



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



PROVINCIA DI SASSARI

REGIONE SARDEGNA PROVINCIA DI SASSARI

PARCO EOLICO MISTRAL (35 MW) NEI COMUNI DI LUOGOSANTO, TEMPIO PAUSANIA E AGLIENTU



DATA	REVISIONE
Dicembre 2023	Valutazione di Impatto Ambientale

PROGETTISTI:
Ing. Samuele Viara

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI CUNEO
A1949 Dott. Ing. Samuele Viara

Dott. For. Giorgio Curetti



SOCIETA' PROPONENTE:
ENGIE MISTRAL S.r.l
Via Chiese 72
20126 Milano (MI)
C.F e P.IVA 13054420966
REA MI-2700957



Studio degli effetti di shadow flickering

ELABORATO
01W.R.21

Indice

1. Premessa	2
2. Introduzione	2
3. Inquadramento progettuale	2
4. Studio di intermittenza dell'ombra	4
4.1 Descrizione dei potenziali recettori di fenomeni di intermittenza di ombra	4
4.2 Ipotesi di calcolo delle ombre giornaliere	8
4.3 Layout di impianto eolico.....	8
4.4 Risultati del calcolo delle ombre giornaliere	9
5. Conclusioni	12

1. Premessa

Gli impianti per la produzione di energia elettrica da fonte eolica prevedono l'installazione di aerogeneratori che per le loro caratteristiche tecniche e di funzionamento possono determinare la presenza di ombre intermittenti nell'area di installazione. La rotazione delle pale degli aerogeneratori e la presenza di torri di sostegno alte oltre 100 m determinano ombre intermittenti nel corso della giornata, in particolare nelle ore mattutine e serali per via della bassa posizione del sole sull'orizzonte.

Pertanto è necessario verificare l'eventuale effetto di Shadow-Flickering (ombra intermittente) generato dagli aerogeneratori dell'impianto sulle abitazioni dell'area.

Il presente documento descrive il fenomeno della intermittenza dell'ombra giornaliera dovuta alla rotazione delle pale degli aerogeneratori, con riferimento all'impianto eolico in progetto, e della possibile interferenza delle ombre giornaliere con le abitazioni presenti nella zona del progetto.

2

2. Introduzione

Gli elementi dell'impianto eolico che possono causare ombra sono:

- torre di sostegno
- pale in rotazione

Tuttavia, per la loro caratteristica rotante le pale dell'aerogeneratore possono in alcuni casi determinare un particolare fenomeno di intermittenza dell'ombra che può essere disturbante.

Il fenomeno viene definito in termini tecnici "flickering" delle pale, e viene avvertito soprattutto alle elevate latitudini nord-europee, dove la permanenza del sole ad altezze limitate sopra l'orizzonte è molto maggiore.

Data la particolarità del fenomeno, e data la staticità delle torri di sostegno, lo studio viene concentrato su tale impatto dovuto a "intermittenza dell'ombra".

3. Inquadramento progettuale

Il progetto eolico oggetto di studio è denominato "Parco Eolico MIstral", ed è localizzato nei Comuni di Tempio Pausania e Luogosanto, in provincia di Sassari, Regione Sardegna, in località Monte Aglientu.

Il progetto prevede l'installazione di 5 aerogeneratori di potenza unitaria massima pari a 7 MW, per una potenza nominale complessiva massima di 35 MW.

Gli aerogeneratori sono previsti nel territorio comunale di Tempio Pausania e Luogosanto, rispettivamente circa 27 e 9 km a Nord-est dei due centri abitati, lungo la medesima direttrice, su di un'area collinare compresa tra i 100 ed i 200 m di quota sul livello del mare.

In **Figura 1** è riportato il dettaglio della zona dell'impianto, con evidenza della ubicazione degli aerogeneratori.

