



REGIONE
MOLISE



COMUNE DI
CASACALENDA



COMUNE DI
MORRONE DEL SANNIO



COMUNE DI
SANT'ELIA A PIANISI



COMUNE DI
RIPABOTTONI

--

<i>Committente:</i>	RWE	RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L. via Andrea Doria, 41/G - 00192 Roma P.IVA/C.F. 06400370968 PEC: rwerenewablesitaliasrl@legalmail.it
---------------------	-----	---

<i>Titolo del Progetto:</i>	PARCO EOLICO "SANT'ELIA"
-----------------------------	--------------------------

<i>Documento:</i>	PROGETTO DEFINITIVO	<i>N° Documento:</i>	PESE_EASR_6
-------------------	---------------------	----------------------	-------------

ID PROGETTO	PESE	DISCIPLINA:	PD	TIPOLOGIA:	R	FORMATO:	A4
-------------	------	-------------	----	------------	---	----------	----

<i>Elaborato:</i>	Studi degli effetti di Shadow Flickering
-------------------	--

FOGLIO:	1 di 1	SCALA:	-	NOME FILE:	PESE_EASR_6_Studi degli effetti di Shadow Flickering.pdf
---------	--------	--------	---	------------	--

<i>Progettisti:</i>  dott.ing. Giovanni Guzzo Foliaro dott.ing Amedeo Costabile dott. Ing. Francesco Meringolo	<i>Progettazione:</i>  NEW DEVELOPMENTS srl piazza Europa, 14 - 87100 Cosenza (CS) <i>Gruppo di lavoro:</i> dott.ing Denise Di Cianni dott.ing Diego De Benedittis dott.ing Pasquale Simone Gatto dott.geol. Martina Petracca
---	---

Rev:	Data Revisione:	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	12/04/2023	PRIMA EMISSIONE	New. Dev.	RWE	RWE

Sommario

Premessa.....	1
1. Criterio di stima dell'effetto shadow flickering.....	1
2. Analisi del fenomeno e stima delle interferenze.....	8
Conclusioni.....	25

Premessa

Lo shadow flickering (sfarfallio dell'ombra) è il verificarsi di cambiamenti periodici nell'intensità luminosa dovuti all'ombra di una pala di una turbina eolica che passa su un punto di interesse (ricevitore sensibile). Detto cambiamento periodico della luce in prossimità dei ricevitori sensibili viene determinato in modo da stimare il periodo di ombreggiamento, generato sul ricevitore, dalle pale della turbina eolica.

Gli effetti dello shadow flickering possono provocare fastidi su individui per frequenze comprese tra i 2,50 ed i 20 Hz (valutazione Verkuijden and Westra, 1984). Tali disturbi alla persona possono essere paragonati alle lampade ad incandescenza stroboscopica dovuta a sbalzi continui della tensione di alimentazione.

È evidente che per rotori della tipologia di cui al presente progetto definitivo, aventi velocità di rotazione di circa 12 giri/min, la frequenza di passaggio ($0,7 \div 1,5$ Hz) risulta di gran lunga inferiore ai 2,50 Hz ritenuti quale limite inferiore del range considerato fastidioso per l'individuo, pertanto tali frequenze risultano del tutto innocue all'individuo e non hanno alcuna correlazione con attacchi di natura epilettica.

La presente relazione tecnica ha lo scopo di stimare le aree interessate dalla possibile presenza del fenomeno rispetto agli aerogeneratori costituenti il parco eolico in progetto. Tale stima determina quindi delle zone d'interesse, valutate in ragione delle ore/anno in cui il fenomeno può verificarsi, al fine di determinare l'interazione di dette zone con possibili ricevitori sensibili presenti (abitazioni ed edifici).

1. Criterio di stima dell'effetto shadow flickering

Per la stima dello shadow flickering, effettuata secondo lo standard "Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immisionen von Windenergie anlagen (WEA-Shattenwurf-Hinweise)" è necessario in primo luogo determinare il percorso solare nella latitudine di riferimento della turbina.

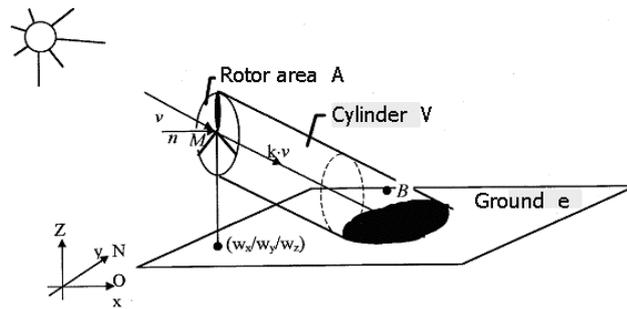


Fig. 1 - schematizzazione effetto shadow flickering

Per individuare ad un certo istante dell'anno la posizione del sole nel cielo in una determinata località è necessario definire alcuni angoli caratteristici:

- altezza o altitudine solare α : angolo formato tra la direzione dei raggi solari ed il piano orizzontale;
- l'angolo zenitale z : angolo formato tra i raggi solari e la direzione dello zenit (complementare all'angolo α);
- l'azimut solare a : angolo formato tra la posizione sul piano orizzontale dei raggi solari e la direzione sud;
- l'angolo orario h : distanza angolare tra il sole e la sua posizione a mezzogiorno lungo la sua traiettoria apparente sulla volta celeste;
- latitudine L : angolo che la retta passante per la località considerata ed il centro della terra forma con il piano dell'equatore;
- declinazione solare δ : angolo che la direzione dei raggi solari forma a mezzogiorno, sul meridiano considerato, col piano equatoriale.

