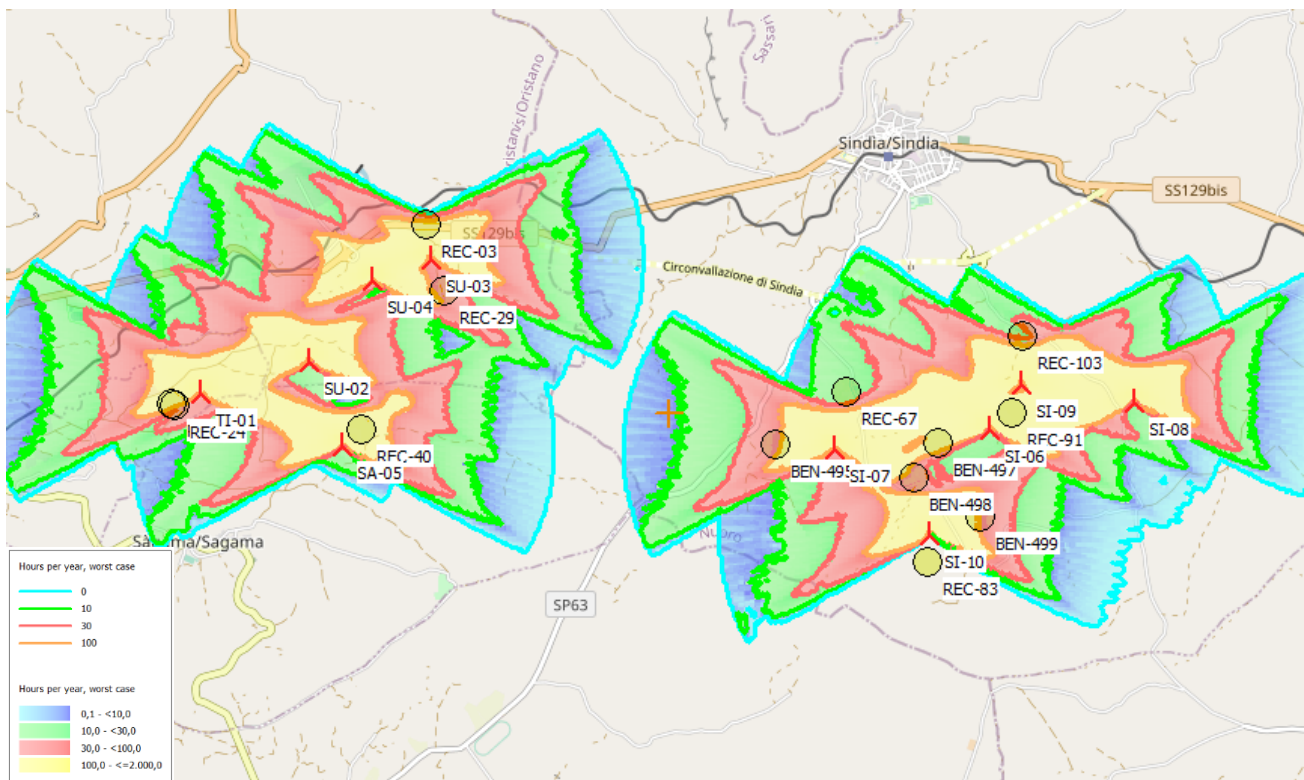


Figura 18 Rappresentazione grafica dell'ombreggiamento causato dalle turbine rispetto i ricettori nel "Worst Case"

Inoltre, per ogni ricettore vengono rappresentati graficamente, negli appositi diagrammi riportati nei paragrafi a seguire, gli intervalli di ombreggiamento durante le varie ore dell'anno ("Calendar Graph"), dove vengono rappresentate le curve di alba e tramonto e il periodo in cui è possibile il verificarsi del fenomeno. Sull'asse delle ascisse sono riportati i giorni dell'anno e sull'asse delle ordinate l'ora del giorno (ora solare).

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO DI "SUNI"</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")</p>	 Ingegneria & Innovazione		
		25/08/2023	REV: 2	Pag.24

Inoltre, verrà riportato per ciascun ricettore la lista giornaliera dei singoli eventi di *shadow flickering* indotti da ogni turbina (il cosiddetto "*Calendar Time*"): per ciascun evento viene specificata l'ora solare di inizio, l'ora solare di fine, la durata complessiva e la copertura (temporale) percentuale del fenomeno dello *shadow flickering* al netto di eventuali ostacoli (orografici e/o di altro tipo).

*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*

Comm.: C20-021-S05





6.1 Risultati del "CALENDAR GRAPHICAL" (Worst Case)

6.1.1 Effetto Shadow Flickering subito dai singoli Ricettori

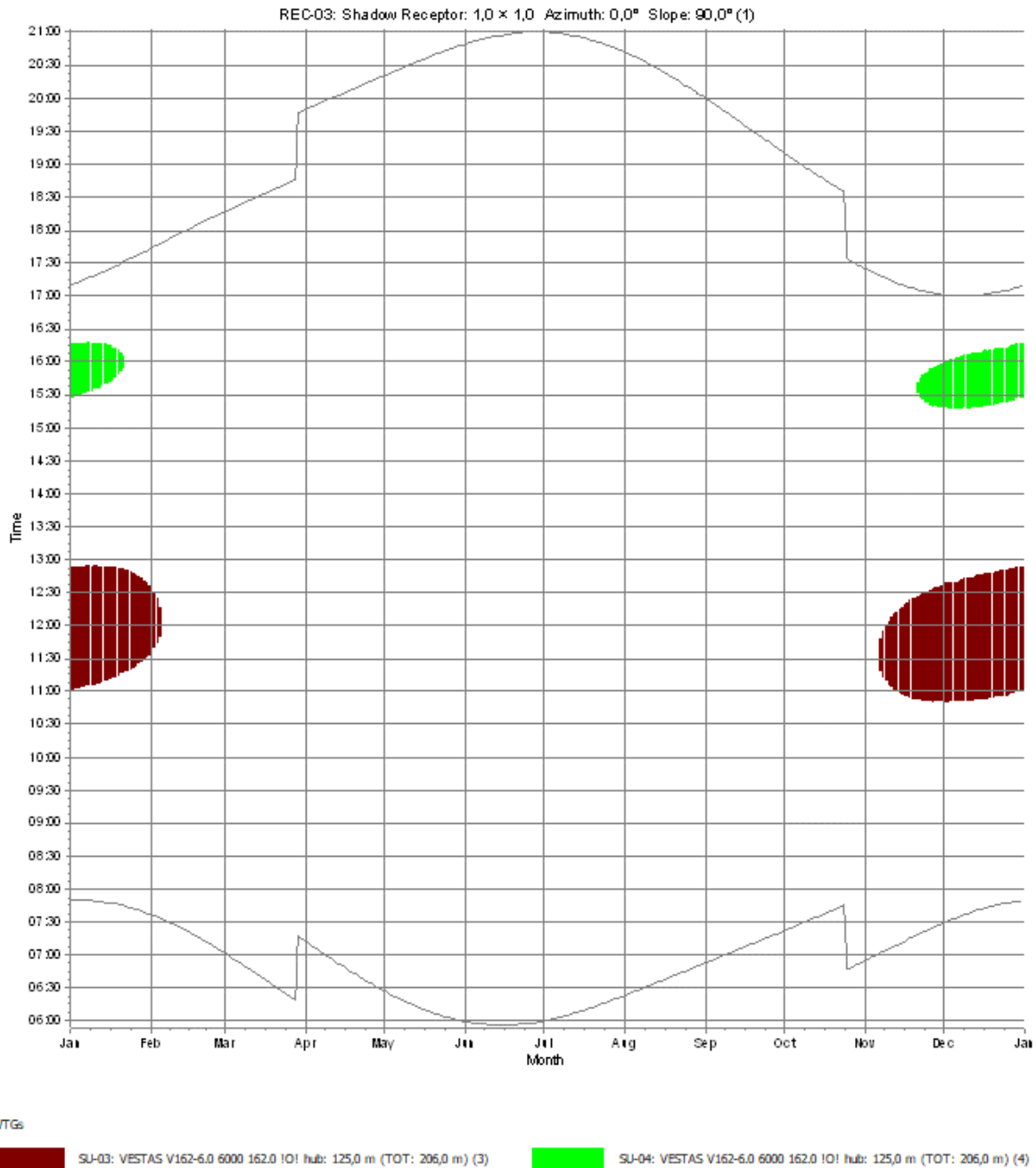


Figura 19 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering subito dal ricettore REC-03.

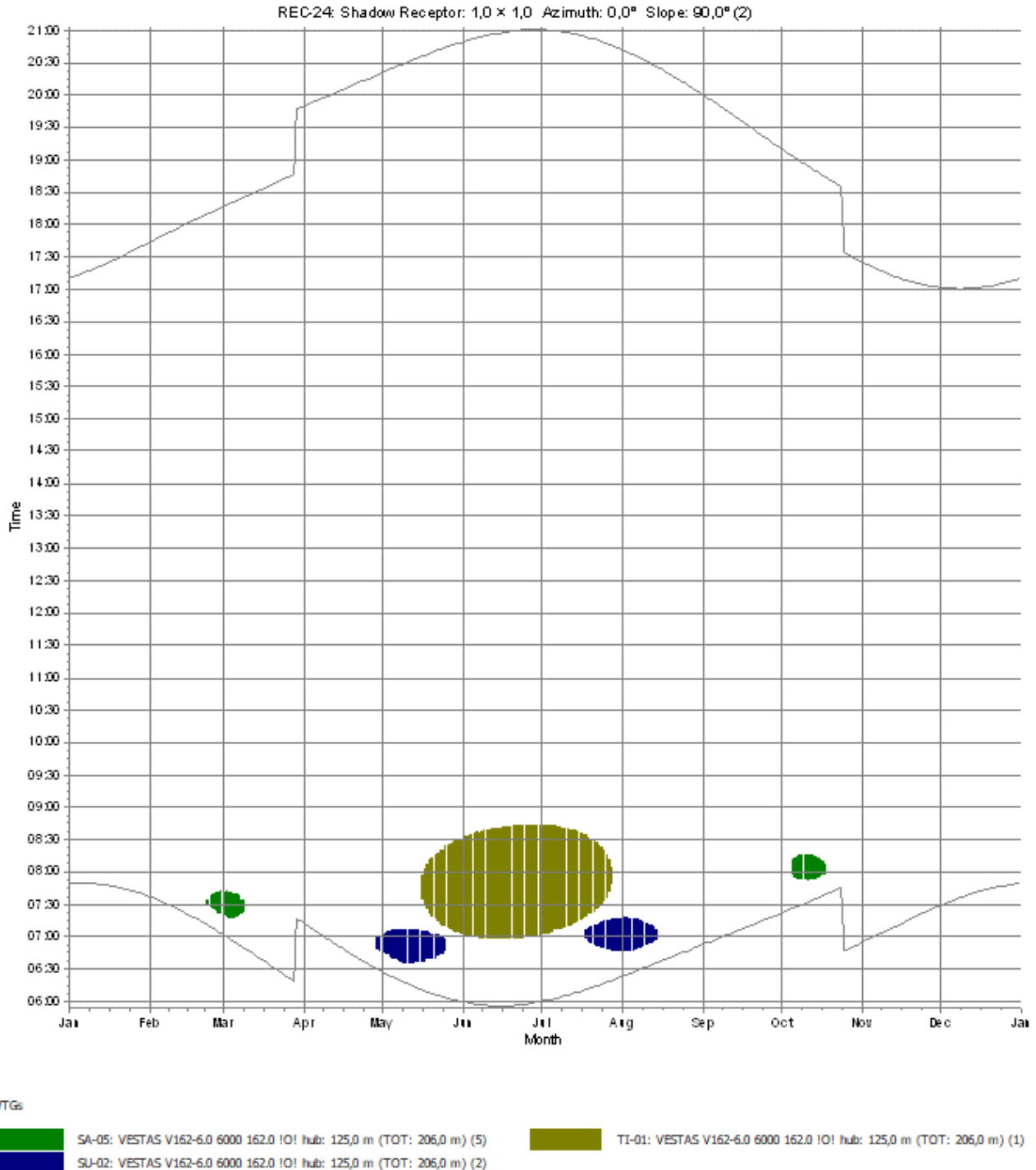
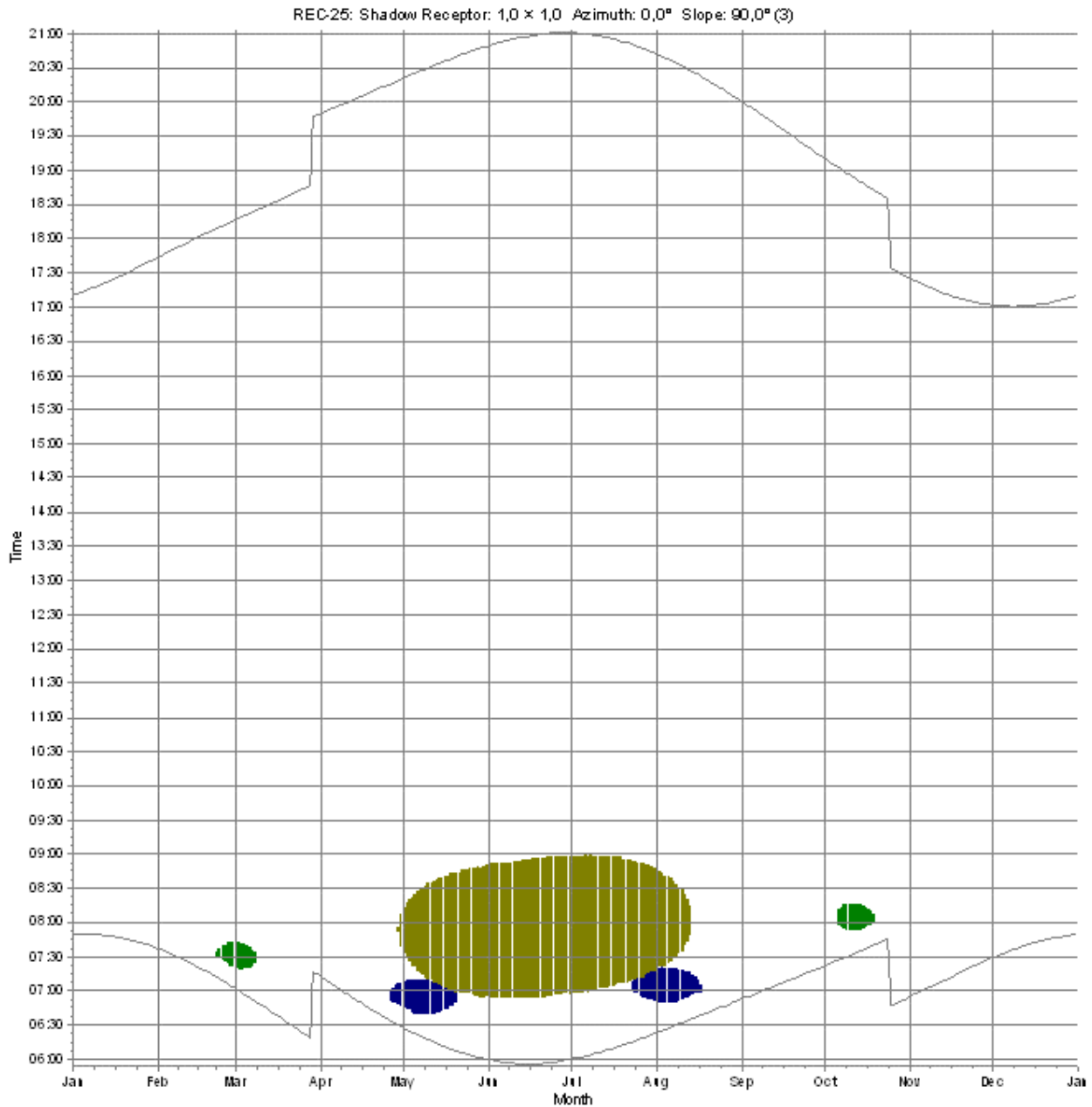


Figura 20 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering subito dal ricettore REC-24.

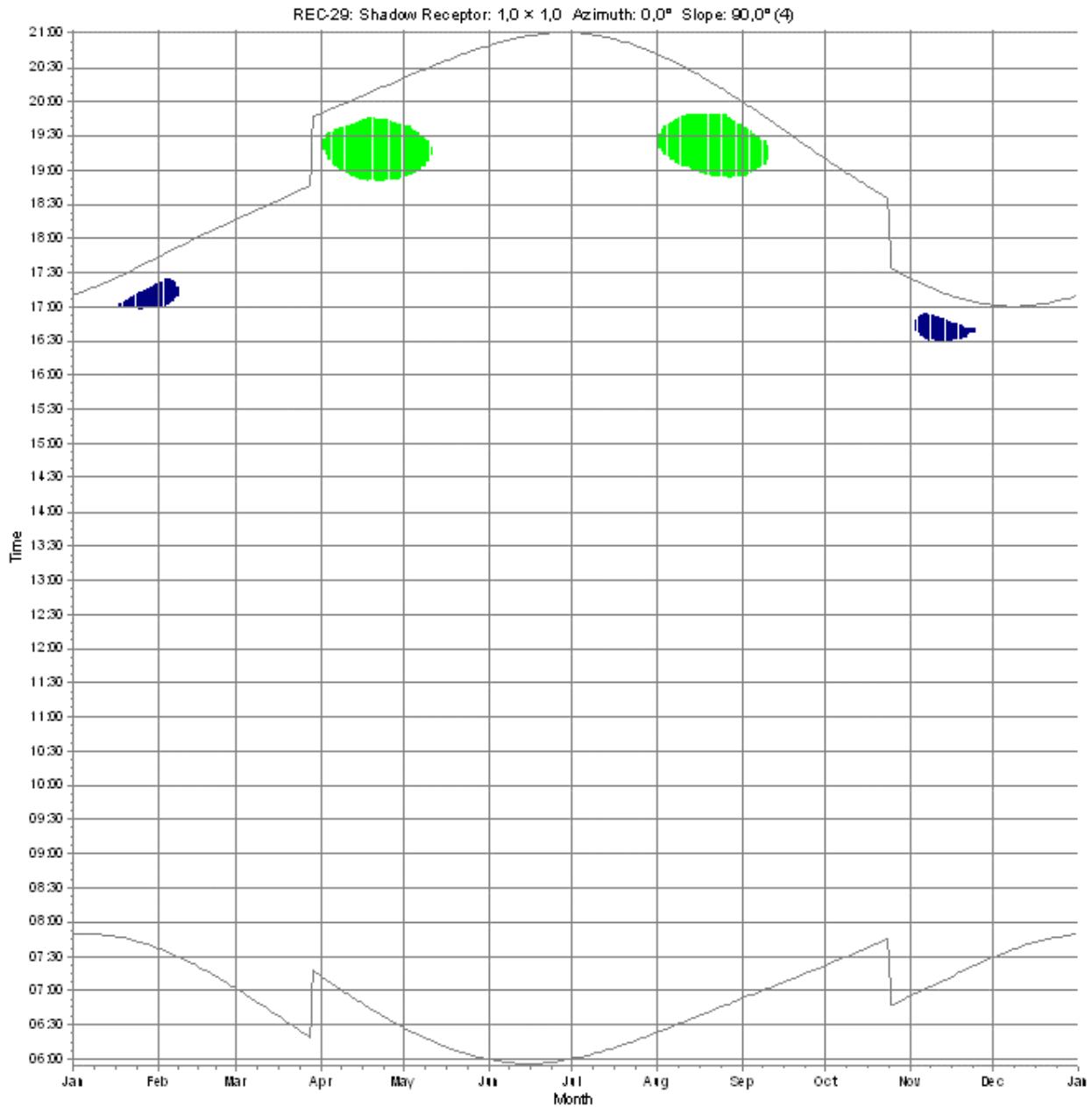


WTGs

SA-05: VESTAS V162-6.0 6000 162.0 10! hub: 125,0 m (TOT: 205,0 m) (5)
SU-02: VESTAS V162-6.0 6000 162.0 10! hub: 125,0 m (TOT: 205,0 m) (2)

TI-01: VESTAS V162-6.0 6000 162.0 10! hub: 125,0 m (TOT: 205,0 m) (1)

Figura 21 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering subito dal ricettore REC-25.