3

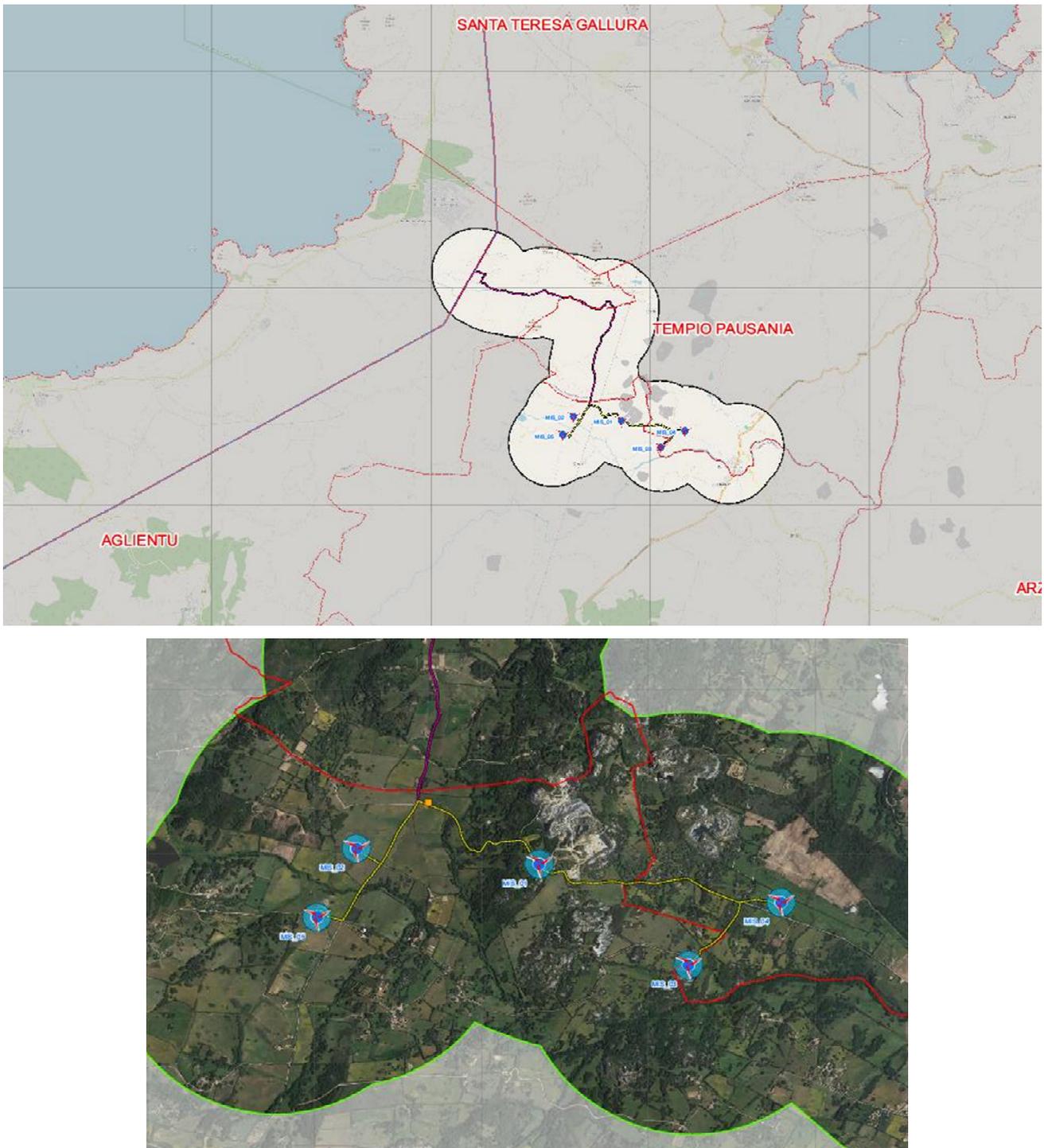


Figura 1 – Area dell'impianto – Rif. elaborati di progetto: 01.W.D01-Corografia di Inquadramento dell'area e 01.W.D04-Inquadramento su ortofotocarta 2021

Nella Tabella seguente sono riportate le cui coordinate degli aerogeneratori in progetto nel sistema di riferimento UTM WGS84.