La posizione istantanea del sole, definita dall'altezza solare α e dall'azimut solare a , è valutabile per mezzo delle relazioni:

$$\sin \alpha = \sin L * \sin \delta + \cos L * \cos \delta * \cos h$$

$$\sin a = (\cos \delta * \sin h) / \cos \alpha$$

poiché l'azimut solare può assumere valori maggiori di 90° , mentre la funzione arcoseno fornisce per convenzione valori di a compresi tra -90° e $+90^\circ$, è necessario, in questi casi, apporre delle correzioni ai valori calcolati.

La declinazione solare δ è invece calcolata per mezzo della relazione approssimata di Cooper (Solar Energy 1969 - The Absorption of Solar Radiation in Solar Stills):

$$\delta = 23,45 \text{ sen } [360 \cdot (284+n)/365] \text{ con } n \text{ l'ennesimo giorno dell'anno.}$$

È possibile visualizzare, per mezzo di un diagramma polare, le traiettorie del sole nel corso dell'anno per una determinata località. Il diagramma, che è una proiezione delle traiettorie del sole sul piano orizzontale, è ottenibile grafitando i valori dell'altezza solare e dell'azimut, calcolati con le precedenti relazioni e per la località considerata, in funzione del tempo solare e della declinazione.

Per mezzo di questi diagrammi è possibile determinare i periodi di tempo nei quali un punto di una superficie rimane in ombra a causa di ostacoli che intercettano i raggi del sole (come in particolare le lame della turbina eolica). Quando la distanza dell'ostruzione è grande rispetto alle dimensioni del ricevitore (ad esempio una finestra) è lecito considerare il ricevitore come puntiforme, poiché l'ombra tende a muoversi rapidamente sul ricevitore, che risulta pertanto completamente in ombra o completamente illuminato.

Per determinare quando l'ostacolo intercetta i raggi solari, bisogna rappresentare nel diagramma delle traiettorie solari la forma angolare dell'ostacolo come vista dal punto considerato, plottando su di esso l'azimut e l'altezza angolare dei punti del contorno con l'ostacolo stesso.

Di seguito si riporta il diagramma delle traiettorie solari definito per la località in cui ricade il parco eolico in progetto.

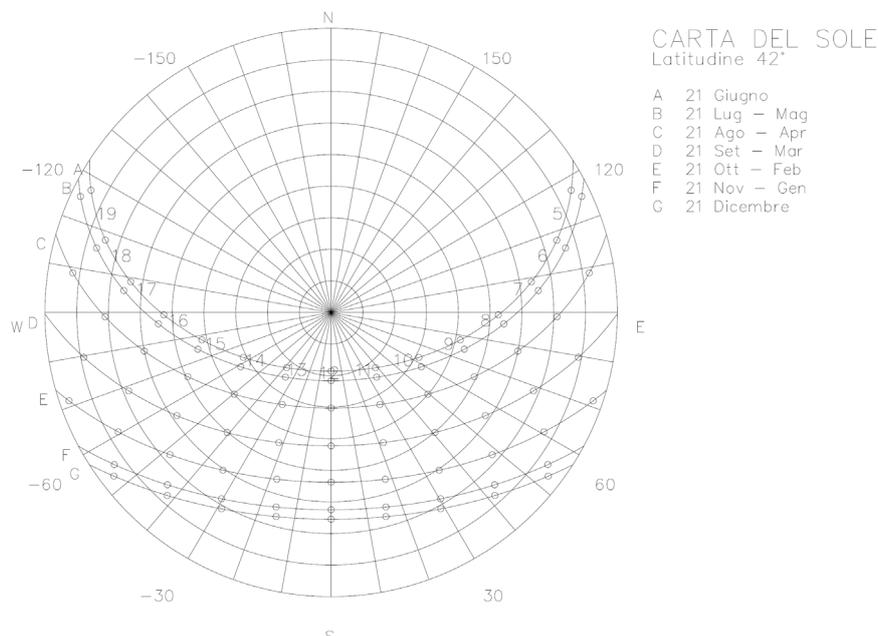


Fig. 2 - traiettorie solari - Carta del Sole Lat. 42

Il fenomeno di shadow flickering è definito da un'intensità stimata come differenza luminosa che si percepisce in presenza alternata di ombreggiamento in una data posizione. In generale le pale, avendo una forma rastremata con spessore che cresce verso il mozzo, possono provocare la presenza di tale fenomeno con intensità crescente all'aumentare della porzione di sole coperta dalla pala stessa e con il diminuire della distanza tra il ricevitore e la turbina nella direzione del sole.

A tal fine è utile costruire un grafico con l'evoluzione annuale dell'ombra di una turbina realizzato come involuppo delle traiettorie solari considerando la turbina sempre in rotazione e sempre orientata ortogonalmente nella direzione del sole durante la giornata.