WTGs

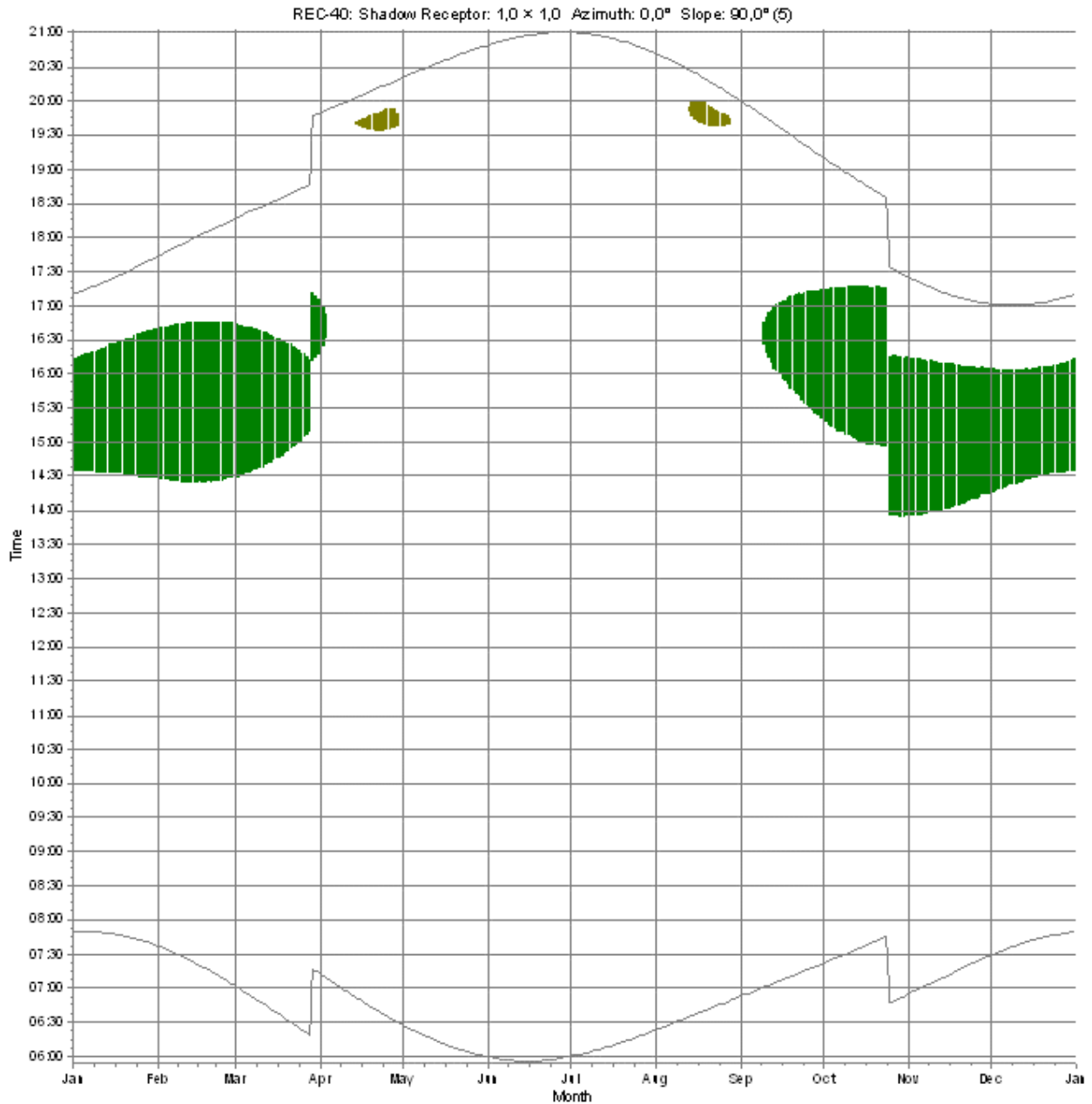


SU-02: VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 125,0 m (TOT: 206,0 m) (2)



SU-04: VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 125,0 m (TOT: 206,0 m) (4)

Figura 22 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering subito dal ricettore REC-29.



WTGs

SA-05: VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !0! Hub: 125,0 m (TOT: 206,0 m) (5)

TI-01: VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !0! Hub: 125,0 m (TOT: 206,0 m) (1)

Figura 23 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering subito dal ricettore REC-40.

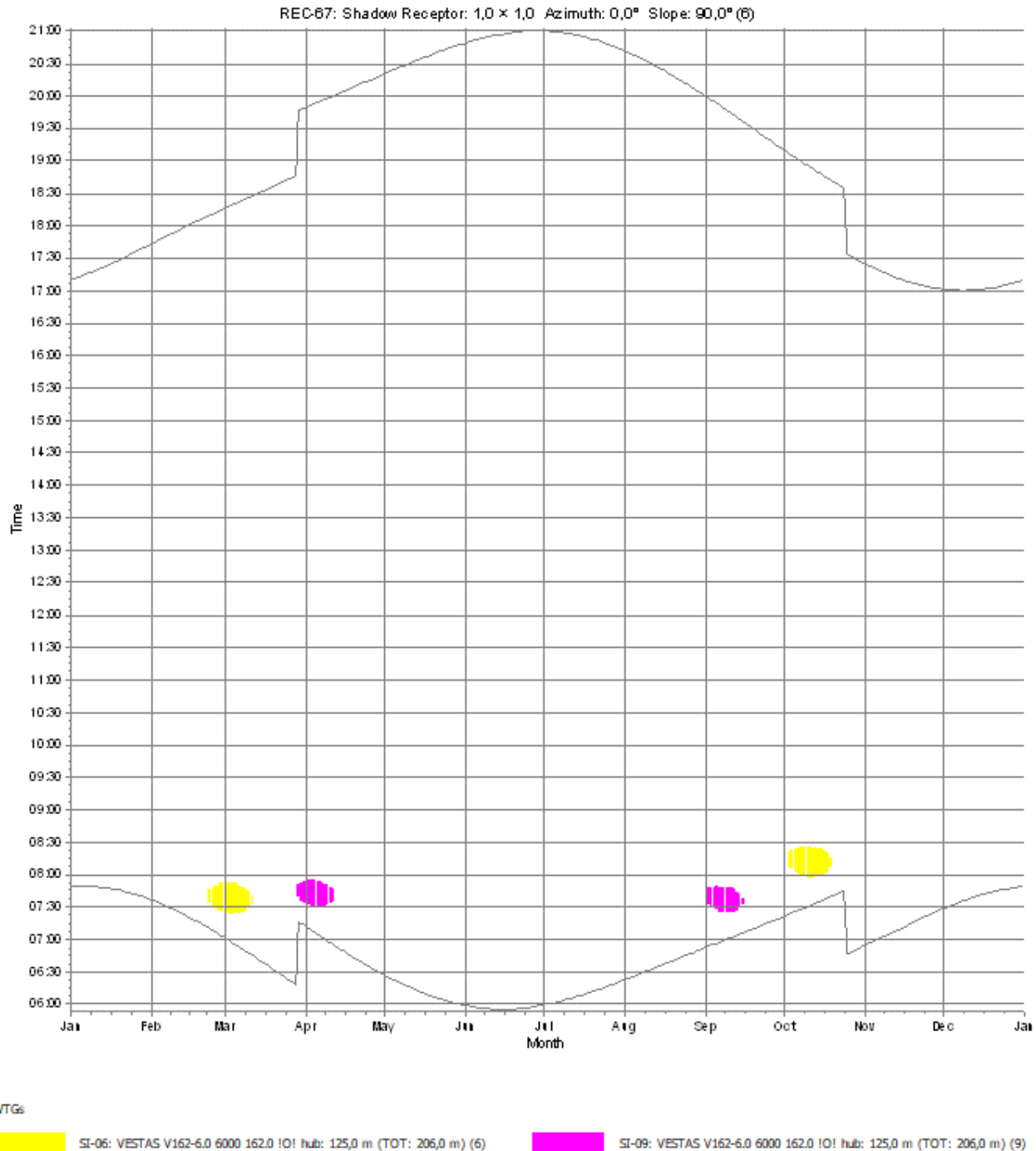
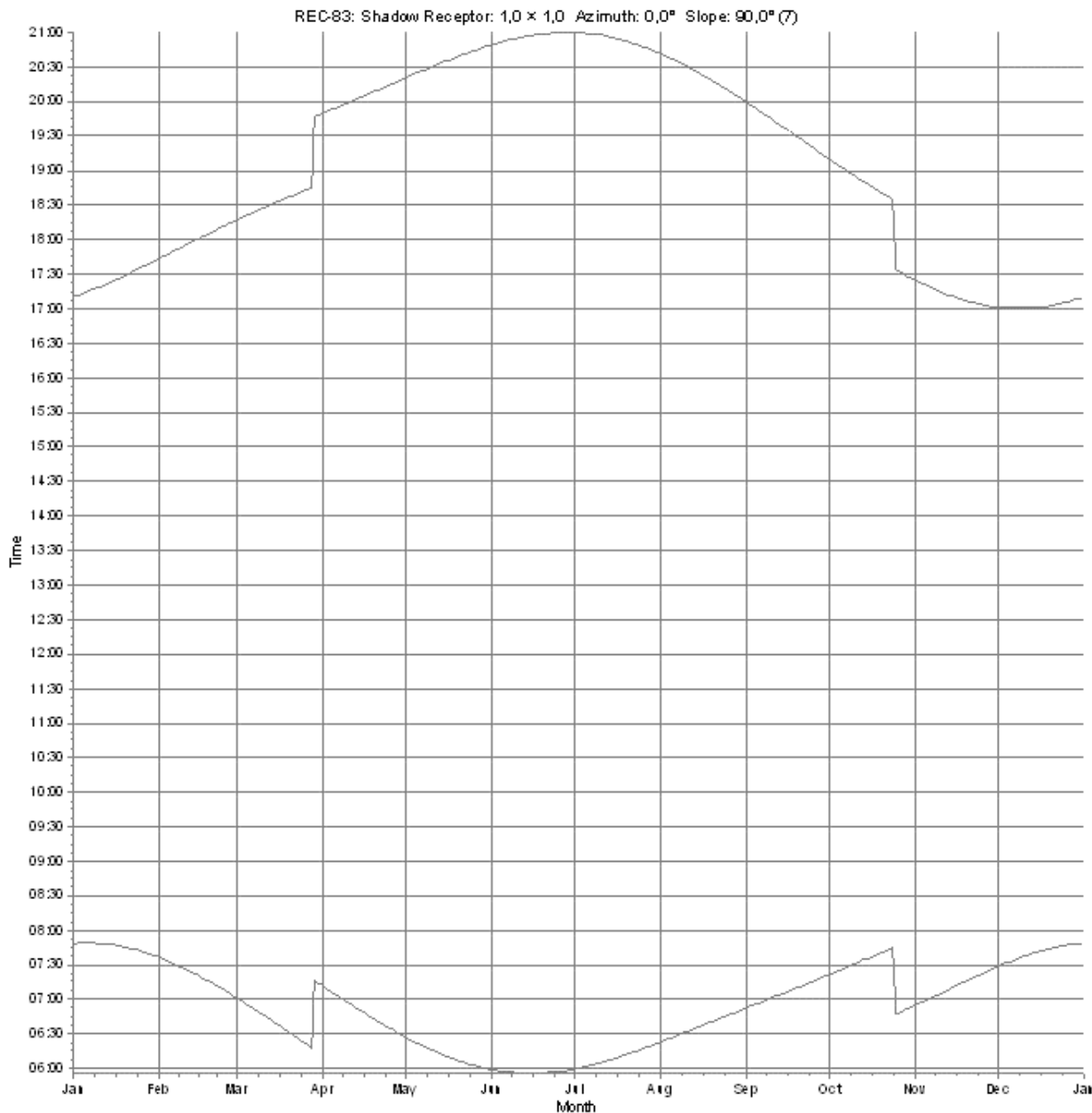


Figura 24 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering subito dal ricettore REC-67.



WTGs

Figura 25 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering subito dal ricettore REC-83.

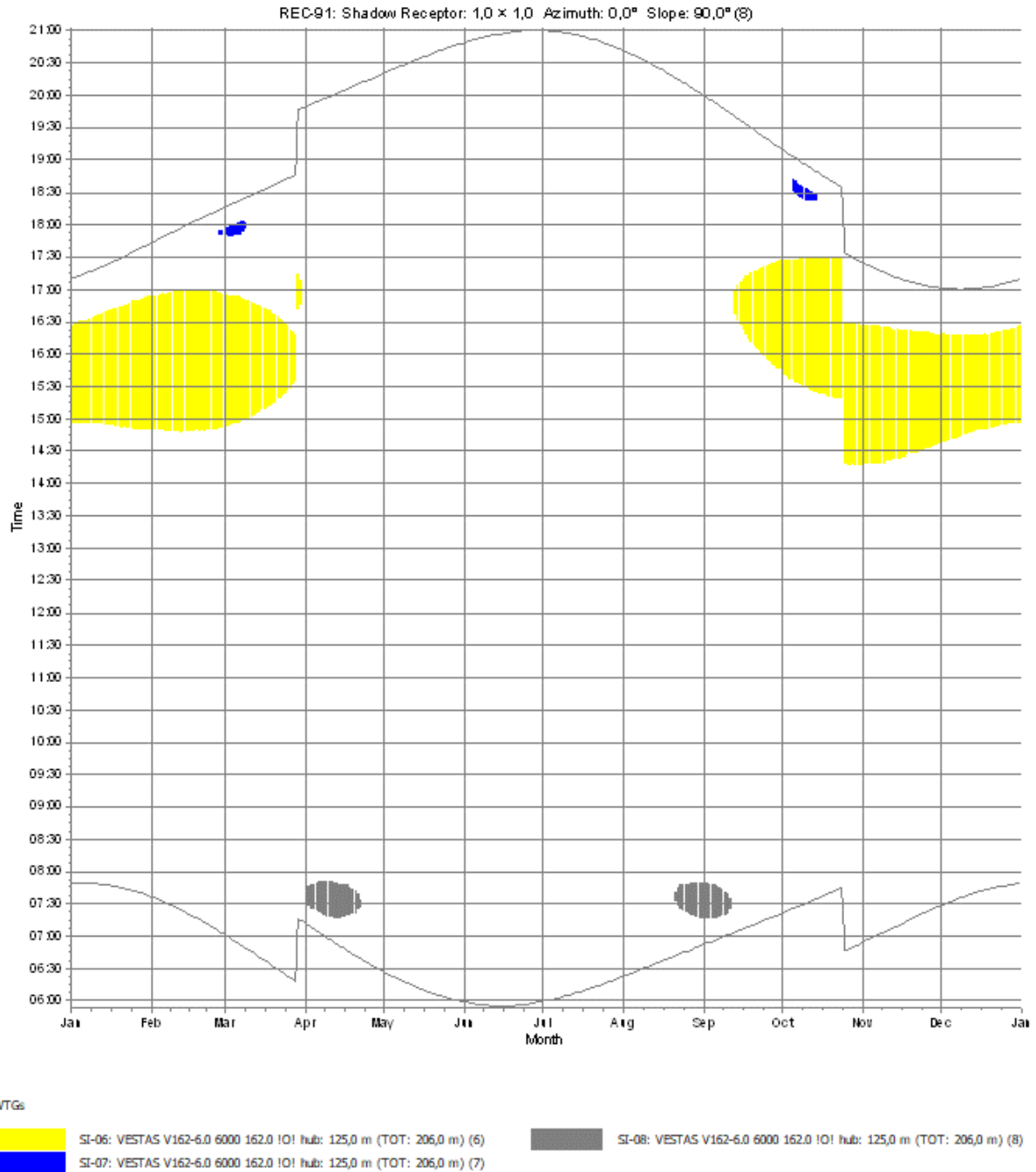
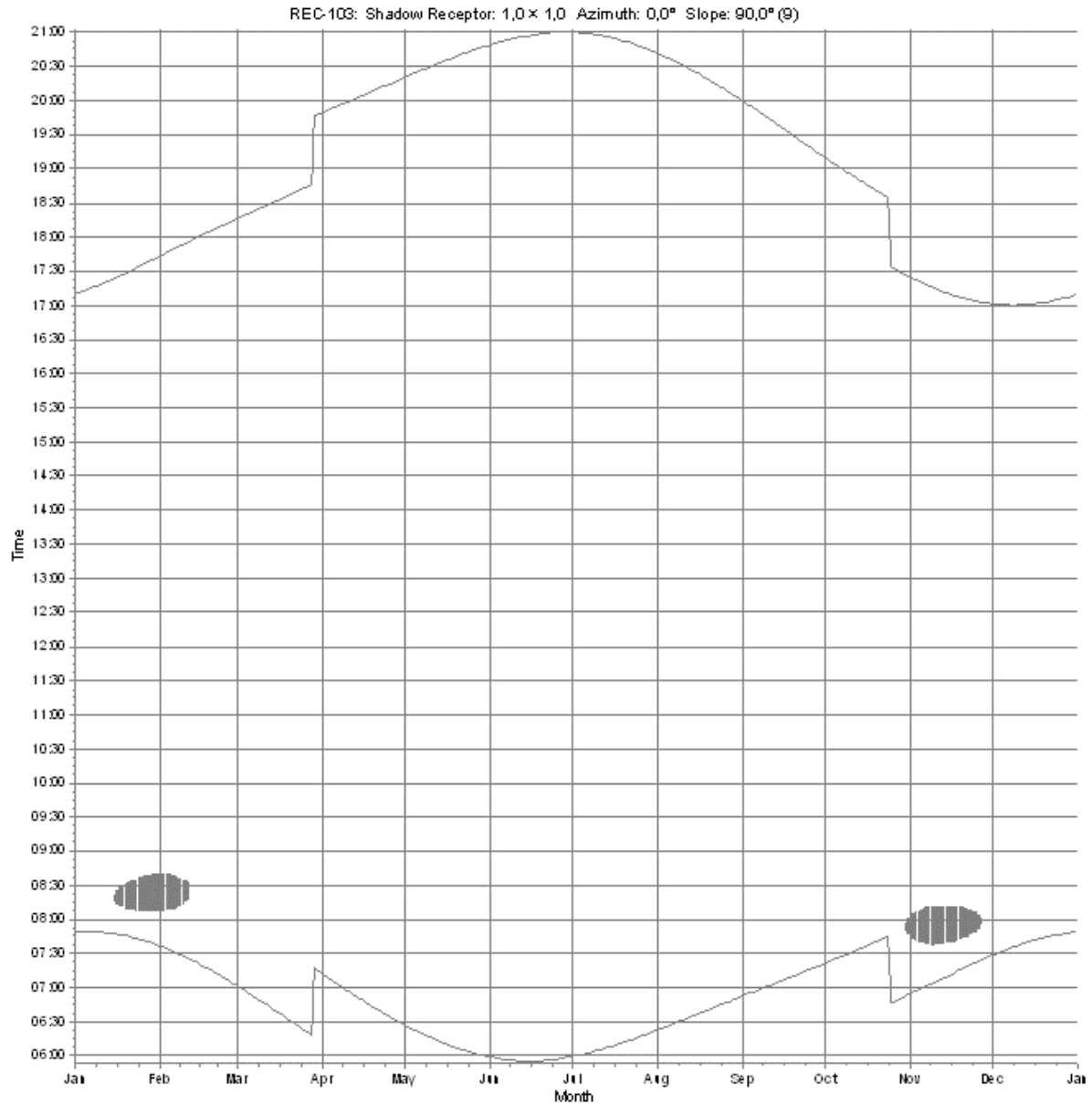


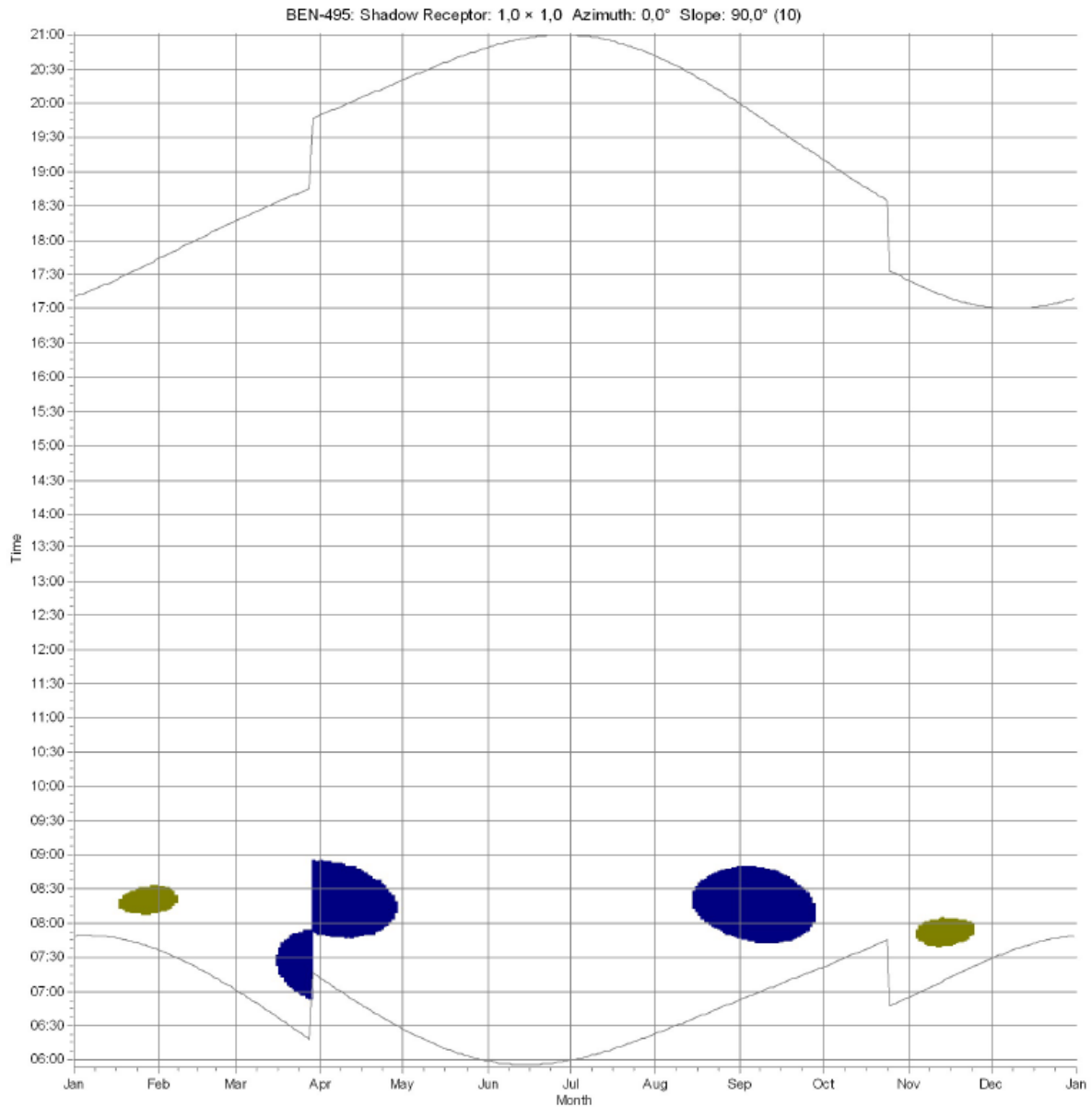
Figura 26 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering subito dal ricettore REC-91.