Tabella 1 – Coordinate degli aerogeneratori di progetto

Aerogeneratore	E	N
MIS_01	519347	4551939
MIS_02	518250	4552033
MIS_03	520243	4551327
MIS_04	520796	4551707
MIS_05	518013	4551616

La zona del progetto presenta una orografia mediamente complessa, con medi avvallamenti naturali e presenza di sporadiche di zone boschive, e scarsa antropizzazione o urbanizzazione.

4. Studio di intermittenza dell'ombra

Lo studio viene effettuato mediante utilizzazione del software **WindFarm** della **Resoft Ltd.**, che permette di calcolare il fenomeno della intermittenza delle ombre delle pale degli aerogeneratori, fissate posizione e dimensioni di aerogeneratori e recettori su DTM.

Il software, infatti, effettua il calcolo delle ombre giornaliere elaborando le seguenti informazioni:

- Modello digitale tridimensionale del terreno che riproduce l'orografia dell'area dell'impianto
- Ubicazione degli aerogeneratori in coordinate locali
- Raggio di curvatura della terra
- Dimensione degli aerogeneratori

In sostanza il software elabora i dati in input per determinare le caratteristiche delle ombre causate dagli aerogeneratori e la loro evoluzione nelle ore della giornata, nei vari periodi dell'anno.

4.1 Descrizione dei potenziali recettori di fenomeni di intermittenza di ombra

Lo studio è stato effettuato identificando i potenziali recettori dell'ombra giornaliera delle pale all'interno e nell'intorno dell'area del sito. L'analisi esposta è il risultato della situazione reale del confronto dell'ispezione in sito e su cartografie aggiornate.

I recettori considerati sono le principali abitazioni e stazzi residenziali nella zona di progetto. I recettori individuati sono elencati nella seguente tabella, in cui oltre alla descrizione ed alle coordinate del ricettore, è riportata la distanza del medesimo, dall'aerogeneratore più prossimo.

Tabella 2 – elenco recettori di ombra giornaliera

id	x	y	WTG più vicina	distanza [m]
45	518600	4551483.5	MIS_05	602
66	517693.9	4552341.5	MIS_02	636
67	517702.3	4552362	MIS_02	639
29	519710.3	4551293.5	MIS_03	534
28	520020.4	4551948	MIS_03	659
35	518800.3	4551319.5	MIS_01	826
31	519478.8	4551973	MIS_01	136
30	519596.8	4551396	MIS_01	598
36	518875.9	4551133.5	MIS_01	933
37	518881.3	4551133.5	MIS_01	930
43	518632	4551508.5	MIS_05	629
38	518867.8	4551228.5	MIS_01	857
39	518884.3	4551228	MIS_01	848
42	518699.7	4551716.5	MIS_02	550
64	517892.1	4552565	MIS_02	641
41	518893	4551133.5	MIS_01	925
63	517388.1	4551707.5	MIS_05	631
32	519501.8	4551978	MIS_01	160
33	519494.8	4551975.5	MIS_01	152
35	518900.5	4551316.5	MIS_01	766
34	519487.3	4551974	MIS_01	145
65	517686.8	4552339	MIS_02	641
44	518617.2	4551497.5	MIS_05	616
47	518467.5	4550998.5	MIS_05	767
48	518478.1	4550997.5	MIS_05	774
49	518482.9	4550998.5	MIS_05	776
50	518501.1	4550961	MIS_05	817
51	518461.3	4550993	MIS_05	767
58	518300.6	4550881.5	MIS_05	789
62	517832.3	4551098	MIS_05	548
52	518465.3	4550960	MIS_05	797
59	517782.4	4550820.5	MIS_05	828
53	518555.1	4550977	MIS_05	838
54	518516.5	4550996	MIS_05	799