La figura che segue mostra l'andamento dell'effetto shadow flickering della turbina avente le dimensioni di cui al presente progetto con indicazione delle fasce temporali in cui l'effetto può verificarsi rapportata alla scala metrica:

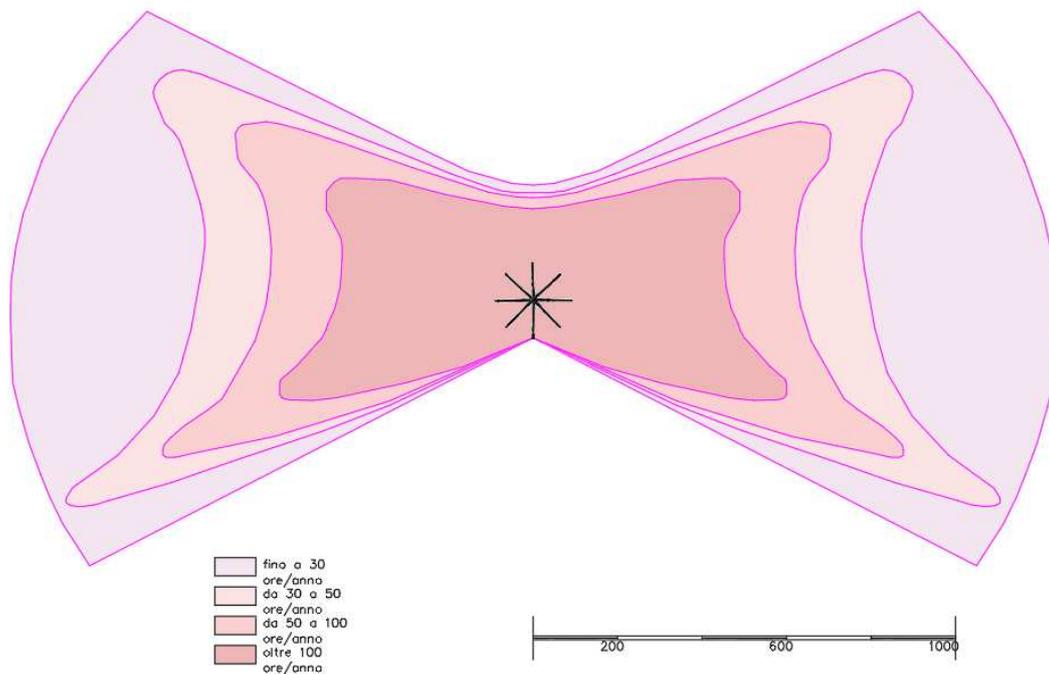


Fig. 3 - evoluzione effetto shadow flickering annuale - Carta del Sole Lat. 42 - turbina H = 115+85

La stima dell'impatto dello shadow flickering viene confrontata con le linee guida "Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise - unico riferimento presente)" che definisce i limiti per l'ombreggiamento:

- angolo minimo del sole rispetto all'orizzonte $\geq 3^\circ$;
- percentuale minima di copertura del sole della pala $\geq 20\%$;
- valore limite inferiore con effetto trascurabile in termini di ore/anno in cui può verificarsi il fenomeno: 30 ore/anno di ombra astronomica;
- valore limite superiore con effetti sensibili in termini di ore/anno in cui può verificarsi il fenomeno: 100 ore/anno di ombra astronomica;
- distanza massima con effetti sensibili: 1 km dalla turbina (dato di letteratura).

Inoltre, essendo di complessa definizione analitica, vengono considerate alcune semplificazioni a vantaggio di sicurezza quali:

- turbina sempre in rotazione;
- rotore sempre orientato ortogonalmente all'asse sole-ricettore;
- non vengono considerati ostacoli tra turbina e ricettore quali schermi, alberi, fabbricati ecc;
- ricettori orientati verso la turbina
- ventosità massima della turbina con conseguente raggiungimento del valore massimo di frequenza del fenomeno.

Il primo controllo è quindi eseguito esclusivamente rispetto all'evoluzione dell'ombra teorica al fine di escludere ulteriori analisi di dettaglio su potenziali ricettori ricadenti all'esterno delle zone classificate con intensità teorica del fenomeno shadow flickering superiore a 100 ore/anno.

Per i potenziali ricettori sensibili ricadenti all'interno dell'area di intensità teorica del fenomeno viene eseguita una più approfondita analisi considerando i seguenti ulteriori parametri di valutazione:

- durata del fenomeno con correzione dovuta all'eliofania;
- durata del fenomeno con correzione dovuta all'effettivo funzionamento dell'aerogeneratore (ore teoriche di funzionamento diurno e direzione del vento);

Il primo importante parametro è rappresentato proprio dall'eliofania che esprime la durata media del soleggiamento astronomico (periodo intercorrente tra alba e tramonto) durante l'anno, corretta in funzione delle caratteristiche topografiche del luogo e dalla nuvolosità media che si registra nello specifico luogo. Detto parametro è registrato dalle stazioni metereologiche e viene espresso in termini di rapporto percentuali tra le ore di "cielo chiaro" e le ore standard di soleggiamento astronomico. Per lo studio in esame sono stati considerati i valori di eliofania registrati nella più vicina stazione metereologica che forniscono tali valori per i diversi periodi dell'anno:

periodo	Campobasso Monforte (di/dst)
giu	0,31
lug-mag	0,65
ago-apr	0,59
set-mar	0,48
ott-feb	0,36
nov-gen	0,33
dic	0,29

La seconda correzione riguarda il funzionamento dell'aerogeneratore che produce il massimo effetto del fenomeno di shadow flickering quando il rotore è in funzione ed il suo orientamento è disposto in maniera

ortogonale alla direttrice dei raggi solari nella direzione aerogeneratore-ricettore. Infatti, un orientamento differente provoca una riduzione della durata del fenomeno di shadow flickering incidente sul ricettore.