WTG:

SI-08: VESTAS V162-6.0 6000 162,0 101 hub: 125,0 m (TOT: 206,0 m) (8)

Figura 27 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering subito dal ricettore REC-103.



WTGs

SI-07: VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !0! hub: 125,0 m (TOT: 206,0 m) (7)

SI-10: VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !0! hub: 125,0 m (TOT: 206,0 m) (10)

Figura 28 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering subito dal ricettore BEN-495.

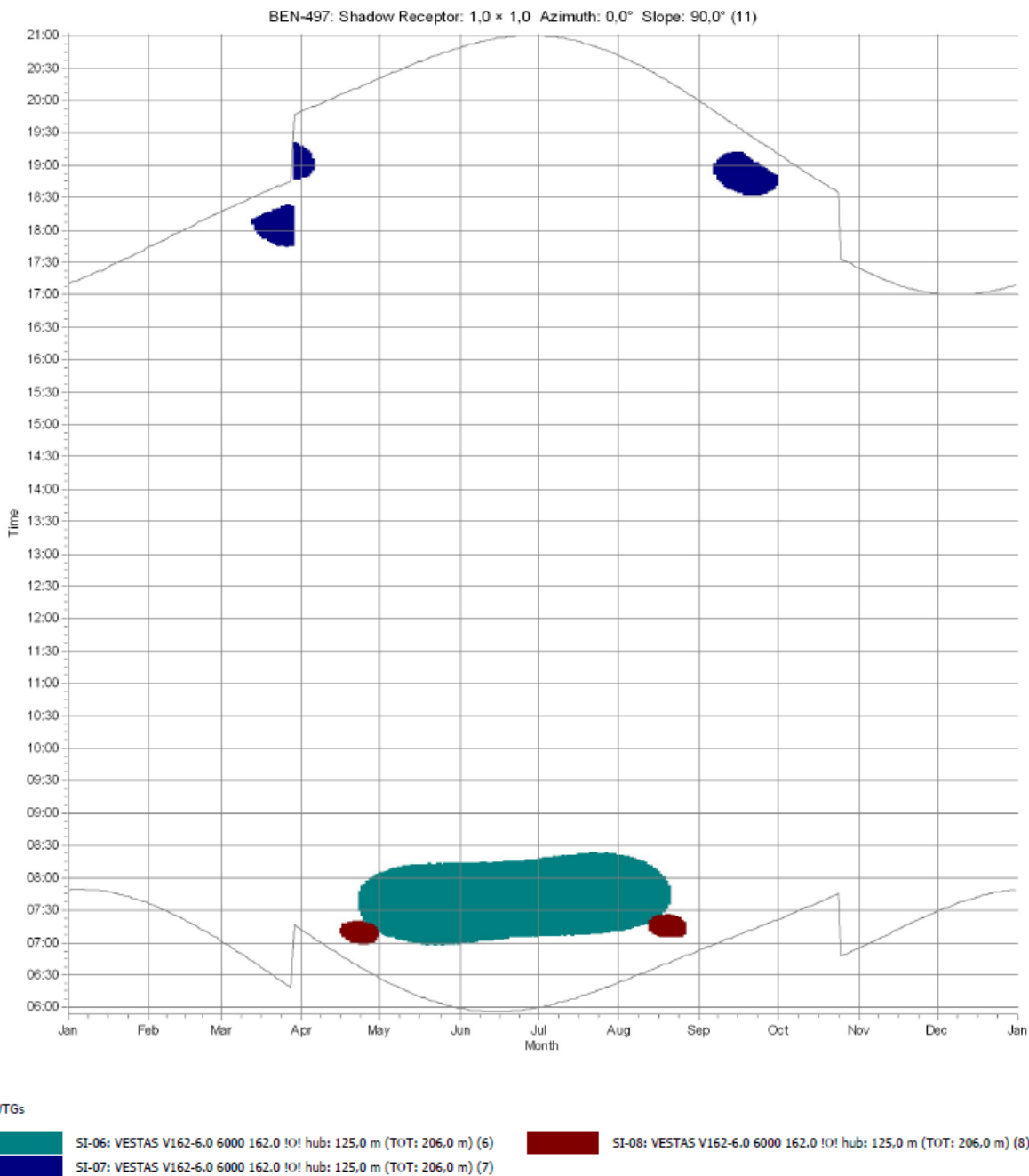
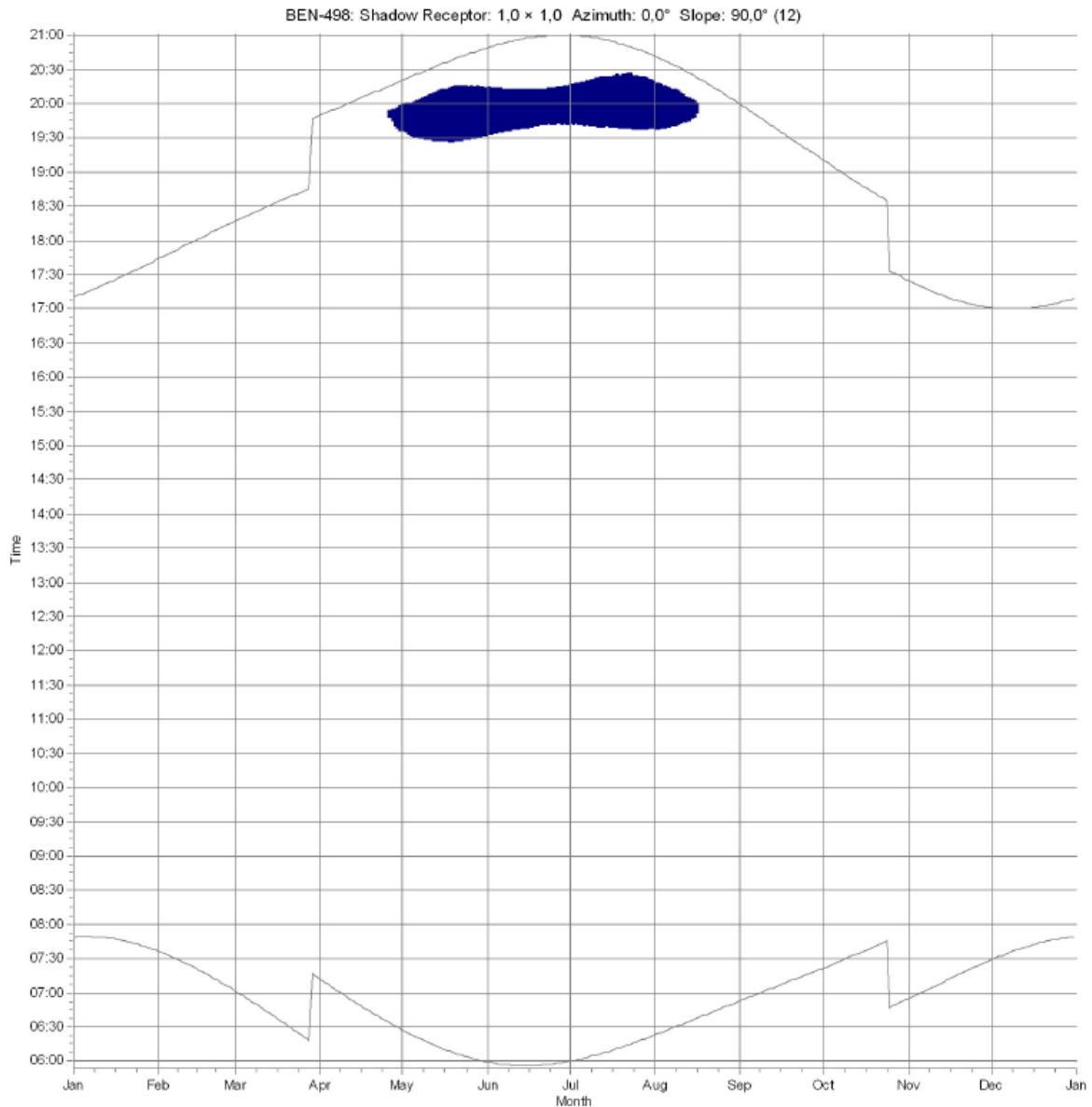


Figura 29 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering subito dal ricettore BEN-497.



WTGs

SI-07: VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !0! hub: 125,0 m (TOT: 206,0 m) (7)

Figura 30 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering subito dal ricettore BEN-498.

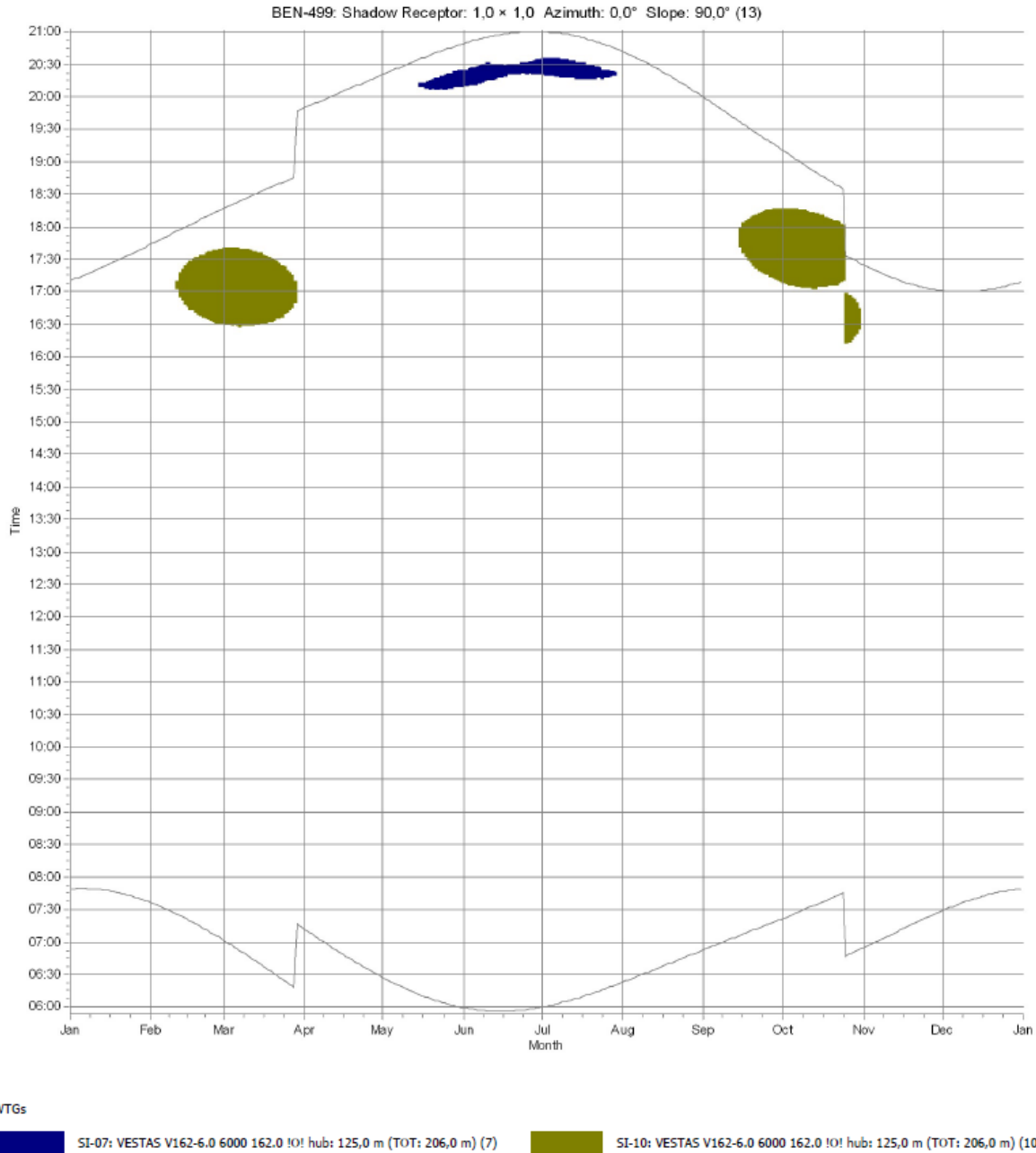


Figura 31 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering subito dal ricettore BEN-499.

6.1.2 Effetto shadow Flickering generato dai singoli Aerogeneratori

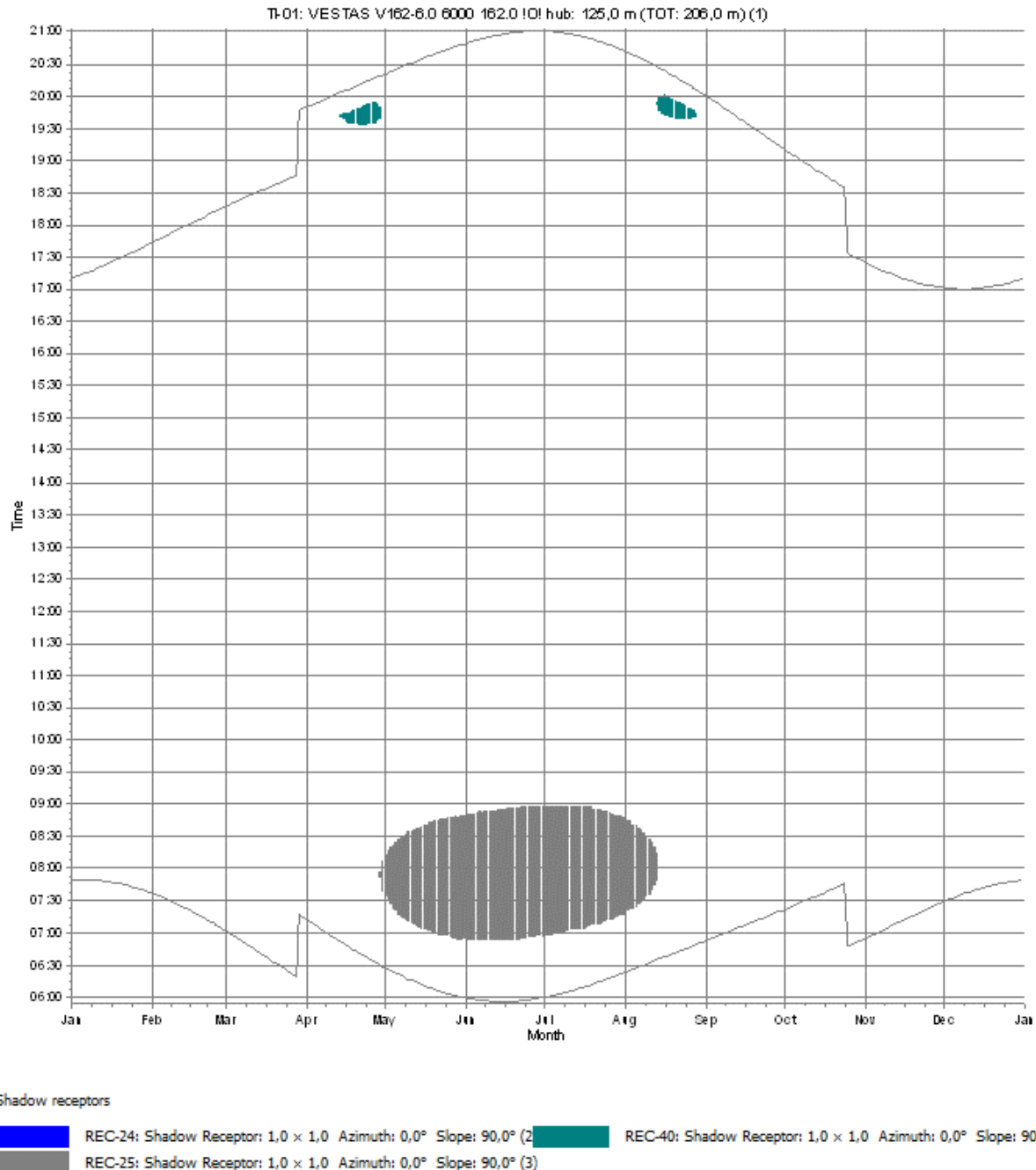
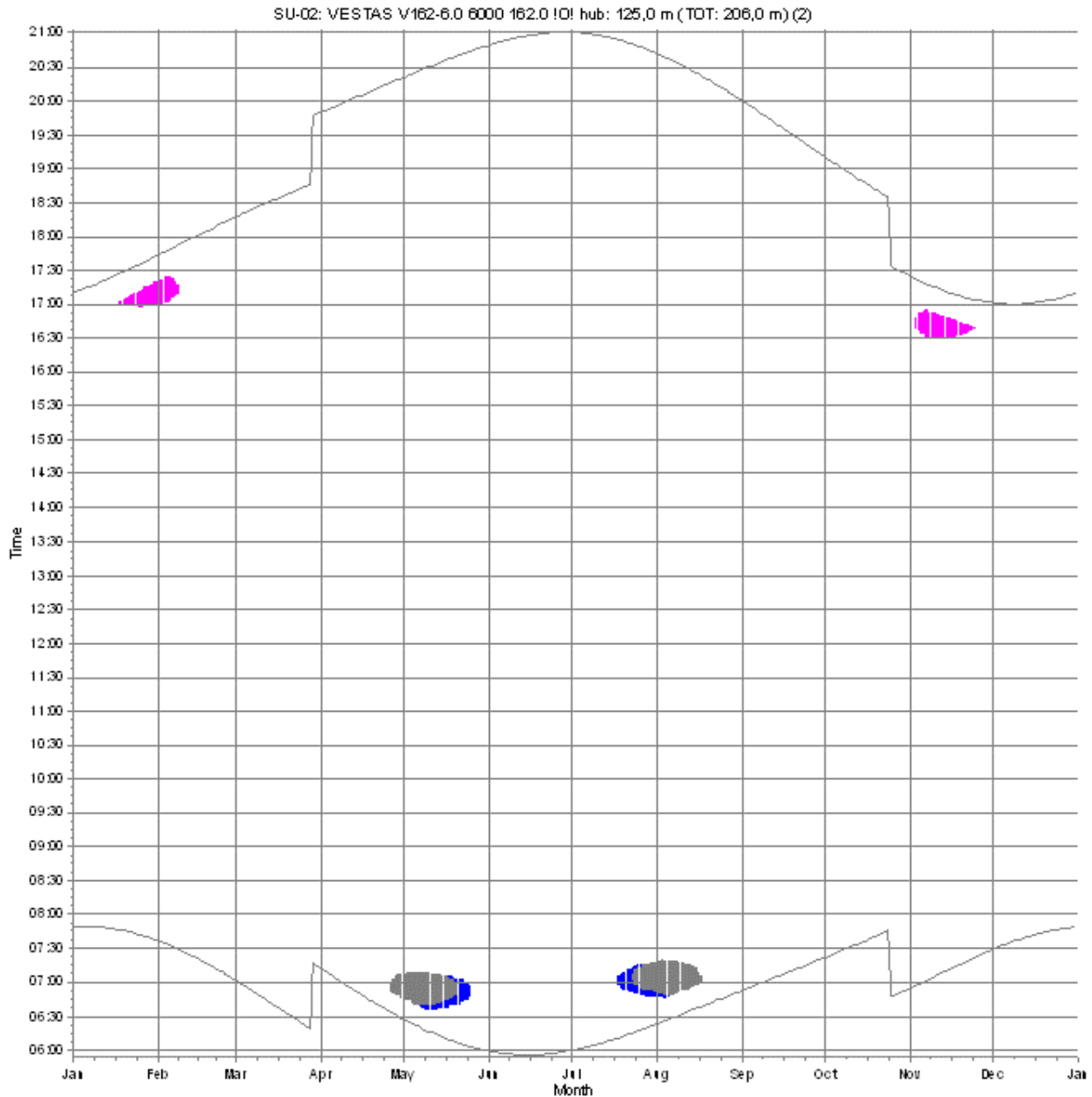


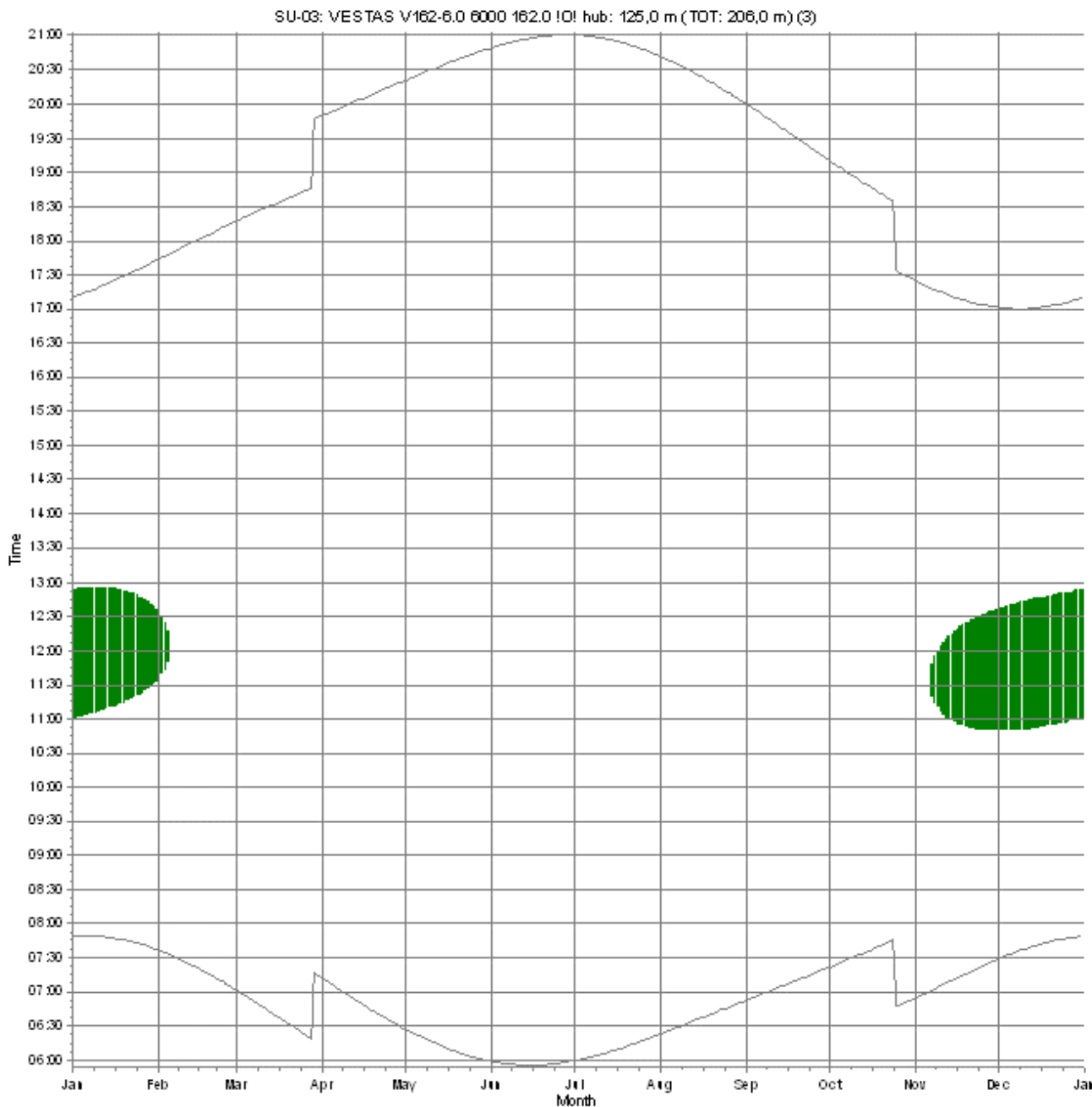
Figura 32 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto di shadow flickering dovuto alla turbina TI-01.