46	518523.7	4551088	MIS_05	735
55	518555.4	4550987	MIS_05	831
56	518487.6	4550999	MIS_05	779
60	517791.7	4550825	MIS_05	821
61	517840.6	4550888	MIS_05	748
57	518531.7	4550968.5	MIS_05	830
9	520982.9	4550809	MIS_03	903
10	521002.7	4550846	MIS_04	885
11	520874.6	4550915.5	MIS_03	754
21	520269.3	4550642.5	MIS_03	685
13	520861.5	4550890	MIS_03	757
14	520848.4	4550899	MIS_03	742
22	520296.8	4550622.5	MIS_03	707
17	520788.6	4550663.5	MIS_03	859
23	520254.8	4550634	MIS_03	694
15	520933.9	4550651	MIS_03	967
16	520949.6	4550665	MIS_03	969
12	520881.7	4550892	MIS_03	773
18	520366.6	4550461	MIS_03	875
19	520355.9	4550445.5	MIS_03	889
20	520376.2	4550470	MIS_03	868
1	521508.5	4552405	MIS_01	591
3	521502	4552393	MIS_04	998
4	520014.9	4551939	MIS_04	985
24	520602.2	4552280	MIS_03	653
5	521516.1	4551223	MIS_04	605
7	521420.2	4551801.5	MIS_04	867
6	520724.9	4552627	MIS_04	631
2	521448.7	4551254.5	MIS_04	923
8	520026.3	4551946.5	MIS_04	794
25	520071.8	4552067	MIS_03	656
26	520014.2	4551944	MIS_01	736
27	519352.9	4552530.5	MIS_03	658

I recettori sono stati scelti a valle di attenta ricognizione sul territorio degli edifici situati nell'area del progetto.

Sono stati scelti come potenziali recettori di ombra edifici residenziali nel raggio di circa 3.5 km dall'area dell'impianto.

In Figura 3 sono riportate le posizioni dei 67 recettori sull'estratto della cartografia CTR della Regione Sardegna, come elaborate dal software di calcolo, oltre alle posizioni dei 5 aerogeneratori (in blu).

Come si può osservare in tabella e nella figura seguente alcuni di essi ricadono a poche centinaia di metri dall'impianto, mentre altri sono a distanza considerevolmente maggiore, e quindi suscettibili di ricevere un impatto minore.

Si osserva anche, dalla Tabella 2, che tutti i recettori, classificati come civile abitazione, sono ad una distanza superiore ai 500 m dalla turbina più vicina. L'unica eccezione è rappresentata dal recettore numero 31, 32, 33, 34 che è lo Stazzu Saccheddu di cui si riporta una fotografia scattata in sito con drone. Dalla Figura 2 si vede chiaramente che si tratta di uno stazzo non in ottime condizioni, utilizzato per le feste di famiglia come asseriscono i proprietari.