In merito al funzionamento dell'aerogeneratore si è fatto riferimento ai due parametri di azionamento legati alla ventosità del sito: direzione del vento ed ore di funzionamento diurno.

Il sito in questione sviluppa una producibilità massima teorica specifica di circa 2.454 h/anno stimabile sia nella frazione diurna che notturna. Escludendo le ore notturne (in cui non si registrano fenomeni di ombreggiamento) occorre stimare le ore di funzionamento in relazione al percorso solare e valutare la frazione di tempo significativa in termini di ombreggiamento sul potenziale ricettore sensibile. Inoltre occorre eseguire una ulteriore correzione per tener conto della direzione del vento che incide notevolmente sull'orientamento del rotore.

Il grafico teorico della direzione del vento per il sito in esame mostra i seguenti valori rispetto ai punti cardinali:

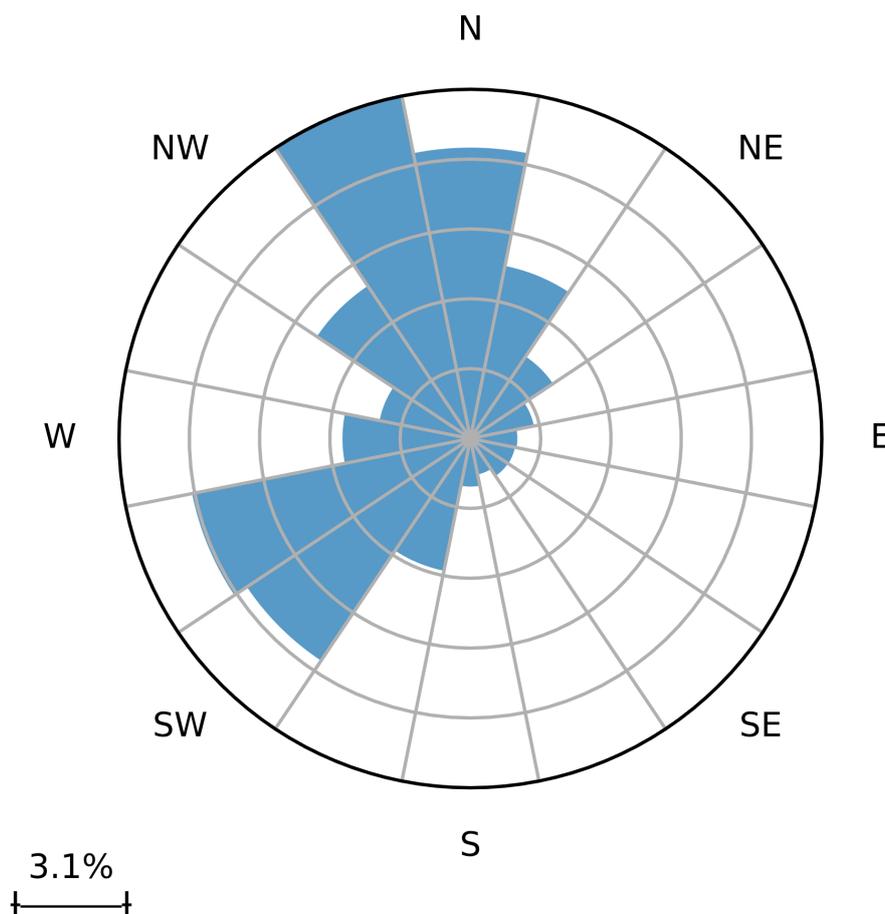


Fig. 4 – direzioni del vento per la specifica località (carta delle prevalenze)

La tabella che segue mostra le percentuali di funzionamento dell'aerogeneratore nei diversi orientamenti per come determinati dalla carta delle prevalenze.

azimut	% funzionamento	Ore equivalenti stimate (h/anno)
N	12,95%	317,79
N-N/E	7,85%	192,64
NE	4,30%	105,52
N/E-E	2,80%	68,71
E	2,00%	49,08
E-S/E	2,00%	49,08
S/E	2,00%	49,08
S/E-S	1,60%	39,26
S	2,10%	51,53
S-S/W	6,00%	147,24
S/W	11,90%	292,03
S/W-W	12,00%	294,48
W	5,00%	122,70
W-N/W	4,00%	98,16
N/W	8,00%	196,32
N/W-N	15,50%	380,37
TOTALE	100,00%	2.454,00

Pertanto, l'analisi di approfondimento per i potenziali ricettori ricadenti all'interno dell'area in cui risulta un ombreggiamento astronomico teorico con durata superiore a 100 h/anno sono trattata secondo le seguenti due distinte ipotesi:

- a) ipotesi che massimizza il fenomeno in termini di geometria (rotore orientato ortogonalmente alla direzione WTG-ricettore) considerando la durata corretta in termini di eliofania e funzionamento dell'aerogeneratore;
- b) ipotesi che massimizza il fenomeno in termini di durata (rotore orientato ortogonalmente alla direzione prevalente del vento) considerando, a vantaggio di sicurezza, che in tutte le ore di funzionamento dell'aerogeneratore il rotore sia orientato nella direzione prevalente del vento.

I risultati ottenuti dalle due ipotesi fondamentali saranno confrontati con le durate ritenute tollerabili:

- durata del fenomeno inferiore a 100 h/anno;
- durata del fenomeno inferiore a 30 min/giorno.