Shadow receptors

- REC-24: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)
- REC-25: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3)
- REC-29: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (4)

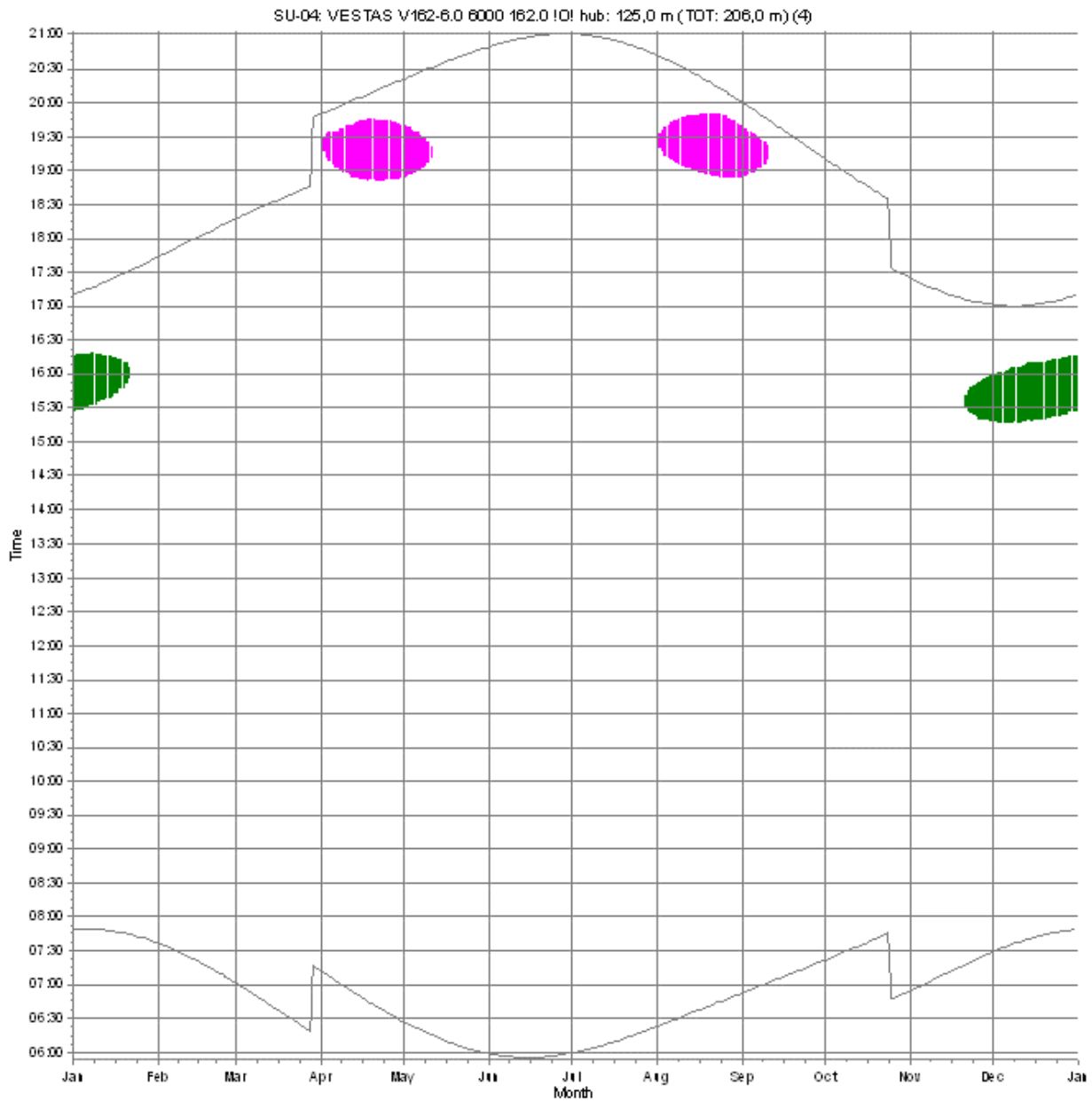
Figura 33 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto di shadow flickering dovuto alla turbina SU-02.



Shadow receptors

REC-03: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (1)

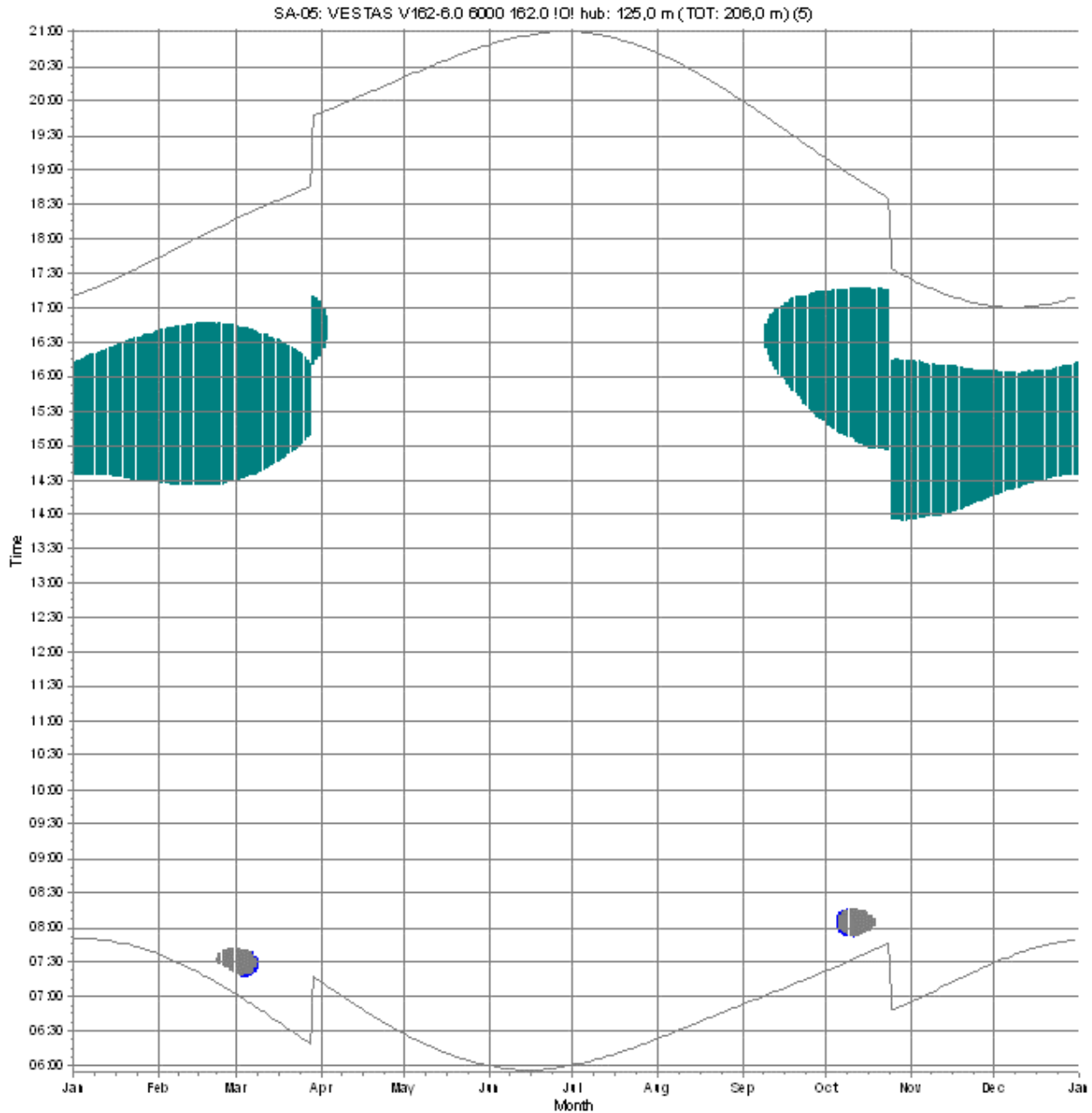
Figura 34 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto di shadow flickering dovuto alla turbina SU-03.



Shadow receptors

REC-03: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (1) REC-29: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (4)

Figura 35 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering dovuto alla turbina SU-04.



Shadow receptors




-  REC-24: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)
-  REC-40: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (5)
-  REC-25: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3)

Figura 36 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering dovuto alla turbina SA-05.

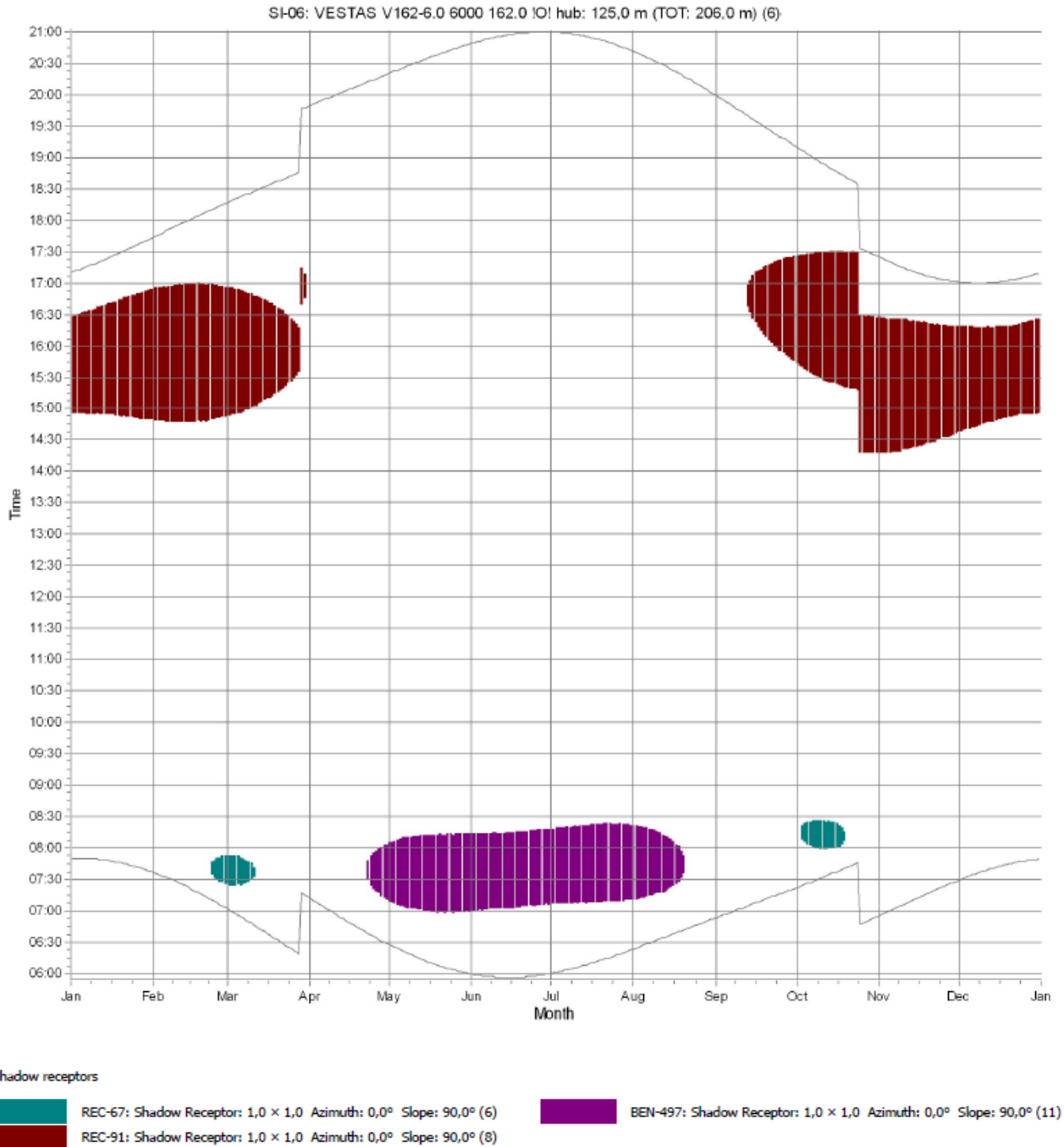
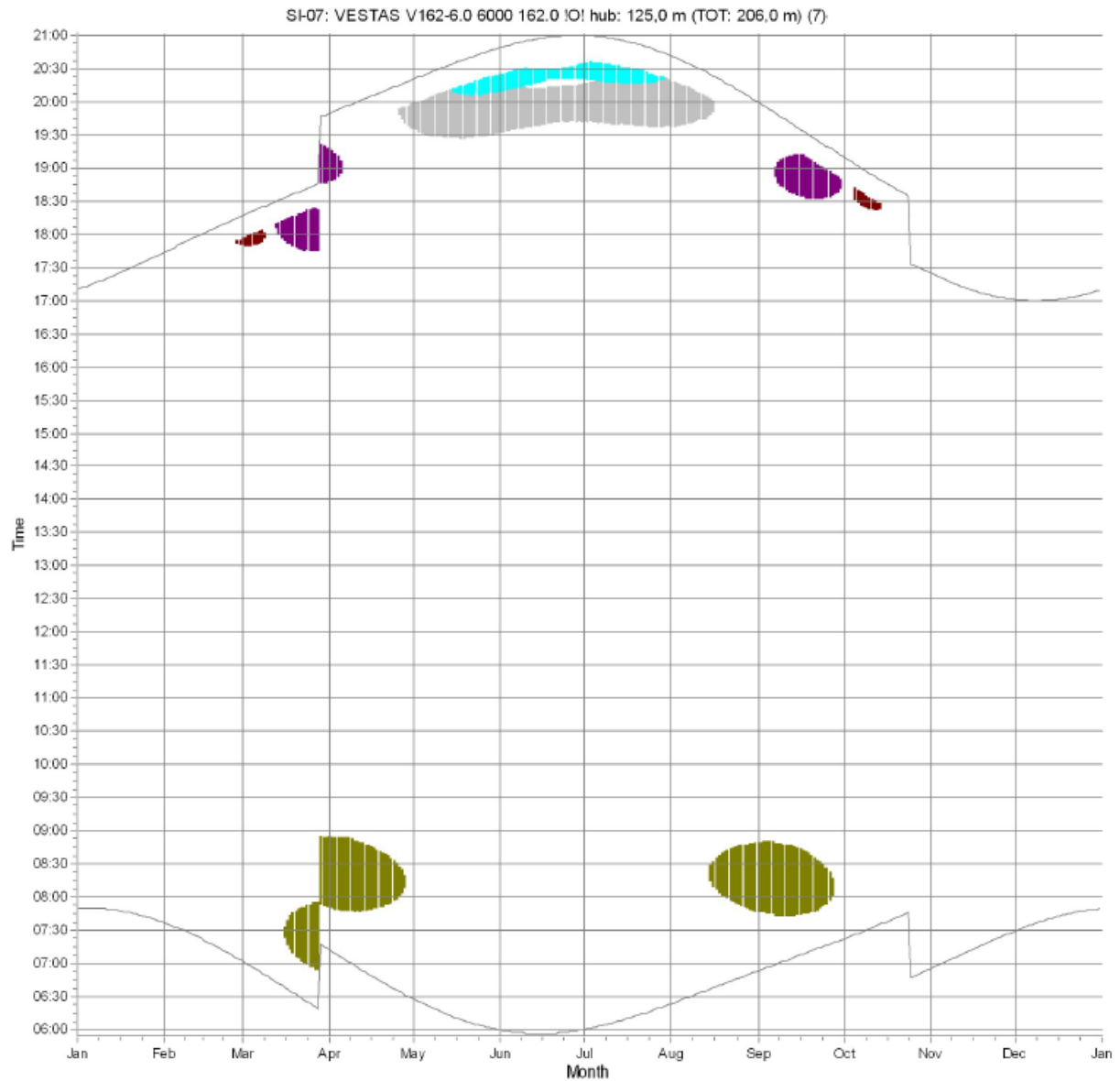


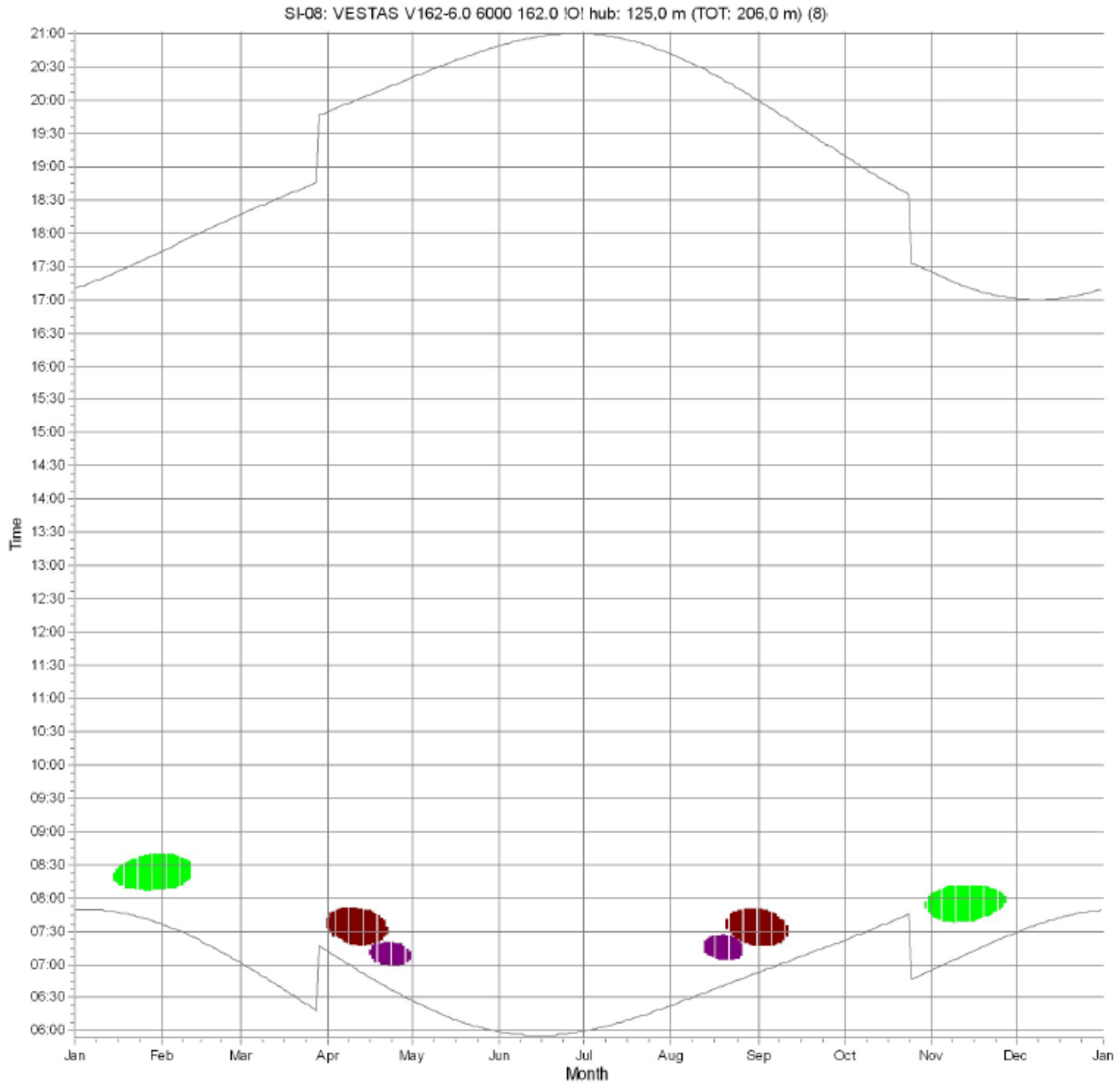
Figura 37 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering dovuto alla turbina SI-06.