7



Figura 2 – Recettore numero 31,32,33,34 in prossimità della turbina MIS_01

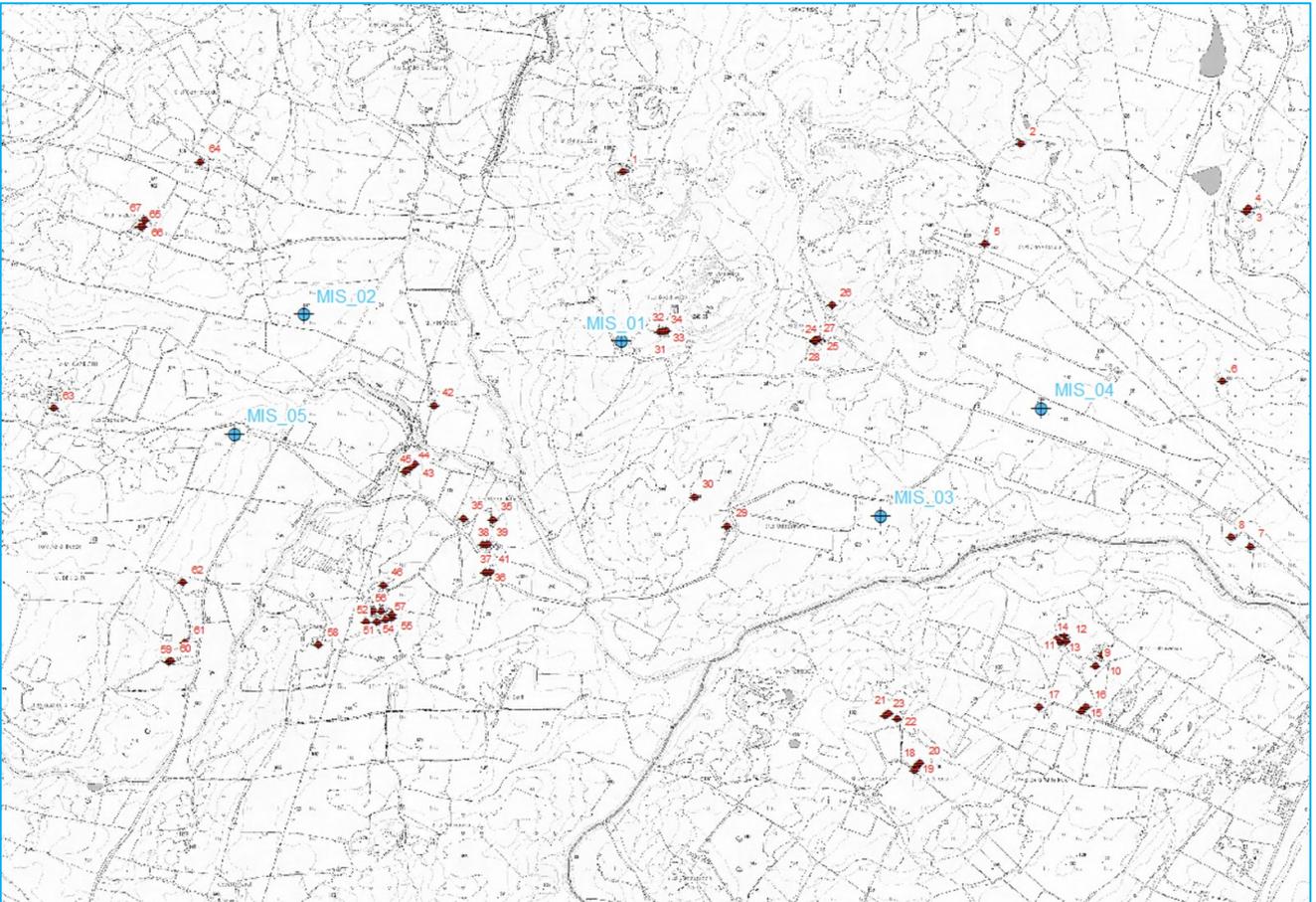


Figura 3 - mappa dei recettori nella zona dell'impianto, posizione aerogeneratori

4.2 Ipotesi di calcolo delle ombre giornaliere

Il calcolo dell'evoluzione dell'ombra giornaliera è stato condotto con le seguenti ipotesi di base:

- influenza dell'ombra nel raggio di 2000 m dagli aerogeneratori
- minima altezza del sole per cui si ha ombra: 3°
- il calcolo tiene conto della curvatura della superficie terrestre

4.3 Layout di impianto eolico

Con riferimento al layout di impianto eolico, e quindi anche alle dimensioni degli aerogeneratori si riportano qui di seguito le principali caratteristiche del modello considerato in progetto e utilizzato per il calcolo dell'intermittenza delle ombre:

Layout con aerogeneratori SIEMENS GAMESA SG 170 – 7 MW:

- Potenza unitaria: 7 MW

- Altezza da terra della navicella: 115 m
- Diametro del rotore: 170 m

Lo studio è stato fatto con il modello descritto e i risultati sono riportati nei paragrafi che seguono.