Conseguentemente ai risultati ottenuti verranno individuate le possibili misure di mitigazione del fenomeno definite per ciascuna singola fattispecie; in via preliminare, e del tutto indicativa, si ritiene che queste possano essere strutturali (siepi di protezione, barriere visive, alberature, tendaggi, blocco aerogeneratori in occorrenza del fenomeno), ovvero non strutturali (compensazione per mancata fruizione).

2. Analisi del fenomeno e stima delle interferenze

Il parco eolico in progetto è composto da n. 5 aerogeneratori dislocati all'interno del territorio del comune di Vallelunga Pratameno (CL) e Sclafani Bagni (PA). Di seguito si riporta l'estratto dell'elaborato (EDP0054 - Planimetria degli effetti shadow flickering) con individuazione delle fasce di innesco teorico del fenomeno di shadow flickering sui potenziali ricettori sensibili.

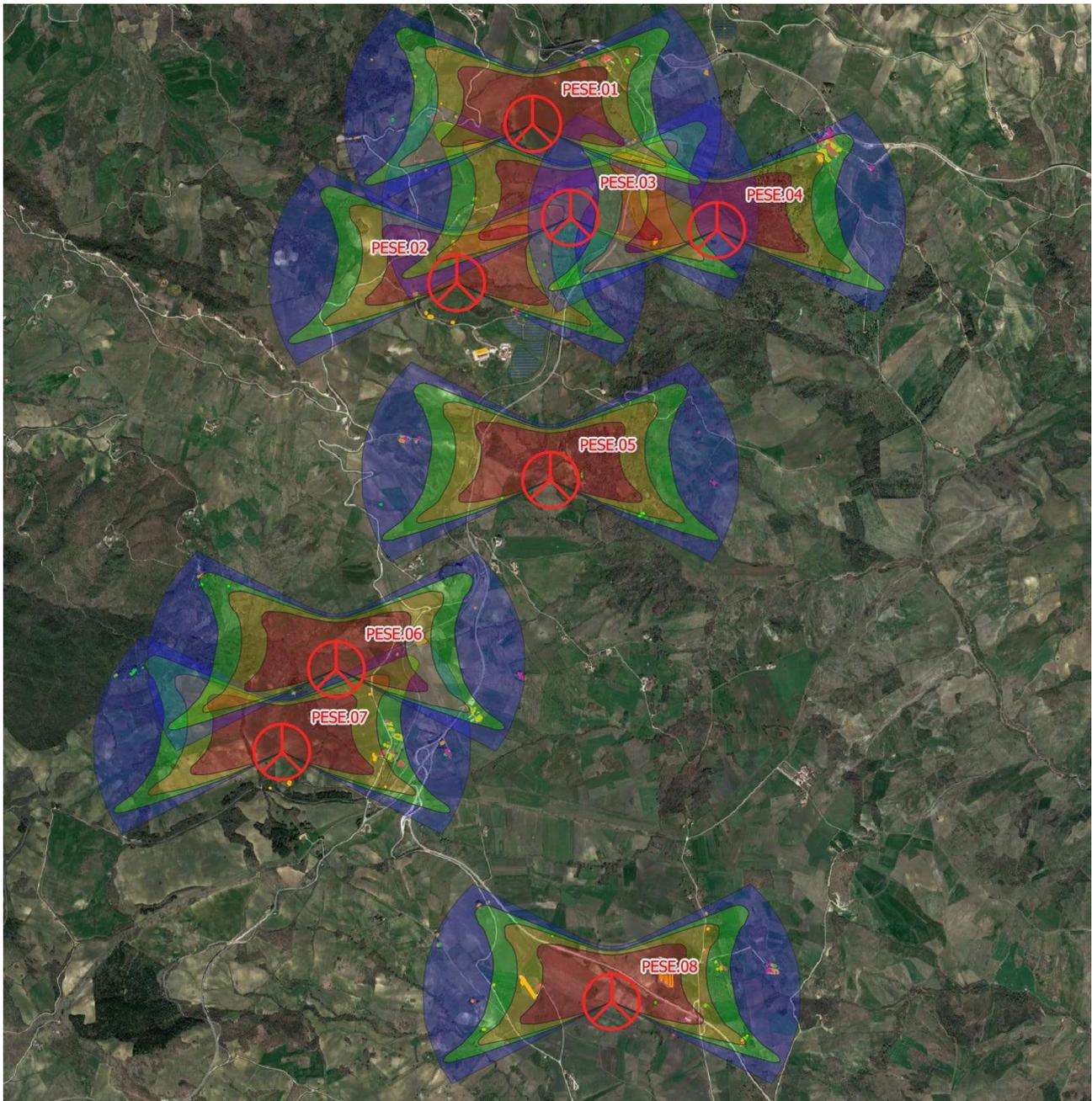


Figura 5. Analisi degli effetti dello shadow flickering (estratto dell'elaborato EDP0054 - Planimetria degli effetti shadow flickering)