Shadow receptors

	REC-91: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (8)		BEN-498: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (12)
	BEN-495: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (10)		BEN-499: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (13)
	BEN-497: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (11)		

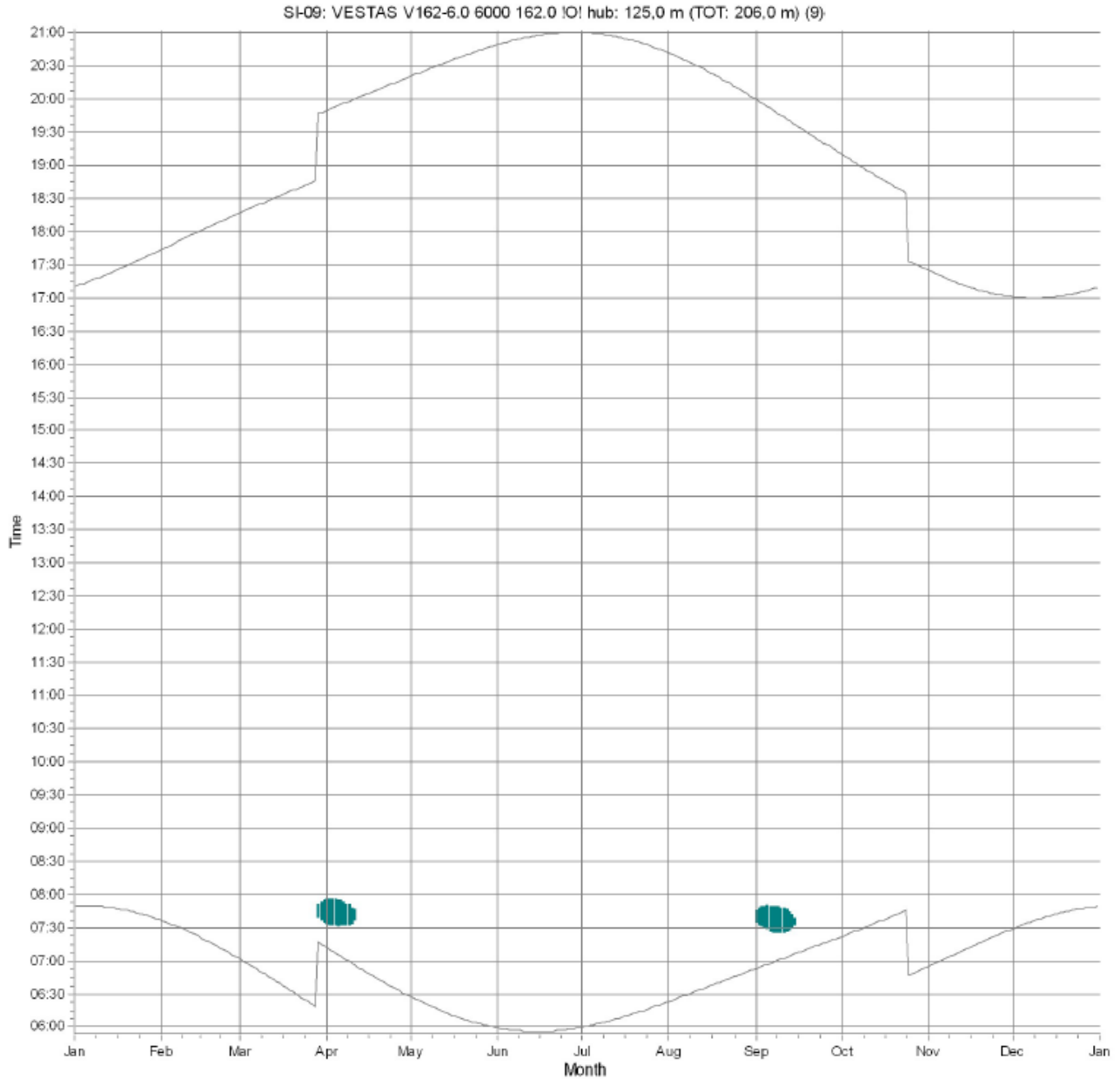
Figura 38 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering dovuto alla turbina SI-07.



Shadow receptors

- REC-91: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (8)
- BEN-497: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (11)
- REC-103: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (9)

Figura 39 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto di shadow flickering dovuto alla turbina SI-08.



Shadow receptors

REC-67: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (6)

Figura 40 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering dovuto alla turbina SI-09.

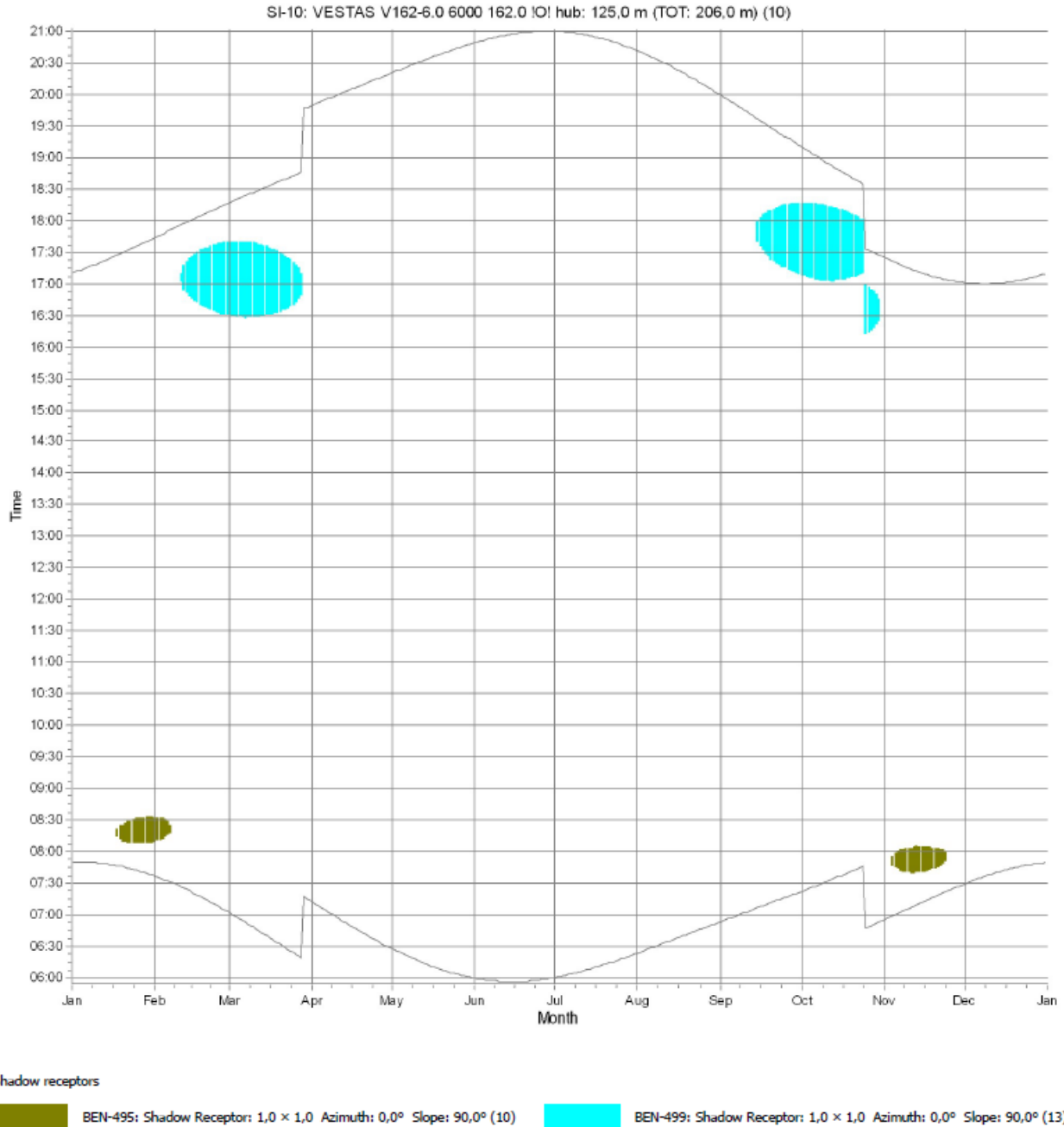


Figura 41 Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto **nullo** di shadow flickering dovuto alla turbina SI-10.



PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.48

6.2 Risultati del "CALENDAR TIME" (Worst Case)

6.2.1 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subito da ogni ricettore

Tabella 5 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore REC-03

Shadow receptor: REC-03 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (1) Assumptions for shadow calculations

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions: The sun is shining all the day, from sunrise to sunset The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun The WTG is always operating

Table with columns for months (January to December) and rows for individual events, showing start/end times and durations.





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.49

Tabella 6 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal receptor REC-24

Shadow receptor: REC-24 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2) Assumptions for shadow calculations

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions: The sun is shining all the day, from sunrise to sunset The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun The WTG is always operating

Table with columns for months (January to December) and time intervals (hh:mm). It lists shadow flickering events with start and end times and a count for each day.

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È Vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



Tabella 7 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricevitore REC-25

Shadow receptor: REC-25 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3)

Assumptions for shadow calculations

- The calculated times are "worst case" given by the following assumptions:
The sun is shining all the day, from sunrise to sunset
The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun
The WTG is always operating

Table with columns for months (January to December) and rows for individual shadow flickering events, including start/end times and total counts.





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.51

Tabella 8 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore REC-29

Shadow receptor: REC-29 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (4) Assumptions for shadow calculations

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions: The sun is shining all the day, from sunrise to sunset The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun The WTG is always operating

Table with columns for months (January to December) and times of day (06:00 to 21:00). It lists specific dates and times for shadow flickering events, such as 1/07/19 at 17:41 and 31/12/23 at 17:29.

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.52

Tabella 9 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore REC-40

Shadow receptor: REC-40 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (5) Assumptions for shadow calculations

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions: The sun is shining all the day, from sunrise to sunset The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun The WTG is always operating

Table with columns for months (January to December) and rows for individual events, including start/end times and coordinates.

Potential sun hours

Total, worst case

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.53

Tabella 10 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricevitore REC-67

Shadow receptor: REC-67 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (6) Assumptions for shadow calculations

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions: The sun is shining all the day, from sunrise to sunset The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun The WTG is always operating

Table with columns for months (January to December) and days, listing shadow flickering events with start and end times.





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.54

Tabella 11 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore REC-83

Shadow receptor: REC-83 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (7) Assumptions for shadow calculations

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions:
 The sun is shining all the day, from sunrise to sunset
 The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun
 The WTG is always operating

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
1	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
2	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
3	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
4	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
5	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
6	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
7	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
8	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
9	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
10	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
11	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
12	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
13	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
14	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
15	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
16	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
17	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
18	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
19	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
20	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
21	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
22	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
23	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
24	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
25	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
26	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
27	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
28	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
29	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
30	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
31	07:49	07:36	07:51	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:28
Potential sum hours	300	298	370	398	446	450	457	426	375	346	300	290
Total, worst case												



PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.55

Tabella 12 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore REC-91

Shadow receptor: REC-91 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (8) Assumptions for shadow calculations

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions: The sun is shining all the day, from sunrise to sunset The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun The WTG is always operating

Table with columns for months (January to December) and rows for event numbers (1 to 3263). Each cell contains a date in YYYY-MM-DD format.

Estimated sun hours: 2400

Table worst case: 2400





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.56

Tabella 13 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore REC-103

Shadow receptor: REC-103 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (9) Assumptions for shadow calculations

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions: The sun is shining all the day, from sunrise to sunset The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun The WTG is always operating

Table with columns for months (January to December) and days, listing shadow flickering events with start and end times.

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È Vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.57

Tabella 14 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore BEN-495

Calculation: Worst Case Shadow receptor: BEN-495 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (10)

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions:
The sun is shining all the day, from sunrise to sunset
The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun
The WTG is always operating

Table with columns for months from January to December, showing event counts and times for shadow flickering. Total worst case is 290 events.





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023 REV: 2 Pag.58

Tabella 15 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore BEN-497

Calculation: Worst Case Shadow receptor: BEN-497 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (11) Assumptions for shadow calculations

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

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

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

The WTG is always operating

Table with columns for months (January to December) and rows for individual shadow flickering events, including start/end times and event counts.

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



Tabella 16 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore BEN-498

Calculation: Worst Case Shadow receptor: BEN-498 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (12) Assumptions for shadow calculations

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

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

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

The WTG is always operating

Table with columns for months (January to December) and days, listing shadow flickering events with start and end times.





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.60

Tabella 17 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore BEN-499

Calculation: Worst Case Shadow receptor: BEN-499 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (13)

Assumptions for shadow calculations

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

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

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

The WTG is always operating

Table with columns for months (January to December) and rows for individual shadow flickering events, including start/end times and event IDs.

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.61

6.2.2 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering generati da ogni aerogeneratore

Tabella 18 Lista giornaliera degli eventi di shadow flickering dovuta alla turbina TI-01.

Calculation: Worst Case WTG: TI-01 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 125,0 m (TOT: 206,0 m) Assumptions for shadow calculations

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

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

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

The WTG is always operating

Table with columns for months (January to December) and rows for individual events (1 to 31) showing start and end times for shadow flickering. Includes summary rows for 'Potential sun hours' and 'Sum of minutes with flicker'.

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.63

Tabella 20 Lista giornaliera degli eventi di shadow flickering dovuta alla turbina SU-03.

Calculation: Worst Case WTG: SU-03 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 125,0 m (TOT: 206,0 m) Assumptions for shadow calculations

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions: The sun is shining all the day, from sunrise to sunset The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun The WTG is always operating

Table with columns for months (January to December) and rows for time intervals (e.g., 07:49, 11:02-12:52/110) showing shadow flickering events.





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.64

Tabella 21 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering dovuta alla turbina SU-04.

Calculation: Worst Case WTG: SU-04 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 125,0 m (TOT: 206,0 m) Assumptions for shadow calculations

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions: The sun is shining all the day, from sunrise to sunset The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun The WTG is always operating

Table with 12 columns for months (January to December) and multiple rows of time intervals (start/end times) for shadow flickering events. Includes summary rows for 'Potential sun hours' and 'Sum of minutes with flicker'.

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.65

Tabella 22 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering dovuta alla turbina SA-05.

Calculation: Worst Case WTG: SA-05 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 125,0 m (TOT: 206,0 m) (5) Assumptions for shadow calculations

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions: The sun is shining all the day, from sunrise to sunset The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun The WTG is always operating

Table with 12 columns (January to December) and multiple rows of shadow flickering event data including start/end times and durations.

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023 REV: 2 Pag.66

Tabella 23 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering dovuta alla turbina SI-06.

Calculation: Worst Case WTG: SI-06 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 IO! hub: 125,0 m (TOT: 206,0 m) (6) Assumptions for shadow calculations

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions: The sun is shining all the day, from sunrise to sunset The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun The WTG is always operating

Table with columns for months (January to December) and rows for specific times of day, listing shadow flickering events.



PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.67

Tabella 24 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering dovuta alla turbina SI-07.

Calculation: Worst Case WTG: SI-07 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 125,0 m (TOT: 206,0 m) (7) Assumptions for shadow calculations

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions: The sun is shining all the day, from sunrise to sunset The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun The WTG is always operating

Table with 12 columns for months (January to December) and rows of shadow flickering events with start/end times and duration.

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.68

Tabella 25 Lista giornaliera degli eventi nulli di shadow flickering dovuta alla turbina SI-08.

Calculation: Worst Case WTG: SI-08 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 125,0 m (TOT: 206,0 m) Assumptions for shadow calculations

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions: The sun is shining all the day, from sunrise to sunset The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun The WTG is always operating

Table with 12 columns (January to December) and multiple rows of shadow flickering event data, including start/end times and minutes with flicker.

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.69

Tabella 26 Lista giornaliera degli eventi nulli di shadow flickering dovuta alla turbina SI-09.

WTG: SI-09 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 125,0 m (TOT: 206,0 m) (9) Assumptions for shadow calculations

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

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

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

The WTG is always operating

Table with 12 columns for months (January to December) and rows for specific times of day, showing shadow flickering events. Includes a summary row at the bottom: Potential sun hours | 300 | 298 | 0 | 43 | 398 | 204 | 146 | 150 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 253 | 316 | 0 | 0 | 0 | 0 | 290

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.70

Tabella 27 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering dovuta alla turbina SI-10.

Calculation: Worst Case WTG: SI-10 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 125,0 m (TOT: 206,0 m) Assumptions for shadow calculations

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



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

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

The WTG is always operating

Table with 12 columns for months (January to December) and rows for specific times of day, showing shadow flickering events. Includes a summary row at the bottom for 'Potential sun hours' and 'Sum of minutes with flicker'.



	PARCO EOLICO DI "SUNI" RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")	 Antex <small>group</small> Ingegneria & Innovazione	
		25/08/2023	REV: 2

7 ANALISI DEI RISULTATI PER SINGOLO RICETTORE (WORST CASE)

Dai risultati precedenti si evince che, ad eccezione del REC-83, tutti i ricettori considerati sono interessati dal fenomeno di *shadow flickering* in quanto caratterizzati da valori non nulli delle ore/anno, giorni/anno e ore/giorno di *shadow*. Di seguito si descrive l'analisi dei risultati ottenuti per ogni singolo ricettore.

Dall'analisi del "*Calendar Graph*" e del "*Calendar Time*" risulta che il fenomeno dello *shadow flickering* per il ricettore **REC-03** in "*WORST CASE*" si può verificare nel corso di un unico periodo continuativo durante l'anno e più precisamente dal 7 novembre al 4 febbraio per un minimo di 25 minuti per giorno fino ad un massimo di 161 minuti per giorno causato dalla turbina SU-03 alla mattina, all'interno della fascia oraria 10.45 / 13.00 circa, e al pomeriggio dalla turbina SU-04 all'interno della fascia oraria 15.15 / 16.15 circa.

Dall'analisi del "*Calendar Graph*" e del "*Calendar Time*" risulta che il fenomeno dello *shadow flickering* per il ricettore **REC-24** in "*WORST CASE*" si può verificare nel corso di 3 distinti periodi continuativi durante l'anno e più precisamente:



- *Periodo 1*: dal 23 febbraio al 9 marzo per un minimo di 4 minuti per giorno fino ad un massimo di 22 minuti per giorno causato dalla turbina SA-05 prevalentemente all'alba all'incirca alle 7.30;
- *Periodo 2*: dal 29 aprile al 14 agosto per un minimo di 8 minuti per giorno fino ad un massimo di 103 minuti per giorno causato dalle turbine TI-01 e SU-02 a partire dall'alba all'interno della fascia oraria 6.30 / 8.45;
- *Periodo 3*: dal 5 al 18 ottobre per un minimo di 8 minuti per giorno fino ad un massimo di 23 minuti per giorno causato dalla turbina SA-05 prevalentemente all'alba all'incirca alle 8.00.

Dall'analisi del "*Calendar Graph*" e del "*Calendar Time*" risulta che il fenomeno dello *shadow flickering* per il ricettore **REC-25** in "*WORST CASE*" si può verificare nel corso di 3 distinti periodi continuativi durante l'anno e più precisamente:

- *Periodo 1*: dal 22 febbraio al 8 marzo per un minimo di 2 minuti per giorno fino ad un massimo di 22 minuti per giorno causato dalla turbina SA-05 prevalentemente all'alba all'incirca alle 7.30;
- *Periodo 2*: dal 26 aprile al 17 agosto per un minimo di 4 minuti per giorno fino ad un massimo di 120 minuti per giorno causato dalle turbine TI-01 e SU-02 a partire dall'alba all'interno della fascia oraria 6.30 / 9.00;
- *Periodo 3*: dal 6 al 9 ottobre per un minimo di 6 minuti per giorno fino ad un massimo di 22 minuti per giorno causato dalla turbina SA-05 prevalentemente all'alba all'incirca alle 8.00.

Dall'analisi del "*Calendar Graph*" e del "*Calendar Time*" risulta che il fenomeno dello *shadow flickering* per il ricettore **REC-29** in "*WORST CASE*" si può verificare nel corso di 4 distinti periodi continuativi durante l'anno e più precisamente:

- *Periodo 1*: dal 18 gennaio al 8 febbraio per un minimo di 1 minuto per giorno fino ad un massimo di 21 minuti per giorno causato dalla turbina SU-02 prevalentemente al tramonto all'incirca alle 17.00;
- *Periodo 2*: dal 2 aprile al 11 maggio per un minimo di 6 minuti per giorno fino ad un massimo di 54 minuti per giorno

	PARCO EOLICO DI "SUNI" RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")	 Antex <small>group</small> Ingegneria & Innovazione	
	25/08/2023	REV: 2	Pag.72

causato dalla turbina SU-04 prevalentemente al tramonto all'interno della fascia oraria 18.45 / 19.45;

- *Periodo 3:* dal 2 agosto al 10 settembre per un minimo di 11 minuti per giorno fino ad un massimo di 54 minuti per giorno causato dalla turbina SU-04 prevalentemente al tramonto all'interno della fascia oraria 19.00 / 20.00;
- *Periodo 4:* dal 3 al 24 novembre per un minimo di 1 minuto per giorno fino ad un massimo di 22 minuti per giorno causato dalla turbina SU-02 prevalentemente al tramonto all'incirca alle 16.45.