4.4 Risultati del calcolo delle ombre giornaliere

Nelle seguenti tabelle sono riportati i risultati dell'analisi effettuata con il software WindFarm, indicando per ogni finestra di ogni abitazione e per ogni ricevitore posto sulle strade:

- il numero di giorni annuo in cui si verifica il fenomeno della ombra intermittente
- il numero di ore massime per giorno in cui il fenomeno si verifica
- il numero di ore medie per giorno in cui il fenomeno si verifica

Nella seguente tabella sono riportati i risultati dello studio dell'evoluzione dell'ombra giornaliera con il layout di impianto che prevede 5 aerogeneratori SIEMENS GAMESA SG 170 da 7 MW, con altezza hub di 115 m e diametro rotore di 170 m.

Tabella 3 – risultati analisi delle ombre giornaliere. In rosso il complesso dei ruderi di Stazzo Saccheddu (Figura 2) per cui il fenomeno di flickering è più importante e in blu recettori in cui il fenomeno è totalmente assente.

ID Recettore	Nr. Giorni anno	Ore per anno	Max Minuti giorno	Media Minuti per giorno	WTG interferente
45	24	7	20	18	MIS_03
	133	124	70	56	MIS_05
66	30	7	20	14,3	MIS_01
	126	69	60	32,9	MIS_02
67	26	7	20	16,1	MIS_01
	120	74	60	37,2	MIS_02
29	55	17	20	18,7	MIS_02
	108	97	80	54	MIS_03
	67	26	30	23,4	MIS_04
	28	9	30	19,6	MIS_05
28	85	61	60	45,2	MIS_01
	62	27	40	26,6	MIS_04
35	33	10	30	19	MIS_03
	96	74	60	46,6	MIS_05
31	264	839	240	190,7	MIS_01
	30	7	20	14,3	MIS_02
	24	6	20	16,25	MIS_03
	14	2	10	10	MIS_04
	25	5	20	13,6	MIS_05
30	77	25	30	19,5	MIS_02
	78	54	60	41,5	MIS_03
	42	13	30	18,6	MIS_04
	32	9	30	17,5	MIS_05
36	36	11	30	19,7	MIS_03
	42	18	30	25,7	MIS_05
37	36	11	30	19,4	MIS_03
	23	4	20	11,7	MIS_04
	44	18	30	25,4	MIS_05

43	29 145	7 105	20 60	15,9 43,6	MIS_03 MIS_05
38	34 19 79	10 3 52	30 20 50	18,2 10,5 40	MIS_03 MIS_04 MIS_05
39	36 21 81	10 3 54	30 20 50	18 10,5 40,12	MIS_03 MIS_04 MIS_05
42	94 27 74	85 6 56	70 20 60	54,5 14,1 45,6	MIS_01 MIS_03 MIS_05
64	38	10	20	16	MIS_01
41	38 24 46	12 4 20	30 20 30	19,5 11,6 26,3	MIS_03 MIS_04 MIS_05
63	25 111 81	5 52 60	20 40 70	13,6 28,4 44,4	MIS_01 MIS_02 MIS_05
32	263 28 12 24	735 6 2 5	210 20 10 20	167,7 13,6 10 13,3	MIS_01 MIS_02 MIS_04 MIS_05
33	263 29 13 14 24	765 6 2 2 5	220 20 20 10 20	174,7 13,4 13,1 10 13,3	MIS_01 MIS_02 MIS_03 MIS_04 MIS_05
35	35 27 108	11 5 65	30 20 40	19,7 11,9 36,2	MIS_03 MIS_04 MIS_05
34	263 29 20 10 24	802 6 5 2 5	230 20 20 10 20	183,2 14,2 15,5 10 13,7	MIS_01 MIS_02 MIS_03 MIS_04 MIS_05
65	30 123	7 67	20 60	14 33	MIS_01 MIS_02
44	28 140	7 123	20 70	16,4 53	MIS_03 MIS_05
47	22	4	20	10,9	MIS_03
48	22	4	20	10,9	MIS_03
49	22	4	20	10,9	MIS_03
50	26	5	20	11,5	-MIS_03
51	22	4	20	10,9	--MIS_03
58	12	2	10	10	--MIS_03
62	39	10	20	15,6	--MIS_01
52	26	4	20	11,2	MIS_03
59	0	0	0	0	
53	29	5	20	12,1	MIS_03
54	24	4	20	11,3	-MIS_03
46	24	5	20	13,8	MIS_03-
55	28	5	20	12,1	MIS_03-
56	23	4	20	10,9	MIS_03-
60	0	0	0	0	
61	0	0	0	0	
57	28	5	20	11,8	MIS_03-
9	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	