WTG	COORDINATE PIANE SISTEMA UTM WGS 84 - FUSO 33 NORD		Ubicazione catastale
	EST	NORD	
PESE 01	487921.9	4617298.3	Casacalenda (CB) foglio 68 part.132
PESE 02	487424.5	4616249.7	Ripabottoni (CB) foglio 4 part.85
PESE 03	488169	4616679.8	Ripabottoni (CB) foglio 5 part. 62
PESE 04	489130.9	4616597.9	Ripabottoni (CB) foglio 6 part.70
PESE 05	488037.8	4614946.4	Ripabottoni (CB) foglio 22 part.117
PESE 06	486632.7	4613693.6	Ripabottoni (CB) foglio 27 part. 12
PESE 07	486276.7	4613144.6	Sant'Elia a Pianisi (CB) foglio 4 part. 1
PESE 08	488441.5	4611494	Sant'Elia a Pianisi (CB) foglio 6 part. 158

Al fine di valutare le possibili interferenze tra l'effetto shadow flickering delle turbine ed i ricettori sensibili è stata eseguita una scrupolosa analisi dei fabbricati presenti nell'area di interesse di cui se ne riporta l'estratto tabellare con le relative coordinate e la loro destinazione d'uso:

id	Tipologia	Cat.	Comune	Foglio	Part.	Durata del fenomeno di ombreggiamento astronomico [Ore/anno]
60	Abitazione	A04	Ripabottoni	5	295	>100 ore/anno
61	Abitazione	A04	Ripabottoni	4	156	>100 ore/anno
80	Altri edifici	C02	Ripabottoni	4	190	>100 ore/anno
96	Altri edifici	C02	Ripabottoni	4	150	>100 ore/anno
97	Altri edifici	C02	Ripabottoni	4	157	>100 ore/anno
138	Altri edifici	D10	Sant'Elia a Pianisi	6	319	>100 ore/anno
139	Altri edifici	D10	Sant'Elia a Pianisi	6	335	>100 ore/anno
140	Altri edifici	D10	Sant'Elia a Pianisi	6	347	>100 ore/anno
159	Altri edifici	F02	Ripabottoni	5	47	>100 ore/anno
160	Altri edifici	F02	Ripabottoni	4	150	>100 ore/anno
161	Altri edifici	F02	Ripabottoni	4	151	>100 ore/anno
162	Altri edifici	F02	Ripabottoni	7	271	>100 ore/anno
196	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	6	133	>100 ore/anno
214	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	4	87	>100 ore/anno
215	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	4	87	>100 ore/anno
216	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	5	43	>100 ore/anno
217	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	5	64	>100 ore/anno
220	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	13	190	>100 ore/anno
221	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	13	450	>100 ore/anno
224	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	6	146	>100 ore/anno
236	Altri edifici	NC	Casacalenda	68	109	>100 ore/anno
237	Altri edifici	NC	Ripabottoni	5	182	>100 ore/anno
238	Altri edifici	NC	Ripabottoni	27	135	>100 ore/anno

239	Altri edifici	NC	Ripabottoni	27	43	>100 ore/anno
5	Abitazione	A02	Casacalenda	68	189	da 50 a 100 ore anno
6	Abitazione	A02	Casacalenda	68	189	da 50 a 100 ore anno
7	Abitazione	A02	Casacalenda	68	187	da 50 a 100 ore anno
8	Abitazione	A02	Sant'Elia a Pianisi	15	402	da 50 a 100 ore anno
22	Abitazione	A03	Casacalenda	69	221	da 50 a 100 ore anno
23	Abitazione	A03	Casacalenda	68	181	da 50 a 100 ore anno
24	Abitazione	A03	Ripabottoni	6	71	da 50 a 100 ore anno
25	Abitazione	A03	Sant'Elia a Pianisi	15	437	da 50 a 100 ore anno
57	Abitazione	A04	Ripabottoni	28	345	da 50 a 100 ore anno
58	Abitazione	A04	Casacalenda	69	219	da 50 a 100 ore anno
59	Abitazione	A04	Casacalenda	69	219	da 50 a 100 ore anno
66	Abitazione	A07	Sant'Elia a Pianisi	12	207	da 50 a 100 ore anno
88	Altri edifici	C02	Sant'Elia a Pianisi	15	410	da 50 a 100 ore anno
89	Altri edifici	C02	Casacalenda	68	196	da 50 a 100 ore anno
90	Altri edifici	C02	Sant'Elia a Pianisi	15	220	da 50 a 100 ore anno
91	Altri edifici	C02	Sant'Elia a Pianisi	15	425	da 50 a 100 ore anno
92	Altri edifici	C02	Sant'Elia a Pianisi	15	426	da 50 a 100 ore anno
93	Altri edifici	C02	Ripabottoni	28	340	da 50 a 100 ore anno
94	Altri edifici	C02	Ripabottoni	4	158	da 50 a 100 ore anno
103	Altri edifici	C06	Sant'Elia a Pianisi	15	424	da 50 a 100 ore anno
104	Altri edifici	C06	Sant'Elia a Pianisi	12	207	da 50 a 100 ore anno
105	Altri edifici	C06	Ripabottoni	6	74	da 50 a 100 ore anno
112	Altri edifici	D01	Casacalenda	68	167	da 50 a 100 ore anno
127	Altri edifici	D10	Bonefro	15	273	da 50 a 100 ore anno
128	Altri edifici	D10	Sant'Elia a Pianisi	12	207	da 50 a 100 ore anno
129	Altri edifici	D10	Ripabottoni	28	347	da 50 a 100 ore anno
130	Altri edifici	D10	Ripabottoni	28	347	da 50 a 100 ore anno
131	Altri edifici	D10	Ripabottoni	28	341	da 50 a 100 ore anno
132	Altri edifici	D10	Ripabottoni	27	198	da 50 a 100 ore anno
133	Altri edifici	D10	Ripabottoni	27	198	da 50 a 100 ore anno
137	Altri edifici	D10	Ripabottoni	27	207	da 50 a 100 ore anno
142	Altri edifici	E01	Casacalenda	68	199	da 50 a 100 ore anno
143	Altri edifici	E01	Casacalenda	68	200	da 50 a 100 ore anno
144	Altri edifici	E01	Casacalenda	68	201	da 50 a 100 ore anno
145	Altri edifici	E01	Sant'Elia a Pianisi	5	5	da 50 a 100 ore anno
158	Altri edifici	F02	Ripabottoni	6	76	da 50 a 100 ore anno
164	Altri edifici	F06	Sant'Elia a Pianisi	15	423	da 50 a 100 ore anno
165	Rudere	FABB. RURALE	Casacalenda	64	110	da 50 a 100 ore anno
166	Rudere	FABB. RURALE	Casacalenda	64	110	da 50 a 100 ore anno
202	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	6	149	da 50 a 100 ore anno
203	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	15	222	da 50 a 100 ore anno