Dall'analisi del "Calendar Graph" e del "Calendar Time" risulta che il fenomeno dello *shadow flickering* per il ricevitore **REC-40** in "WORST CASE" si può verificare nel corso di 3 distinti periodi continuativi durante l'anno e più precisamente:

- *Periodo 1:* dal 9 settembre al 3 aprile per un minimo di 18 minuti per giorno fino ad un massimo di 139 minuti per giorno causato dalla turbina SA-05 prevalentemente al pomeriggio all'interno della fascia oraria 14.00 / 17.15;
- *Periodo 2:* dal 14 al 29 aprile per un minimo di 1 minuto per giorno fino ad un massimo di 18 minuti per giorno causato dalla turbina TI-01 prevalentemente al tramonto all'incirca alle 19.45;
- *Periodo 3:* dal 13 al 28 agosto per un minimo di 2 minuti per giorno fino ad un massimo di 17 minuti per giorno causato dalla turbina SA-05 prevalentemente al tramonto all'incirca alle 19.45.



Dall'analisi del "Calendar Graph" e del "Calendar Time" risulta che il fenomeno dello *shadow flickering* per il ricevitore **REC-67** in "WORST CASE" si può verificare nel corso di 4 distinti periodi continuativi durante l'anno e più precisamente:

- *Periodo 1:* dal 23 febbraio al 11 marzo per un minimo di 6 minuti per giorno fino ad un massimo di 26 minuti per giorno causato dalla turbina SI-06 prevalentemente all'alba all'incirca alle 7.45;
- *Periodo 2:* dal 29 marzo all'11 aprile per un minimo di 8 minuti per giorno fino ad un massimo di 22 minuti per giorno causato dalla turbina SI-09 prevalentemente all'alba all'incirca alle 7.45;
- *Periodo 3:* dal 1 al 15 settembre per un minimo di 4 minuti per giorno fino ad un massimo di 22 minuti per giorno causato dalla turbina SI-06 prevalentemente all'alba all'incirca alle 7.45;
- *Periodo 4:* dal 3 al 19 ottobre per un minimo di 7 minuti per giorno fino ad un massimo di 26 minuti per giorno causato dalla turbina SI-06 prevalentemente all'alba all'incirca alle 8.15.

Dall'analisi del "Calendar Graph" e del "Calendar Time" risulta che il fenomeno dello *shadow flickering* per il ricevitore **REC-83** in "WORST CASE" non viene a verificarsi in alcun periodo dell'anno.

Dall'analisi del "Calendar Graph" e del "Calendar Time" risulta che il fenomeno dello *shadow flickering* per il ricevitore **REC-91** in "WORST CASE" si può verificare nel corso di 3 distinti periodi continuativi durante l'anno e più precisamente:

- *Periodo 1:* dal 13 settembre al 30 marzo per un minimo di 19 minuti per giorno fino ad un massimo di 130 minuti per giorno causato dalla turbina SI-06 e SI-07 prevalentemente al pomeriggio all'interno della fascia oraria 14.15 / 18.45;
- *Periodo 2:* dal 1 al 22 aprile per un minimo di 5 minuti per giorno fino ad un massimo di 31 minuti per giorno causato dalla turbina SI-08 prevalentemente all'alba all'interno della fascia oraria 7.15 / 7.50;
- *Periodo 3:* dal 21 agosto al 11 settembre per un minimo di 7 minuti per giorno fino ad un massimo di 31 minuti per

	PARCO EOLICO DI "SUNI" RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")	 Antex <small>group</small> Ingegneria & Innovazione	
	25/08/2023	REV: 2	Pag.73

giorno causato dalla turbina SI-08 prevalentemente all'alba all'interno della fascia oraria 7.15 / 7.50.

Dall'analisi del "Calendar Graph" e del "Calendar Time" risulta che il fenomeno dello *shadow flickering* per il ricevitore **REC-103** in "WORST CASE" si può verificare nel corso di 2 distinti periodi continuativi durante l'anno e più precisamente:

- *Periodo 1:* dal 15 gennaio al 11 febbraio per un minimo di 4 minuti per giorno fino ad un massimo di 31 minuti per giorno causato dalla turbina SI-08 prevalentemente all'alba all'interno della fascia oraria 8.10 / 8.40;
- *Periodo 2:* dal 30 ottobre al 27 novembre per un minimo di 4 minuti per giorno fino ad un massimo di 31 minuti per giorno causato dalla turbina SI-08 prevalentemente all'alba all'interno della fascia oraria 7.30 / 8.15.

Dall'analisi del "Calendar Graph" e del "Calendar Time" risulta che il fenomeno dello *shadow flickering* per il ricevitore **BEN-495** in "WORST CASE" si può verificare nel corso di 4 distinti periodi continuativi durante l'anno e più precisamente:



- *Periodo 1:* dal 15 gennaio al 11 febbraio per un massimo di circa 30 minuti per giorno causato dalla turbina SI-10 prevalentemente all'alba all'interno della fascia oraria 8.10 / 8.30;
- *Periodo 2:* dal 15 marzo al 27 aprile per un massimo di circa 1:30 ore per giorno causato dalla turbina SI-07 prevalentemente all'alba all'interno della fascia oraria 7.00 / 9.00.
- *Periodo 3:* dal 15 agosto al 25 settembre per un massimo di circa 1:30 ore per giorno causato dalla turbina SI-07 prevalentemente all'alba all'interno della fascia oraria 7.40 / 8.40;
- *Periodo 4:* dal 5 novembre al 25 novembre per un massimo di 30 minuti per giorno causato dalla turbina SI-10 prevalentemente all'alba all'interno della fascia oraria 7.40 / 8.10.

Dall'analisi del "Calendar Graph" e del "Calendar Time" risulta che il fenomeno dello *shadow flickering* per il ricevitore **BEN-497** in "WORST CASE" si può verificare nel corso di 3 distinti periodi continuativi durante l'anno e più precisamente:

- *Periodo 1:* dal 15 marzo al 5 aprile per un massimo di 45 minuti per giorno causato dalla turbina SI-07 prevalentemente al tramonto all'interno della fascia oraria 17.40 / 19.20;
- *Periodo 2:* dal 15 aprile al 23 agosto per un massimo di circa 1.30 ore per giorno causato dalle turbine SI-07 e SI-08 prevalentemente all'alba all'interno della fascia oraria 7.00 / 8.20.
- *Periodo 3:* dal 6 settembre al 30 settembre per un massimo di 40 minuti per giorno causato dalla turbina SI-07 prevalentemente al tramonto all'interno della fascia oraria 18.30 / 19.15.

Dall'analisi del "Calendar Graph" e del "Calendar Time" risulta che il fenomeno dello *shadow flickering* per il ricevitore **BEN-498** in "WORST CASE" si può verificare nel corso di un solo periodo continuativo durante l'anno e più precisamente:

- *Periodo 1:* dal 23 aprile al 15 agosto per un massimo di circa 1 ora per giorno causato dalla turbina SI-07

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO DI "SUNI"</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")</p>	 Ingegneria & Innovazione		
		25/08/2023	REV: 2	Pag.74

prevalentemente al tramonto all'interno della fascia oraria 19.30 / 20.30;

Dall'analisi del "Calendar Graph" e del "Calendar Time" risulta che il fenomeno dello *shadow flickering* per il ricettore **BEN-499** in "WORST CASE" si può verificare nel corso di 3 distinti periodi continuativi durante l'anno e più precisamente:

- *Periodo 1:* dal 10 febbraio al 25 marzo per un massimo di 1.15 ore per giorno causato dalla turbina SI-10 prevalentemente al tramonto all'interno della fascia oraria 16.30 / 17.40;
- *Periodo 2:* dal 10 maggio al 23 luglio per un massimo di circa 20 minuti per giorno causato dalla turbina SI-07 prevalentemente al tramonto all'interno della fascia oraria 20.00 / 20.40.
- *Periodo 3:* dal 15 settembre al 28 ottobre per un massimo di 1.15 ore per giorno causato dalla turbina SI-10 prevalentemente al tramonto all'interno della fascia oraria 16.15 / 18.15.

Nella Tabella seguente vengono mostrate per ogni ricettore le durate totali del fenomeno dello *shadow flickering* causato dalle relative turbine.

Tabella 28 Tabella riepilogativa dei dati di Shadow per ogni ricettore

Ricettore	Turbine interessate	Shadow WORST CASE RSF01		
		Shadow ore per anno	Shadow giorni per anno	Shadow ore per giorno
REC-03	SU-03 SU-04	183.06	90	2.41
REC-24	TI-01 SU-02 SA-05	129.21	137	1.43
REC-25	TI-01 SU-02 SA-05	200.35	143	2.00
REC-29	SU-02 SU-04	62.26	124	0.54
REC-40	TI-01 SA-05	390.09	239	2.19
REC-67	SI-06 SI-09	19.55	63	0.26
REC-83	---	---	---	---
REC-91	SI-06 SI-07 SI-08	364.16	243	2.10
REC-103	SI-08	22.44	57	0.31
BEN-495	SI-07 SI-10	84.55	130	1.04
BEN-497	SI-06 SI-07 SI-08	157.45	181	1.13
BEN-498	SI-07	66.42	113	0.47
BEN-499	SI-07 SI-10	97.12	168	1.10

8 ANALISI DEI RISULTATI PER SINGOLO AEROGENERATORE (WORST CASE)

Nel presente paragrafo vengono analizzati i risultati del calcolo del fenomeno di *shadow flickering* per singola turbina. Nelle Tabelle che seguono sono mostrati i risultati principali per singola turbina nel *WORST CASE*.



Tabella 29 Riepilogo del calcolo del fenomeno di *shadow flickering* per la turbina TI-01 nel *WORST CASE*.

TURBINA TI-01						
Periodo	Ricettori	Fascia oraria in cui si verifica shadow		Shadow WORST CASE		
				Durata minima (minuti/giorno)	Durata massima (minuti / giorno)	Durata totale (ore / anno)
14 apr. / 28 ago.	REC-40	7.50	9.00	1	120	181.46
	REC-24					
	REC-25	19.30	20.00			

Tabella 30 Riepilogo del calcolo del fenomeno di *shadow flickering* per la turbina SU-02 nel *WORST CASE*.

TURBINA SU-02						
Periodo	Ricettori	Fascia oraria in cui si verifica shadow		Shadow WORST CASE		
				Durata minima (minuti/giorno)	Durata massima (minuti / giorno)	Durata totale (ore / anno)
18 gen. / 8 feb.	REC-29	17.00	17.30	1	21	32.34
26 apr. / 25 mag.	REC-24			7	31	
	REC-25	6.35	7.15			
18 lug. / 17 ago.	REC-24			4	31	
3 nov. / 23 nov.	REC-29	16.30	17.00	1	22	

Tabella 31 Riepilogo del calcolo del fenomeno di *shadow flickering* per la turbina SU-03 nel *WORST CASE*.

	PARCO EOLICO DI "SUNI" RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")		 Antex group Ingegneria & Innovazione	
	25/08/2023	REV: 2	Pag.77	

TURBINA SU-03						
Periodo	Ricettori	Fascia oraria in cui si verifica shadow		Shadow WORST CASE		
				Durata minima (minuti/giorno)	Durata massima (minuti / giorno)	Durata totale (ore / anno)
7 nov. / 4 feb.	REC-03	10.45	13.00	25	112	141.52



Tabella 32 Riepilogo del calcolo del fenomeno di shadow flickering per la turbina SU-04 nel WORST CASE.

TURBINA SU-04						
Periodo	Ricettori	Fascia oraria in cui si verifica shadow		Shadow WORST CASE		
				Durata minima (minuti/giorno)	Durata massima (minuti / giorno)	Durata totale (ore / anno)
21 nov. / 21 gen.	REC-03	15.20	16.20	8	49	93.49
2 apr. / 11 mag.	REC-29	18.50	19.45	6	52	
2 ago. / 10 set.	REC-29	18.55	19.50	11	54	

Tabella 33 Riepilogo del calcolo del fenomeno di shadow flickering per la turbina SA-05 nel WORST CASE.

TURBINA SA-05						
Periodo	Ricettori	Fascia oraria in cui si verifica shadow		Shadow WORST CASE		
				Durata minima (minuti/giorno)	Durata massima (minuti / giorno)	Durata totale (ore / anno)
9 set. / 3 apr.	REC-40	13.50	17.15	18	139	392.13
	REC-24	7.15	8.15	2	22	
	REC-25					

Tabella 34 Riepilogo del calcolo del fenomeno di shadow flickering per la turbina SI-06 nel WORST CASE.

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.	Comm.: C20-021-S05  
--	---

TURBINA SI-06						
Periodo	Ricettori	Fascia oraria in cui si verifica shadow		Shadow WORST CASE		
				Durata minima (minuti/giorno)	Durata massima (minuti / giorno)	Durata totale (ore / anno)
13 set. / 30 mar.	REC-67	7.25	8.30	6	26	
	REC-91	14.15	17.30	19	130	
23 apr. / 18 ago.	BEN497	7.00	8.30	15	73	

Tabella 35 Riepilogo del calcolo del fenomeno di shadow flickering per la turbina SI-07 nel WORST CASE.

TURBINA SI-07						
Periodo	Ricettori	Fascia oraria in cui si verifica shadow		Shadow WORST CASE		
				Durata minima (minuti/giorno)	Durata massima (minuti / giorno)	Durata totale (ore / anno)
27 feb. / 9 mar.	REC-91	17.50	18.10	1	10	
5 ott. / 14 ott.	REC-91	18.20	18.45	3	10	
13 mar. / 30 sett.	BEN495	7.00	9.00	3	64	
	BEN497	17.45	19.20			
	BEN498	19.30	20.15			
	BEN799	20.10	20.35			

Tabella 36 Riepilogo del calcolo del fenomeno di shadow flickering per la turbina SI-08 nel WORST CASE.

TURBINA SI-08						
Periodo	Ricettori	Fascia oraria in cui si verifica shadow		Shadow WORST CASE		
				Durata minima (minuti/giorno)	Durata massima (minuti / giorno)	Durata totale (ore / anno)
15 gen. / 11 feb.	REC-103	8.10	8.40	4	31	47.56
1 apr. / 30 apr.	REC-91 BEN497	7.00	7.50	5	31	
10 ago. / 11 set.	REC-91 BEN497	7.05	7.50	7	31	
30 ott. / 27 nov.	REC-103	7.40	8.15	4	31	

Tabella 37 Riepilogo del calcolo del fenomeno di shadow flickering per la turbina SI-09 nel WORST CASE.

TURBINA SI-09						
Periodo	Ricettori	Fascia oraria in cui si verifica shadow		Shadow WORST CASE		
				Durata minima (minuti/giorno)	Durata massima (minuti / giorno)	Durata totale (ore / anno)
29 mar. / 11 apr.	REC-67	7.30	7.50	8	22	8.20
1 set. / 14 set.	REC-67	7.25	7.45	4	22	

Tabella 38 Riepilogo del calcolo del fenomeno di shadow flickering per la turbina SI-10 nel WORST CASE.

TURBINA SI-10						
Periodo	Ricettori	Fascia oraria in cui si verifica shadow		Shadow WORST CASE		
		Durata minima (minuti/giorno)	Durata massima (minuti / giorno)	Durata totale (ore / anno)		
15 gen. / 25 mar.	BEN495	8.10	8.30	6	70	
	BEN499	16.30	17.40			
15 set. / 23 dic.	BEN495	7.10	8.05	7	70	95.53
	BEN499	16.15	18.15			

9 METODOLOGIA DI CALCOLO "REAL CASE" DELLO SHADOW FLICKERING

E' stato già detto che i diagrammi e le liste dei paragrafi precedenti, per quanto riguarda il Worst Case, sono rappresentativi delle condizioni di *shadow flickering* che nella realtà non hanno alcuna possibilità di verificarsi. In particolare, nei documenti citati, viene riportato il valore massimo di ore /anno di ombreggiamento su superficie orizzontale in ciascun punto nell'intorno delle opere in progetto. Tale valore massimo di ombreggiamento rappresenta pertanto il numero di ore di fenomeno di *shadow flickering* che non ha alcuna probabilità di essere superato nel corso di un anno. Dal punto di vista matematico, tale valore prende il nome di P0 ovvero sia quel numero di ore di fenomeno di *shadow flickering* che ha una probabilità dello zero per cento di essere superato nel corso di un anno.

Per quanto riguarda il "REAL CASE" si hanno più opzioni di calcolo tra cui il calcolo del P50 che, per analogia, è un'estensione del concetto precedente (P0) e cioè quel valore di ore di fenomeno di shadow flickering che ha una probabilità del 50 per cento (P50) di essere superato nel corso di un anno. In pratica, ogni anno si hanno le stesse probabilità (50%) di stare sopra o di stare sotto a questo valore P50. Orbene, per la legge dei grandi numeri, si ha che nel corso di un periodo di molti anni (come può essere assimilato il periodo ventennale ed oltre di vita attesa dell'impianto) il valore medio di un qualunque fenomeno stocastico tende ad approssimare proprio il valore P50.

L'altra opzione di calcolo dello shadow flickering, per la sua valutazione nel caso del Real Case, è basato sull'interpolazione dei dati statistici ricavati da data base di stazioni climatiche presenti nell'intorno delle aree di studio e le ore attese di operatività dell'impianto.

Entrambi i metodi si basano sulle cosiddette incertezze date dalla possibile presenza di manto nuvoloso, dalla possibile assenza di vento e dal possibile orientamento del rotore in direzione non ortogonale alla congiungente ricettore-sole, ma sicuramente il secondo metodo, essendo basato su dati statistici (in genere raccolti in decine di anni), è quello che più si

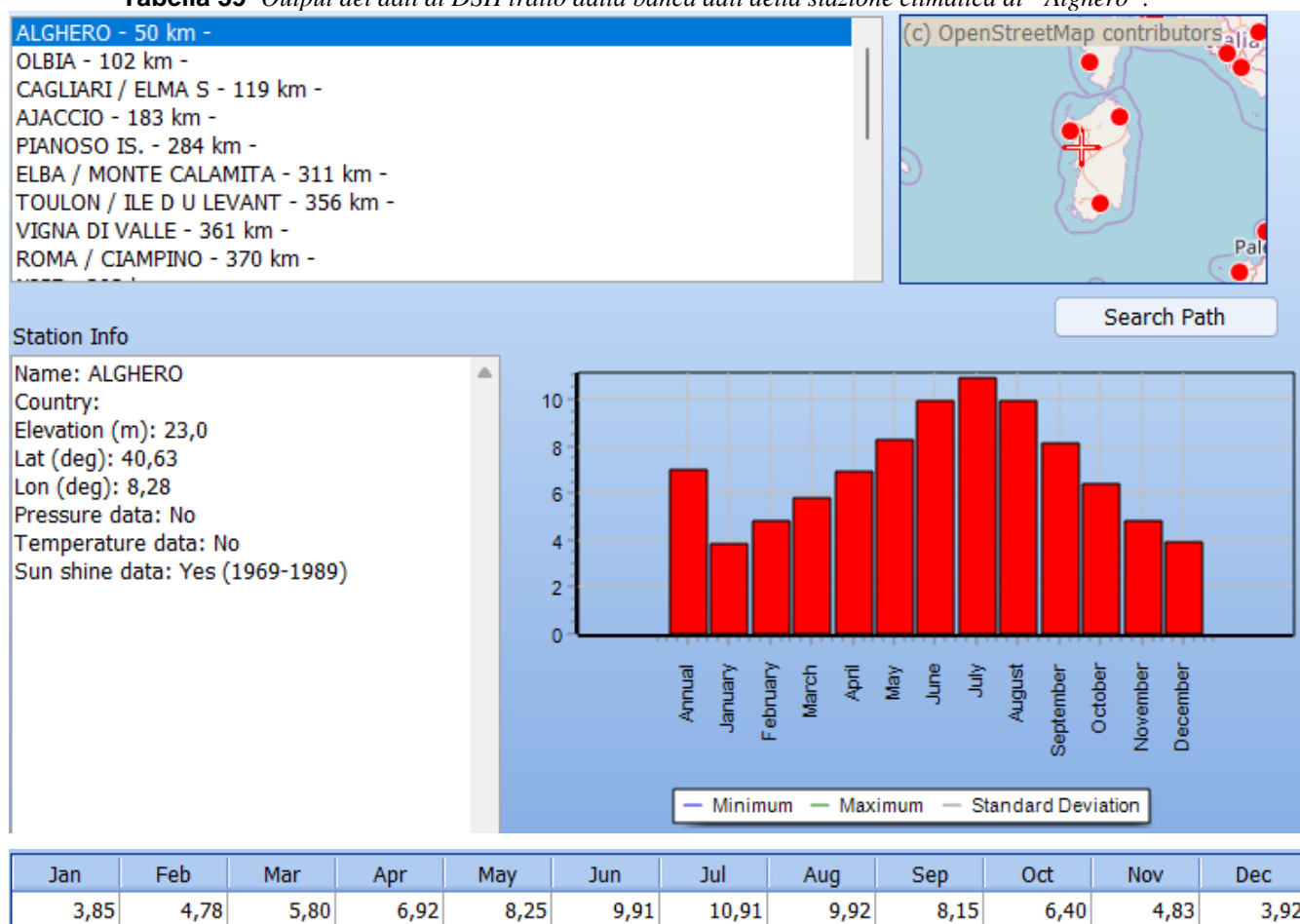


avvicina alla realtà dei luoghi e all'attività attesa.