14	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	
17	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	
18	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	
1	18 33	3 12	20 30	12,8 22,7	MIS_03 MIS_04
3	21 37	5 16	20 40	14,3 26,5	MIS_03 MIS_04
4	81 62	62 25	60 40	45,9 24,8	MIS_01 MIS_04
24	41	13	30	19,3	MIS_01
5	44	19	40	25,9	MIS_03
7	47 81	18 65	30 70	23,6 48,6	MIS_03 MIS_04
6	41	10	20	14,9	MIS_01
2	46	20	40	26,7	MIS_03
8	81 62	60 28	60 40	44,6 27,1	MIS_01 MIS_04
25	70 71	44 30	50 40	38,4 25,9	MIS_01 MIS_04
26	81 63	62 26	60 40	46,2 24,8	MIS_01 MIS_04
27	46 62	13 16	30 20	17,8 16,3	MIS_02 MIS_05

Dall'esame della tabella e del layout di impianto e relativa posizione dei ricettori, si possono trarre le seguenti considerazioni:

- Si osserva che per alcuni dei ricettori considerati il fenomeno del "flickering" non si verifica mai. Questo avviene in particolare per le abitazioni 59, 60, 61, 9, 10, 11, 21, 13, 14, 22, 17, 23, 15, 16, 12, 18, 19, 20 (scritte in blu in tabella). Questa assenza di interferenza è dovuta principalmente ad una elevata distanza dall'impianto per tutti quanti i suddetti ricettori.
- Si osserva inoltre che per molti ricettori, nonostante l'elevata distanza dall'area di impianto, è presente comunque un minimo fenomeno di "flickering". Ciò deriva dal fatto che il fenomeno del "flickering" è maggiormente evidente nelle ore mattutine e serali della giornata, quando il sole è molto basso sull'orizzonte e quindi le ombre si allungano, in particolare quindi nella direzione verso nord-ovest al mattino (sole a sud-est) e nella direzione sud-est alla sera (sole a nord-ovest). Quindi le abitazioni o masserie principalmente soggette ad effetto di presenza di ombra intermittente sono quelle più vicine all'impianto e localizzate su un allineamento ovest - est rispetto all'impianto stesso.

- In generale il fenomeno di “flickering” per tutti i recettori considerati è contenuto, riferendosi alle abitazioni. Unico caso è il complesso di ruderi di Stazzo Saccheddu, con cui si è interloquito con alcuni proprietari che non hanno manifestato particolari problemi, trattandosi di uno stabile che già è circondato da cave di granito.

5. Conclusioni

Lo studio dell’ombra giornaliera del progetto “Parco Eolico Mistral”, costituito da 5 aerogeneratori, ha dimostrato una contenuta interferenza di ombra giornaliera intermittente sui principali recettori della zona.

Per alcuni dei recettori potenziali il fenomeno è addirittura assente.

Sulla base delle risultanze dello studio è lecito ritenere che, nel caso del progetto oggetto di studio, il fenomeno dell’intermittenza dell’ombra giornaliera riguarda la maggior parte dei potenziali recettori di ombra, ma comunque con una modesta rilevanza quantitativa.