204	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	15	217	da 50 a 100 ore anno
205	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	15	218	da 50 a 100 ore anno
206	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	15	219	da 50 a 100 ore anno
209	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	23	376	da 50 a 100 ore anno
210	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	23	354	da 50 a 100 ore anno
211	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	23	28	da 50 a 100 ore anno
212	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	23	386	da 50 a 100 ore anno
213	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	23	385	da 50 a 100 ore anno
218	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	5	79	da 50 a 100 ore anno
219	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	5	80	da 50 a 100 ore anno
223	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	21	21	da 50 a 100 ore anno
225	Rudere	FERROVIA SP	Ripabottoni	28	11	da 50 a 100 ore anno
232	Altri edifici	NC	Casacalenda	69	171	da 50 a 100 ore anno
233	Altri edifici	NC	Ripabottoni	27	41	da 50 a 100 ore anno
234	Altri edifici	NC	Casacalenda	68	28	da 50 a 100 ore anno
235	Altri edifici	NC	Casacalenda	68	37	da 50 a 100 ore anno
3	Abitazione	A02	Ripabottoni	27	67	da 30 a 50 ore/anno
4	Abitazione	A02	Bonefro	15	265	da 30 a 50 ore/anno
14	Abitazione	A03	Casacalenda	68	181	da 30 a 50 ore/anno
15	Abitazione	A03	Ripabottoni	27	195	da 30 a 50 ore/anno
16	Abitazione	A03	Casacalenda	69	221	da 30 a 50 ore/anno
17	Abitazione	A03	Ripabottoni	27	195	da 30 a 50 ore/anno
18	Abitazione	A03	Ripabottoni	27	195	da 30 a 50 ore/anno
19	Abitazione	A03	Ripabottoni	27	89	da 30 a 50 ore/anno
20	Abitazione	A03	Ripabottoni	27	203	da 30 a 50 ore/anno
21	Abitazione	A03	Ripabottoni	27	195	da 30 a 50 ore/anno
26	Abitazione	A03	Ripabottoni	5	303	da 30 a 50 ore/anno
27	Abitazione	A03	Ripabottoni	27	164	da 30 a 50 ore/anno
28	Abitazione	A03	Ripabottoni	27	164	da 30 a 50 ore/anno
43	Abitazione	A04	Sant'Elia a Pianisi	5	342	da 30 a 50 ore/anno
44	Abitazione	A04	Ripabottoni	27	163	da 30 a 50 ore/anno
45	Abitazione	A04	Bonefro	15	363	da 30 a 50 ore/anno
46	Abitazione	A04	Bonefro	15	395	da 30 a 50 ore/anno
47	Abitazione	A04	Bonefro	15	363	da 30 a 50 ore/anno
48	Abitazione	A04	Bonefro	15	364	da 30 a 50 ore/anno
49	Abitazione	A04	Bonefro	15	364	da 30 a 50 ore/anno
50	Abitazione	A04	Casacalenda	68	73	da 30 a 50 ore/anno
51	Abitazione	A04	Ripabottoni	6	14	da 30 a 50 ore/anno
52	Abitazione	A04	Sant'Elia a Pianisi	15	382	da 30 a 50 ore/anno
53	Abitazione	A04	Sant'Elia a Pianisi	15	407	da 30 a 50 ore/anno
54	Abitazione	A04	Sant'Elia a Pianisi	15	407	da 30 a 50 ore/anno
55	Abitazione	A04	Sant'Elia a Pianisi	14	182	da 30 a 50 ore/anno