Per il caso in esame, essendo in possesso dei dati necessari, si è optato per il calcolo del Real Case basato su dati statistici. Ritornando al discorso della quantificazione delle incertezze, la prima incertezza (ovvero quella dovuta alla possibile presenza di manto nuvoloso) può essere determinata sulla base della probabilità mensile di presenza di radiazione solare diretta desumibile o da stazioni meteorologiche o da rilevamenti satellitari. In particolare, per il progetto in esame si è utilizzata la banca dati ultra ventennale della stazione climatica "Alghero".

I risultati per il progetto in esame vengono mostrati nella seguente tabella.

Tabella 39 Output dei dati di DSH tratto dalla banca dati della stazione climatica di "Alghero".



Sulla base dei dati estratti è possibile quantificare l'errore percentuale che si commette nell'ipotizzare l'assenza di manto nuvoloso. Tale errore (da intendersi matematicamente come incertezza percentuale) viene definito per fasce orarie mensili.

Per quanto riguarda le altre due incertezze, similmente a quanto appena descritto e a partire dall'analisi dei dati anemometrici e dalla producibilità attesa del sito, è possibile quantificare le ore di operatività dell'impianto per settore di provenienza (tabella seguente) così come l'errore percentuale che si commette nell'ipotizzare l'orientamento del rotore

in direzione sempre ortogonale alla congiungente ricettore-sole.

Tabella 40 Output delle ore di operatività attesa per i 16 settori di provenienza.

4724	m/s	0	22,5	45	67,5	90	112,5	135	157,5	180	202,5	225	247,5	270	292,5	315	337,5	%
1207	4 - 5	33,7	116,5	119,0	77,3	37,2	37,0	34,5	42,3	26,5	102,8	139,5	219,3	143,0	46,0	18,3	14,2	25,6%
979	5 - 6	28,0	80,5	77,8	61,8	37,2	30,7	39,7	40,5	18,3	69,0	100,8	193,8	117,5	49,0	13,8	20,2	20,7%
690	6 - 7	24,7	49,7	47,8	47,2	38,2	28,3	31,5	32,5	14,2	53,2	73,7	90,8	84,0	43,3	16,2	15,0	14,6%
536	7 - 8	18,3	33,7	32,3	34,8	48,7	21,5	28,0	19,5	6,2	52,8	46,0	43,5	78,5	40,3	17,0	14,8	11,3%
364	8 - 9	7,5	21,2	19,2	24,3	25,7	16,8	23,3	15,3	5,5	48,0	25,0	21,2	50,0	39,0	11,3	10,2	7,7%
296	9 - 10	4,0	22,7	10,2	15,8	23,3	10,2	31,5	10,8	3,3	39,0	22,0	14,0	42,7	30,8	6,8	8,5	6,3%
200	10 - 11	1,7	13,2	6,8	8,7	19,0	6,8	30,2	5,3	1,5	24,8	9,7	8,8	28,5	24,5	7,0	3,3	4,2%
145	11 - 12	2,3	8,0	3,3	5,0	12,7	5,2	21,7	3,0	1,7	30,7	5,5	3,5	19,2	16,8	3,8	2,3	3,1%
107	12 - 13	0,7	3,0	3,0	2,3	10,3	4,8	30,2	1,3	0,7	15,2	4,7	3,8	14,7	8,7	2,8	1,0	2,3%
65	13 - 14	0,2	2,7	2,3	0,2	3,8	3,3	14,2	0,7	0,3	10,3	4,7	2,7	8,7	8,5	2,3	0,3	1,4%
45	14 - 15	0,0	1,7	1,3	0,7	2,5	2,3	15,7	0,0	0,2	5,3	3,5	0,3	4,3	6,7	0,5	0,0	1,0%
26	15 - 16	0,0	0,3	0,3	0,0	2,3	1,0	10,0	0,0	0,0	2,7	2,0	0,3	2,2	4,2	0,7	0,0	0,6%
22	16 - 17	0,0	0,3	0,2	0,0	1,2	2,3	9,8	0,0	0,0	0,8	0,3	0,8	2,2	3,5	0,3	0,0	0,5%
17	17 - 18	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,5	10,2	0,2	0,0	0,2	0,7	0,2	0,7	2,8	0,0	0,0	0,3%
11	18 - 19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,5	8,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,3	0,7	0,2	0,0	0,2%
12	19 - 20	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,2%
4	20 - 21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1%
0	21 - 22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%
0	22 - 23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%
0	23 - 24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%
	%	2,6%	7,5%	6,9%	5,9%	5,6%	3,6%	7,4%	3,6%	1,7%	9,6%	9,3%	12,8%	12,6%	6,9%	2,1%	1,9%	

Operational time

N NNE NE ENE E ESE SE SSE S SSW SW WSW W WNW NW NNW Sum
 121 353 324 278 265 171 351 172 78 455 439 604 596 325 101 90 4.723

In "Ore No Work" sono indicate le ore per cui si prevede una velocità del vento minore del Cut-In dell'aerogeneratore (3 m/s) e maggiore del suo Cut-Off (24 m/s) per le quali il rotore sarà fermo e non produrrà alcun effetto di Shadow Flickering ma solo una Fixed Shadow delle 3 pale e, se consideriamo che fino a circa 4 m/s le rotazioni RPM sono molto lievi (Idling) le ore "Very Low Work" con una riduzione sul totale delle ore/anno stimate nel 42,65%.

Interpolando tutti questi dati che agiscono contemporaneamente si ottiene la stima del fenomeno nel REAL CASE calcolati per ogni periodo e per ogni ricettore o turbina come riportato di seguito.



PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.83

10 RISULTATI DI CALCOLO NEL CASO "REAL CASE"

10.1 Risultati del "CALENDAR TIME" (REAL CASE)

10.1.1 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita da ogni ricettore

Tabella 41 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore REC-03

Table with columns for months (Jan to Dec) and rows for various metrics like Potential sun hours, Total worst case, etc. Includes calculation details for REC-03.

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023 REV: 2 Pag.84

Tabella 42 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore REC-24

Table with columns for months (January to December) and various parameters like Time, Duration, and Frequency. Includes a summary table at the bottom with rows for Total sun hours, Total west case, etc.

Calculation: Real Case 2 Shadow receptor: REC-24 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)
Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [ALGHERO]

Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
3,85 4,78 5,80 6,92 8,25 9,91 10,91 9,92 8,15 6,40 4,83 3,92

Operational time

N NNE NE E ESE SE SSE S SW W WNW NW NNW Sum
121 353 324 278 265 171 351 172 78 455 439 604 596 325 101 90 4.723

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023 REV: 2 Pag.85

Tabella 43 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore REC-25

Table with columns for months (January to December) and various metrics like N, NE, E, SE, S, SW, W, WNW, NW, NNW, Sum. Includes sub-headers for 'Operational time' and 'Sunshine probability S'. The table contains a large grid of numerical data points for each day of the year.

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.86

Tabella 44 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore REC-29

Table with columns for months (Jan to Dec) and various parameters (Operational time, N, NE, E, S, SE, SSE, SSW, SW, WSW, W, WW, NW, NNW, Sum). It lists daily events with start and end times and durations.

Calculation: Real Case 2 Shadow receptor: REC-29 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (4) Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [ALGHERO]

Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec 3,85 4,78 5,80 6,92 8,25 9,91 10,91 9,92 8,15 6,40 4,83 3,92

Operational time N NNE NE ENE E ESE SE SSE S SSW SW WSW W WW NW NNW Sum 121 353 324 278 265 171 351 172 78 455 439 604 596 325 101 90 4.723

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.87

Tabella 45 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore REC-40

Calculation: Real Case 2 Shadow receptor: REC-40 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (5)
Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [ALGHERO]
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
3,85 4,78 5,80 6,92 8,25 9,91 10,91 9,92 8,15 6,40 4,83 3,92
Operational time
N NNE NE E ESE SE SSE S SSW SW W WNW NW NNW Sum
121 353 324 278 265 171 351 172 78 455 439 604 596 325 101 90 4,723

Table with columns for months (January to December) and rows for hourly data (1 to 24) and summary statistics (Total sun hours, Worst case, etc.).

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



Tabella 46 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore REC-67

Table with columns for months (January to November) and a 'Sum' column. Each row represents a day with data for sunrise probability, azimuth, and shadow flickering events. Includes a summary row at the bottom for 'Potential sun hours' and 'Sun reduction'.

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.89

Tabella 47 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore REC-83

Calculation: Real Case 2 Shadow receptor: REC-83 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (7)
Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [ALGHERO]
Assumptions for shadow calculations
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
3,85 4,78 5,80 6,92 8,25 9,91 10,91 9,92 8,15 6,40 4,83 3,92

Operational time
N NNE NE ENE E ESE SE SSE S SSW SW WSW W WNW NNW Sum
121 353 324 278 265 171 351 172 78 455 439 604 596 325 101 90 4,723

Table with 12 columns for months (January to December) and rows for event times (e.g., 1 | 07:49 | 07:36 | 07:01 | 07:11 | 06:27 | 05:59 | 05:59 | 06:23 | 06:52 | 07:21 | 06:54 | 07:28 | ...)





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.90

Tabella 48 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore REC-91

Table with columns for months (Jan to Dec) and time of day (Sun to Sum). It contains a detailed list of shadow flickering events, including start/end times, duration, and frequency. Summary statistics at the bottom show 3303 potential sun hours, 300 total sun reduction, and 0.46% shadow flickering.

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05





PARCO EOLICO DI "SUNI"
**RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE
 DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI
 AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW
 FLICKERING")**



25/08/2023

REV: 2

Pag.91

Tabella 49 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricevitore REC-103

Calculation: Real Case 2 Shadow receptor: REC-103 - Shadow receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (9)
Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [ALGHERO]
 Jan Feb Mar Apr May Jun Jul August September October November December
 3,85 4,78 5,80 6,92 8,25 9,91 10,91 9,92 8,15 6,40 4,83 3,92

Operational time
 N NNE NE E ESE SE SSE S SSW SW W WNW NW NNW Sum
 121 353 324 278 265 171 351 172 78 455 439 604 596 325 101 90 4.723

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
1	07:49	07:36	07:01	07:11	06:27	05:59	05:59	06:23	06:52	07:21	06:54	07:45 (S1-08)
2	07:49	17:10	08:39 (S1-08)	18:16	20:20	20:49	21:00	20:41	20:41	19:24	17:24	08:03 (S1-08)
3	07:49	07:35	08:08 (S1-08)	06:59	07:10	06:58	06:50	06:53	06:53	07:22	06:55	07:43 (S1-08)
4	07:49	07:34	08:09 (S1-08)	06:58	07:08	06:50	06:49	06:50	06:50	07:22	06:55	07:44 (S1-08)
5	07:49	07:34	08:09 (S1-08)	06:58	07:08	06:50	06:49	06:50	06:50	07:22	06:55	07:45 (S1-08)
6	07:49	17:46	08:39 (S1-08)	18:19	19:51	20:50	20:59	20:39	19:55	19:06	17:22	08:05 (S1-08)
7	07:49	07:33	08:09 (S1-08)	06:56	06:23	05:57	06:01	06:25	06:55	07:24	06:58	07:41 (S1-08)
8	07:49	07:32	08:39 (S1-08)	18:20	19:52	20:51	20:59	20:38	19:54	19:05	17:21	08:06 (S1-08)
9	07:49	07:32	08:39 (S1-08)	18:20	19:52	20:51	20:59	20:38	19:54	19:05	17:21	08:06 (S1-08)
10	07:49	17:48	08:38 (S1-08)	18:21	19:53	20:52	20:59	20:37	19:53	19:03	17:19	08:07 (S1-08)
11	07:49	07:31	08:10 (S1-08)	06:53	07:03	06:20	06:57	06:02	06:27	06:57	07:00	07:40 (S1-08)
12	07:49	17:49	08:37 (S1-08)	18:22	19:54	20:15	20:52	20:36	19:51	19:02	17:18	08:08 (S1-08)
13	07:49	07:31	08:10 (S1-08)	06:53	07:03	06:20	06:57	06:02	06:27	06:57	07:00	07:40 (S1-08)
14	07:49	17:49	08:37 (S1-08)	18:22	19:54	20:15	20:52	20:36	19:51	19:02	17:18	08:08 (S1-08)
15	07:49	07:31	08:10 (S1-08)	06:53	07:03	06:20	06:57	06:02	06:27	06:57	07:00	07:40 (S1-08)
16	07:49	17:49	08:37 (S1-08)	18:22	19:54	20:15	20:52	20:36	19:51	19:02	17:18	08:08 (S1-08)
17	07:49	07:31	08:10 (S1-08)	06:53	07:03	06:20	06:57	06:02	06:27	06:57	07:00	07:40 (S1-08)
18	07:49	17:49	08:37 (S1-08)	18:22	19:54	20:15	20:52	20:36	19:51	19:02	17:18	08:08 (S1-08)
19	07:49	07:31	08:10 (S1-08)	06:53	07:03	06:20	06:57	06:02	06:27	06:57	07:00	07:40 (S1-08)
20	07:49	17:49	08:37 (S1-08)	18:22	19:54	20:15	20:52	20:36	19:51	19:02	17:18	08:08 (S1-08)
21	07:49	07:31	08:10 (S1-08)	06:53	07:03	06:20	06:57	06:02	06:27	06:57	07:00	07:40 (S1-08)
22	07:49	17:49	08:37 (S1-08)	18:22	19:54	20:15	20:52	20:36	19:51	19:02	17:18	08:08 (S1-08)
23	07:49	07:31	08:10 (S1-08)	06:53	07:03	06:20	06:57	06:02	06:27	06:57	07:00	07:40 (S1-08)
24	07:49	17:49	08:37 (S1-08)	18:22	19:54	20:15	20:52	20:36	19:51	19:02	17:18	08:08 (S1-08)
25	07:49	07:31	08:10 (S1-08)	06:53	07:03	06:20	06:57	06:02	06:27	06:57	07:00	07:40 (S1-08)
26	07:49	17:49	08:37 (S1-08)	18:22	19:54	20:15	20:52	20:36	19:51	19:02	17:18	08:08 (S1-08)
27	07:49	07:31	08:10 (S1-08)	06:53	07:03	06:20	06:57	06:02	06:27	06:57	07:00	07:40 (S1-08)
28	07:49	17:49	08:37 (S1-08)	18:22	19:54	20:15	20:52	20:36	19:51	19:02	17:18	08:08 (S1-08)
29	07:49	07:31	08:10 (S1-08)	06:53	07:03	06:20	06:57	06:02	06:27	06:57	07:00	07:40 (S1-08)
30	07:49	17:49	08:37 (S1-08)	18:22	19:54	20:15	20:52	20:36	19:51	19:02	17:18	08:08 (S1-08)
31	07:49	07:31	08:10 (S1-08)	06:53	07:03	06:20	06:57	06:02	06:27	06:57	07:00	07:40 (S1-08)
Potential sun hours	300	298	370	398	446	450	457	426	375	346	300	290
Total, worst case	404	275	370	398	446	450	457	426	375	346	300	290
Sun reduction	0.40	0.45	0.45	0.45	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.48
Oper. time red.	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
Wind dir. red.	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Total reduction	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14
Total, real	48	37	370	398	446	450	457	426	375	346	300	290

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
 È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
 La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.92

Tabella 50 Lista giornaliera dei significativi eventi di shadow flickering subita dal ricettore BEN-495

Calculation: Real Case 2 Shadow receptor: BEN-495 - Shadow receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (10) Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [ALGHERO]

Jan Feb Mar Apr May Jun July August September October November December

Table with columns for months (Jan-Dec) and rows for time slots (00:00-23:00). Columns include: Operational time, N, NNE, NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSW, SW, WSW, W, WNW, NW, NNW, Sum. Each cell contains a number representing the number of shadow flickering events.

Summary statistics: Potential sun hours, Total worst case, Oper. time req., Wind dir. red., Total reduction, Total, real. Includes logos for ISO 9001, BUREAU VERITAS, and ACCREDITED.

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05



PARCO EOLICO DI "SUNI"
RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.93

Tabella 51 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore BEN-497

Calculation: Real Case 2 Shadow receptor: BEN-497 - Shadow receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (11)
Assumptions for shadow calculations
 Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [ALGERO]
 Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
 3,85 4,78 5,80 6,92 8,25 9,91 10,91 9,92 8,15 6,40 4,83 3,92

Operational time

N NNE NE ENE E ESE SE SSE S SSW SW W WNW NW NNW Sum
 121 353 324 278 265 171 351 172 78 455 439 604 596 325 101 90 4,723

January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November/December
1 07:49 17:10	07:36 17:43	07:01 18:16	07:01 19:49	18:49 07:11	07:10 08:04	07:00 08:12	07:07 08:17	07:11 08:20	07:21 19:10	06:54 17:01
2 07:49 17:43	07:36 17:43	07:01 18:16	07:01 19:49	18:49 07:11	07:10 08:04	07:00 08:12	07:07 08:17	07:11 08:20	07:21 19:10	06:55 17:02
3 07:49 17:43	07:36 17:43	07:01 18:16	07:01 19:49	18:49 07:11	07:10 08:04	07:00 08:12	07:07 08:17	07:11 08:20	07:22 19:11	06:57 17:03
4 07:49 17:43	07:36 17:43	07:01 18:16	07:01 19:49	18:49 07:11	07:10 08:04	07:00 08:12	07:07 08:17	07:11 08:20	07:22 19:11	06:58 17:04
5 07:49 17:43	07:36 17:43	07:01 18:16	07:01 19:49	18:49 07:11	07:10 08:04	07:00 08:12	07:07 08:17	07:11 08:20	07:23 19:12	06:58 17:04
6 07:49 17:43	07:36 17:43	07:01 18:16	07:01 19:49	18:49 07:11	07:10 08:04	07:00 08:12	07:07 08:17	07:11 08:20	07:23 19:12	06:58 17:04
7 07:49 17:43	07:36 17:43	07:01 18:16	07:01 19:49	18:49 07:11	07:10 08:04	07:00 08:12	07:07 08:17	07:11 08:20	07:23 19:12	06:58 17:04
8 07:49 17:43	07:36 17:43	07:01 18:16	07:01 19:49	18:49 07:11	07:10 08:04	07:00 08:12	07:07 08:17	07:11 08:20	07:23 19:12	06:58 17:04
9 07:49 17:43	07:36 17:43	07:01 18:16	07:01 19:49	18:49 07:11	07:10 08:04	07:00 08:12	07:07 08:17	07:11 08:20	07:23 19:12	06:58 17:04
10 07:49 17:43	07:36 17:43	07:01 18:16	07:01 19:49	18:49 07:11	07:10 08:04	07:00 08:12	07:07 08:17	07:11 08:20	07:23 19:12	06:58 17:04
11 07:49 17:43	07:36 17:43	07:01 18:16	07:01 19:49	18:49 07:11	07:10 08:04	07:00 08:12	07:07 08:17	07:11 08:20	07:23 19:12	06:58 17:04
12 07:48 17:24	07:24 17:54	06:54 18:24	06:54 18:54	18:06 06:54	07:01 07:51	07:00 07:50	07:07 07:57	07:11 08:01	07:21 19:01	06:54 17:04
13 07:48 17:24	07:24 17:54	06:54 18:24	06:54 18:54	18:06 06:54	07:01 07:51	07:00 07:50	07:07 07:57	07:11 08:01	07:21 19:01	06:54 17:04
14 07:48 17:24	07:24 17:54	06:54 18:24	06:54 18:54	18:06 06:54	07:01 07:51	07:00 07:50	07:07 07:57	07:11 08:01	07:21 19:01	06:54 17:04
15 07:47 17:20	07:23 17:53	06:53 18:23	06:53 18:53	18:05 06:53	07:00 07:50	07:00 07:50	07:07 07:57	07:11 08:01	07:21 19:01	06:53 17:03
16 07:47 17:20	07:23 17:53	06:53 18:23	06:53 18:53	18:05 06:53	07:00 07:50	07:00 07:50	07:07 07:57	07:11 08:01	07:21 19:01	06:53 17:03
17 07:46 17:18	07:18 18:03	06:56 18:26	06:56 18:56	18:04 06:56	07:00 07:50	07:00 07:50	07:07 07:57	07:11 08:01	07:21 19:01	06:53 17:03
18 07:46 17:18	07:18 18:03	06:56 18:26	06:56 18:56	18:04 06:56	07:00 07:50	07:00 07:50	07:07 07:57	07:11 08:01	07:21 19:01	06:53 17:03
19 07:45 17:15	07:15 18:00	06:57 18:27	06:57 18:57	18:04 06:57	07:00 07:50	07:00 07:50	07:07 07:57	07:11 08:01	07:21 19:01	06:53 17:03
20 07:44 17:11	07:11 18:07	06:59 18:29	06:59 18:59	18:04 06:59	07:00 07:50	07:00 07:50	07:07 07:57	07:11 08:01	07:21 19:01	06:53 17:03
21 07:44 17:11	07:11 18:07	06:59 18:29	06:59 18:59	18:04 06:59	07:00 07:50	07:00 07:50	07:07 07:57	07:11 08:01	07:21 19:01	06:53 17:03
22 07:44 17:11	07:11 18:07	06:59 18:29	06:59 18:59	18:04 06:59	07:00 07:50	07:00 07:50	07:07 07:57	07:11 08:01	07:21 19:01	06:53 17:03
23 07:43 17:10	07:10 18:10	06:59 18:30	06:59 18:59	18:04 06:59	07:00 07:50	07:00 07:50	07:07 07:57	07:11 08:01	07:21 19:01	06:53 17:03
24 07:42 17:08	07:08 18:12	06:59 18:30	06:59 18:59	18:04 06:59	07:00 07:50	07:00 07:50	07:07 07:57	07:11 08:01	07:21 19:01	06:53 17:03
25 07:42 17:08	07:08 18:12	06:59 18:30	06:59 18:59	18:04 06:59	07:00 07:50	07:00 07:50	07:07 07:57	07:11 08:01	07:21 19:01	06:53 17:03
26 07:41 17:05	07:05 18:14	06:59 18:30	06:59 18:59	18:04 06:59	07:00 07:50	07:00 07:50	07:07 07:57	07:11 08:01	07:21 19:01	06:53 17:03
27 07:41 17:05	07:05 18:14	06:59 18:30	06:59 18:59	18:04 06:59	07:00 07:50	07:00 07:50	07:07 07:57	07:11 08:01	07:21 19:01	06:53 17:03
28 07:39 17:02	07:02 18:13	06:59 18:30	06:59 18:59	18:04 06:59	07:00 07:50	07:00 07:50	07:07 07:57	07:11 08:01	07:21 19:01	06:53 17:03
29 07:39 17:02	07:02 18:13	06:59 18:30	06:59 18:59	18:04 06:59	07:00 07:50	07:00 07:50	07:07 07:57	07:11 08:01	07:21 19:01	06:53 17:03
30 07:38 17:01	07:01 18:14	06:59 18:30	06:59 18:59	18:04 06:59	07:00 07:50	07:00 07:50	07:07 07:57	07:11 08:01	07:21 19:01	06:53 17:03
31 07:42 17:08	07:08 18:14	06:59 18:30	06:59 18:59	18:04 06:59	07:00 07:50	07:00 07:50	07:07 07:57	07:11 08:01	07:21 19:01	06:53 17:03
Total, worst case	300	298	300	462	460	457	426	375	346	300
Sun reduction	0,49	0,52	0,66	0,66	0,64	0,64	0,64	0,67	0,67	0,65
Cloud reduction	0,69	0,72	0,74	0,74	0,73	0,73	0,73	0,74	0,74	0,74
Wind dir. red.	0,18	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Total, real	52	52	58	58	58	58	58	58	58	52

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
 È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
 La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.



PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.94

Tabella 52 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore BEN-498

Table with columns for months (January to December) and various metrics like Operational time, N, W, E, S, SE, SW, W, NW, NNW, Sum. Includes calculation parameters: Real Case 2 Shadow receptor: BEN-498 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (12) Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [ALGHERO].

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05





PARCO EOLICO DI "SUNI"

RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")



25/08/2023

REV: 2

Pag.95

Tabella 53 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore BEN-499

Table with columns for months (January to December) and rows for individual events. Includes summary statistics at the bottom: Total sum hours: 300, Total worst case: 872, etc.

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C20-021-S05



11 ANALISI DEI RISULTATI "REAL CASE"

Nell'immagine che segue si riporta, in opportuna scala cromatica, il valore massimo di ombreggiamento annuo su superficie orizzontale prodotta dalle opere in progetto nelle condizioni di Real Case, quindi considerando nel calcolo l'incertezza dovuta alla presenza di manto nuvoloso per le varie fasce orarie mensili, le ore di operatività attese del rotore e l'orientamento del rotore nelle diverse direzioni.

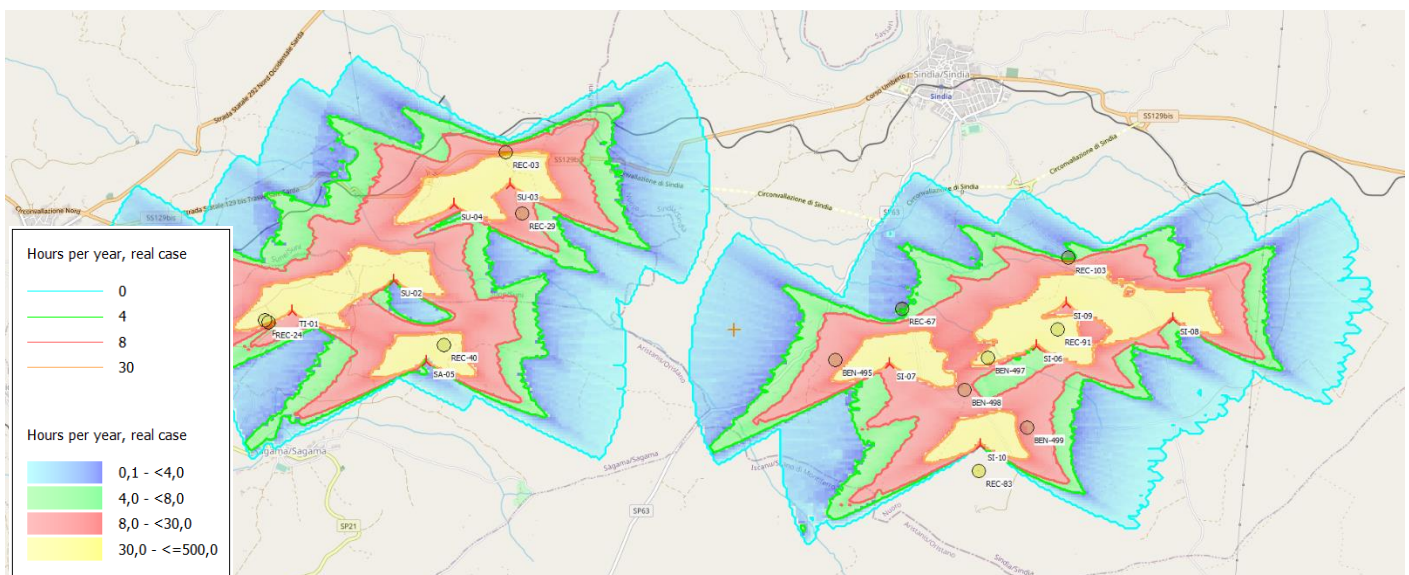


Figura 42 Rappresentazione grafica dell'ombreggiamento delle turbine rispetto i ricettori nel "Real Case"

Come si può notare, se confrontata alla figura 14 in cui si rappresentava graficamente il Worst Case, si ha un sensibile abbattimento delle ore di shadow flickering per anno.

Di seguito vengono riproposti, sinteticamente e in forma tabellare, i risultati complessivi di REAL CASE a confronto con i relativi valori di WORST CASE sia per i ricettori analizzati sia per le turbine di impianto.

Tabella 54 Confronto tra i risultati di Worst e Real Case del fenomeno di Shadow subito dai ricettori

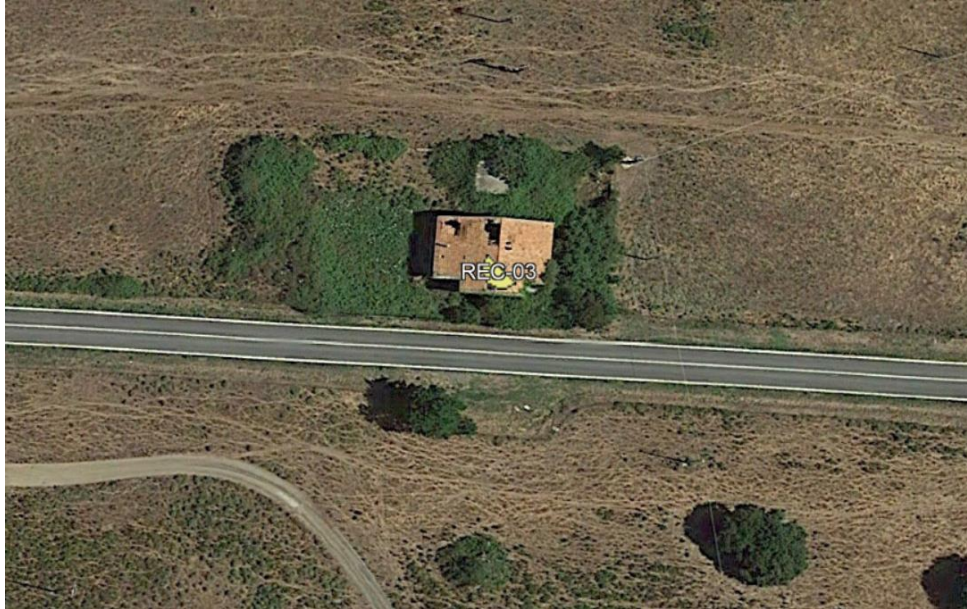
Ricettore	Shadow WORST CASE (ore / anno)	Shadow REAL CASE (ore / anno)	Percentuale di decremento delle ore/anno di shadow da worst a real case
REC-03	183,06	25,33	-86,16%
REC-24	129,21	34,14	-73,58%
REC-25	200,35	52,44	-73,83%
REC-29	62,26	13,03	-79,07%
REC-40	390,09	76,51	-80,39%
REC-67	19,55	3,46	-82,30%
REC-83	0,00	0,00	-----
REC-91	364,16	72,02	-80,22%
REC-103	22,44	3,04	-86,45%
BEN-495	84,55	16,50	-80,48%
BEN-497	157,45	40,01	-74,59%
BEN-498	66,42	14,12	-78,74%
BEN-499	97,12	21,00	-78,38%

Tabella 55 Confronto tra i risultati di Worst e Real Case del fenomeno di Shadow dovuto agli aerogeneratori

Turbina	Shadow WORST CASE (ore / anno)	Shadow REAL CASE (ore / anno)	Percentuale di decremento delle ore/anno di shadow da worst a real case
TI 01	181,46	48,16	- -73,46%
SU 02	32,34	7,41	- -77,09%
SU 03	141,52	18,34	- -87,04%
SU 04	93,49	18,07	- -80,67%
SA 05	395,13	76,56	- -80,62%
SI 06	485,34	103,17	- -78,74%
SI 07	172,08	36,15	- -78,99%
SI 08	47,56	8,56	- -82,00%
SI 09	8,2	1,48	- -81,95%
SI 10	95,53	19,38	- -79,71%

Per la corretta analisi dello *shadow flickering*, vanno considerati tutti i fattori che possono influenzare il risultato, anche nel caso di ricettori che apparentemente subiscono un fenomeno rilevante. È necessario verificare se, in conclusione, il fenomeno stesso dell'ombreggiamento arreca un disturbo reale oppure non è nemmeno avvertito da chi abitualmente utilizza i locali. Partendo proprio dai dati ricavati dalla condizione peggiorativa (WORST CASE), nelle tabelle precedenti è facile notare come in REAL CASE, che sarebbe la condizione più vicina alla realtà, il disturbo si abbatta sensibilmente.

Per il ricettore REC-03 si ha una classificazione catastale "A4" quindi di tipo abitativo. Il ricettore subirebbe il fenomeno di shadow per meno di 30 ore l'anno dalle turbine SU-03 e SU-04 che si trovano rispettivamente a sud e sud-ovest dal ricettore dove le finestrate lungo la congiungente ricettore-sole vedono la presenza di vegetazione che ostacola il fenomeno. In ogni caso il ricettore in oggetto si trova in evidente stato di abbandono, peraltro di lungo periodo come si evidenzia dalle immagini seguenti dove si vede, a conferma di ciò, la copertura divelta in diversi punti.

**Figura 43** Vista satellitare del ricevitore REC-03**Figura 44** ricevitore REC-03

Per i ricettori REC-24 e REC-25 si ha una classificazione catastale "D-10 / A-3" dove la presenza di persone è giustificata sia per scopo residenziale sia per scopo lavorativo. Come si può vedere dalle immagini seguenti, i due fabbricati sembrano più che altro utilizzati come magazzino/ricovero per mezzi e attrezzature agricole e forse, solo occasionalmente, come abitazione. Inoltre, si rileva che il massimo ombreggiamento si ha prevalentemente all'alba, momento in cui le ombre sono estremamente allungate e poco definite. E' inoltre da tener conto il fatto che il calcolo in real case, seppur realistico, esegue una sovrastima del fenomeno di ombreggiamento in quanto non tiene conto della vegetazione ad alto fusto e di



altri ostacoli come, per esempio in questo caso, della presenza di altri casolari attorno a quelli analizzati, ma solo eventualmente degli ostacoli digitalizzati.



Figura 45 Vista satellitare dei ricettori REC-24 e REC-25



Figura 46 ricettore REC-24



PARCO EOLICO DI "SUNI"

**RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE
DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI
AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW
FLICKERING")**



25/08/2023

REV: 2

Pag.101



Figura 47 ricettore REC-25

Per il ricettore REC-29 si ha una classificazione catastale "A-3" dove la presenza di persone è giustificata per scopo residenziale. Come si può vedere dalle immagini seguenti, il fabbricato sembra più che altro utilizzato solo occasionalmente. Inoltre, si rileva che il massimo ombreggiamento si ha prevalentemente al tramonto, momento in cui le ombre sono estremamente allungate e poco definite. In real case si ha una stima del fenomeno di shadow flickering irrilevante, poco meno di 15 ore l'anno, ma comunque sovrastimato in quanto non si tiene conto della folta vegetazione ad alto fusto e della presenza di altri casolari attorno al ricettore che Mascherano quasi completamente il fenomeno.



Figura 48 Vista satellitare del ricettore REC-29



Figura 49 ricettore REC-29

Per il ricettore REC-40 si ha una classificazione catastale "D-10" dove la presenza di persone è giustificata sia per scopo residenziale sia per scopo lavorativo. Come si può vedere dalle immagini seguenti, il fabbricato sembra utilizzato esclusivamente come magazzino/ricovero per mezzi e attrezzature agricole.



Figura 50 Vista satellitare dei ricettori REC-40



Figura 51 ricettore REC-40



Il ricettore REC-67 ha una classificazione catastale "D-10" ma, in ogni caso è interessato solo marginalmente dal fenomeno dello shadow flickering con circa 4 ore l'anno.



Figura 52 Vista satellitare dei ricettori REC-67



Figura 53 ricettore REC-67



Per il ricettore REC-91 si ha una classificazione catastale "D-10" dove la presenza di persone è giustificata sia per scopo residenziale sia per scopo lavorativo. Come si può vedere dalle immagini seguenti, il fabbricato sembra utilizzato esclusivamente come magazzino/ricovero per mezzi e attrezzature agricole.



Figura 54 Vista satellitare dei ricettori REC-91



Figura 55 ricettore REC-91

Anche in quest'ultimo caso il ricevitore REC-103 ha una classificazione catastale "D-10" ma, in ogni caso è interessato solo marginalmente dal fenomeno dello shadow flickering con poco meno di 4 ore l'anno.



Figura 56 Vista satellitare dei ricettori REC-103

Per quanto riguarda i ricettori BEN-495, 497, 498 e 499 sono interessati solo marginalmente dal fenomeno dello shadow flickering con, rispettivamente, circa 16, 40, 14 e 21 ore/anno.



Figura 57 BEN 495

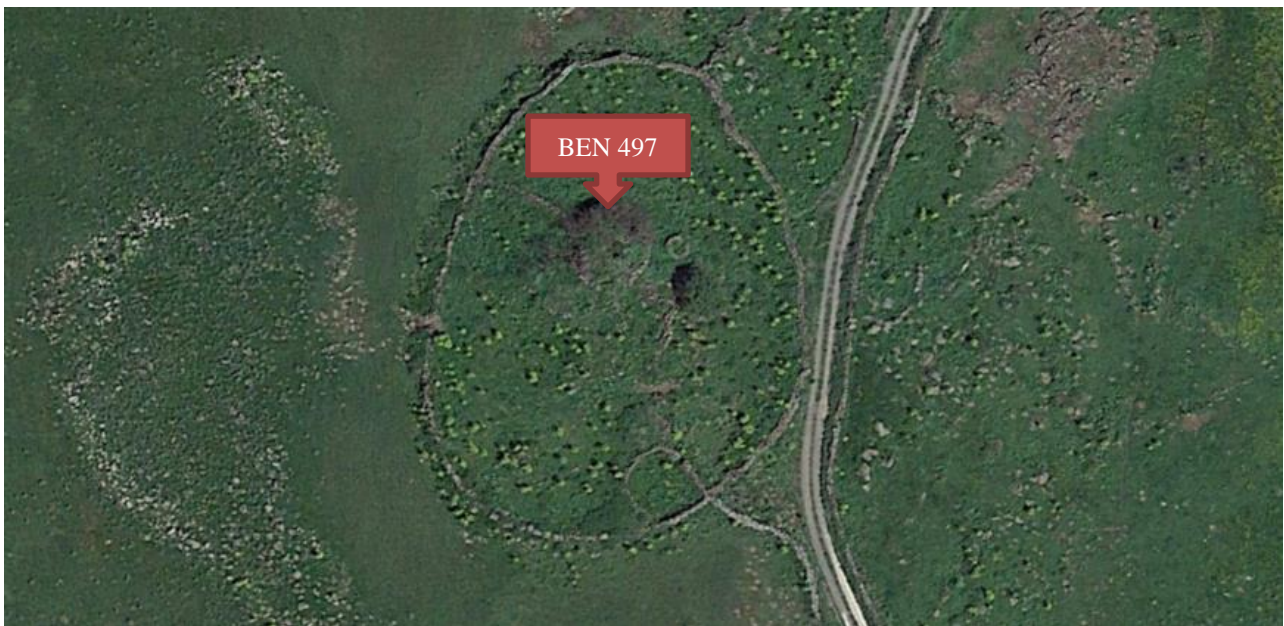




Figura 58 BEN 497



Figura 59 BEN 498



Figura 60 BEN 499

	PARCO EOLICO DI "SUNI" RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")	 Antex <small>group</small> <i>Ingegneria & Innovazione</i>	
	25/08/2023	REV: 2	Pag.109

12 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 dell'eventuale presenza di ostacoli e/o vegetazione interposti tra il sole e le finestrate, ad esclusione degli ostacoli orografici (topographic shadow), il fenomeno dello *shadow flickering* si verifica per ognuno dei ricettori in esame ad eccezione del REC-83.

Tale fenomeno si manifesta però in modo differente per i diversi ricettori per cui non si possono generalizzare le conclusioni ma è doveroso analizzarne le diverse condizioni.

Quindi in generale, e per meglio comprendere l'effettivo "disturbo", si riepilogano di seguito le condizioni al contorno che portano alle conclusioni in Real Case:

1. Il fenomeno studiato in WORST CASE, quindi nelle condizioni peggiori, considera il cielo sempre limpido, cosa non del tutto vera specialmente per i ricettori che subiscono maggiore ombreggiamento nel periodo invernale; considera un particolare orientamento delle pale dell'aerogeneratore sempre fisso e nella stessa direzione, nonché una certa disposizione delle finestre. Queste condizioni raramente sono sempre presenti e soprattutto contemporaneamente, infatti nelle condizioni di REAL CASE le ore di esposizione al fenomeno si riducono, come nel caso in esame, di circa il 70/80%.
2. I ricettori sono per lo più adibiti a immobili a sostegno delle attività agricole che vengono svolte nei relativi fondi agricoli e solo alcuni sono utilizzati prevalentemente come ricovero notturno, nelle prime ore mattutine e al tramonto. Tale utilizzo già di per sé esclude o comunque minimizza il problema dell'ombra;



Inoltre va comunque sottolineato che:

- ✓ la velocità di rotazione della tipologia di turbina selezionata va da un minimo di 4,3 a un massimo di 12,1 rotazioni al minuto, quindi nettamente inferiore ai 60 rpm, frequenza massima raccomandata al fine di ridurre al minimo i fastidi e soddisfare le condizioni di benessere. In tale condizione la frequenza si riduce a solo 0,5 Hz, molto inferiore alla frequenza critica di 2,5 Hz.

Partendo proprio dai dati e dalle considerazioni adottate nelle precedenti elaborazioni, si è analizzato quale reale disturbo si trasmette alle attività lavorative e o abitative nell'area del parco attraverso ulteriori considerazioni come la mutua disposizione tra ricettori e aerogeneratori ed eventuali ostacoli interposti che filtrano il fenomeno facendolo ulteriormente diminuire e addirittura, in alcuni casi, quasi ad eliminarlo del tutto.

Tutto ciò, applicato al caso in esame, ha permesso di verificare che la maggior parte dei ricettori subiscono emissioni marginali di esposizione al fenomeno.

In generale il fenomeno dello Shadow Flicker, soprattutto alle nostre latitudini, può essere considerato irrilevante sotto le 30 ore/anno e di modesta entità dalle 30 alle 100 ore/anno, spostando la soglia di attenzione sopra le 100 ore/anno (Best Practice Guidelines).

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO DI "SUNI"</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")</p>	 Ingegneria & Innovazione		
		25/08/2023	REV: 2	Pag.110

Per quanto riguarda l'eventuale permanenza di ghiaccio sulla carreggiata stradale nei mesi invernali causata dal possibile perdurare dell'ombreggiamento sulla stessa dovuto alle ombre proiettate delle turbine eoliche, il fenomeno si presenterà solo per brevi istanti oltre che in movimento. Inoltre, la zona che va da Suni, Sagama, Tinnura a Sindia, si trovano in condizioni di altitudine, topografiche e climatiche, con temperature durante l'arco dell'anno per lo più miti, tali da presentare la formazione di ghiaccio solo in condizioni estremamente rare, quindi il fenomeno viene ritenuto irrilevante.

*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*

Comm.: C20-021-S05