56	Abitazione	A04	Casacalenda	68	195	da 30 a 50 ore/anno
62	Abitazione	A04	Ripabottoni	27	163	da 30 a 50 ore/anno
63	Abitazione	A04	Ripabottoni	27	209	da 30 a 50 ore/anno
64	Abitazione	A04	Ripabottoni	27	34	da 30 a 50 ore/anno
68	Altri edifici	B04	Ripabottoni	27	166	da 30 a 50 ore/anno
81	Altri edifici	C02	Ripabottoni	27	94	da 30 a 50 ore/anno
82	Altri edifici	C02	Sant'Elia a Pianisi	15	428	da 30 a 50 ore/anno
83	Altri edifici	C02	Sant'Elia a Pianisi	15	427	da 30 a 50 ore/anno
84	Altri edifici	C02	Sant'Elia a Pianisi	12	224	da 30 a 50 ore/anno
85	Altri edifici	C02	Sant'Elia a Pianisi	15	395	da 30 a 50 ore/anno
86	Altri edifici	C02	Ripabottoni	4	152	da 30 a 50 ore/anno
87	Altri edifici	C02	Ripabottoni	4	155	da 30 a 50 ore/anno
95	Altri edifici	C02	Ripabottoni	5	303	da 30 a 50 ore/anno
102	Altri edifici	C06	Sant'Elia a Pianisi	15	403	da 30 a 50 ore/anno
106	Altri edifici	C06	Ripabottoni	27	165	da 30 a 50 ore/anno
109	Altri edifici	D01	Bonefro	15	179	da 30 a 50 ore/anno
110	Altri edifici	D01	Bonefro	15	263	da 30 a 50 ore/anno
111	Altri edifici	D01	Bonefro	15	267	da 30 a 50 ore/anno
113	Altri edifici	D08	Ripabottoni	27	61	da 30 a 50 ore/anno
116	Altri edifici	D10	Ripabottoni	28	330	da 30 a 50 ore/anno
117	Altri edifici	D10	Ripabottoni	28	330	da 30 a 50 ore/anno
118	Altri edifici	D10	Bonefro	15	351	da 30 a 50 ore/anno
119	Altri edifici	D10	Bonefro	15	351	da 30 a 50 ore/anno
120	Altri edifici	D10	Bonefro	15	351	da 30 a 50 ore/anno
100	Altri edifici	C06	Ripabottoni	27	206	<30 ore/anno
101	Altri edifici	C06	Sant'Elia a Pianisi	12	193	<30 ore/anno
98	Altri edifici	C06	Sant'Elia a Pianisi	15	383	<30 ore/anno
99	Altri edifici	C06	Ripabottoni	12	255	<30 ore/anno
107	Altri edifici	D01	Sant'Elia a Pianisi	5	238	<30 ore/anno
108	Altri edifici	D01	Sant'Elia a Pianisi	5	237	<30 ore/anno
114	Altri edifici	D10	Sant'Elia a Pianisi	5	342	<30 ore/anno
115	Altri edifici	D10	Ripabottoni	12	237	<30 ore/anno
141	Altri edifici	E01	Casacalenda	68	45	<30 ore/anno
147	Altri edifici	E09	Casacalenda	69	104	<30 ore/anno
148	Altri edifici	E09	Casacalenda	69	104	<30 ore/anno
149	Altri edifici	E09	Casacalenda	69	104	<30 ore/anno
150	Altri edifici	F02	Ripabottoni	26	232	<30 ore/anno
151	Altri edifici	F02	Ripabottoni	28	328	<30 ore/anno
152	Altri edifici	F02	Ripabottoni	20	291	<30 ore/anno
153	Altri edifici	F02	Sant'Elia a Pianisi	15	401	<30 ore/anno
154	Altri edifici	F02	Sant'Elia a Pianisi	15	399	<30 ore/anno
155	Altri edifici	F02	Ripabottoni	20	290	<30 ore/anno

163	Altri edifici	F03	Ripabottoni	27	63	<30 ore/anno
167	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	5	94	<30 ore/anno
169	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	113	<30 ore/anno
170	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	114	<30 ore/anno
171	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	115	<30 ore/anno
172	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	116	<30 ore/anno
173	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	121	<30 ore/anno
174	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	112	<30 ore/anno
175	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	112	<30 ore/anno
176	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	118	<30 ore/anno
177	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	120	<30 ore/anno
178	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	119	<30 ore/anno
179	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	75	<30 ore/anno
180	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	123	<30 ore/anno
181	Rudere	FABBR. DIRUTO	Casacalenda	69	49	<30 ore/anno
182	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	27	76	<30 ore/anno
183	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	12	163	<30 ore/anno
184	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	12	172	<30 ore/anno
185	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	12	131	<30 ore/anno
186	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	12	173	<30 ore/anno
187	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	12	130	<30 ore/anno
188	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	15	131	<30 ore/anno
189	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	15	132	<30 ore/anno
226	Altri edifici	NC	Bonefro	15	12	<30 ore/anno
227	Altri edifici	NC	Provvidenti	12	195	<30 ore/anno
228	Altri edifici	NC	Casacalenda	69	13	<30 ore/anno
100	Altri edifici	C06	Ripabottoni	27	206	<30 ore/anno
101	Altri edifici	C06	Sant'Elia a Pianisi	12	193	<30 ore/anno
98	Altri edifici	C06	Sant'Elia a Pianisi	15	383	<30 ore/anno
99	Altri edifici	C06	Ripabottoni	12	255	<30 ore/anno
107	Altri edifici	D01	Sant'Elia a Pianisi	5	238	<30 ore/anno
108	Altri edifici	D01	Sant'Elia a Pianisi	5	237	<30 ore/anno
114	Altri edifici	D10	Sant'Elia a Pianisi	5	342	<30 ore/anno
115	Altri edifici	D10	Ripabottoni	12	237	<30 ore/anno
141	Altri edifici	E01	Casacalenda	68	45	<30 ore/anno
147	Altri edifici	E09	Casacalenda	69	104	<30 ore/anno
148	Altri edifici	E09	Casacalenda	69	104	<30 ore/anno
149	Altri edifici	E09	Casacalenda	69	104	<30 ore/anno
150	Altri edifici	F02	Ripabottoni	26	232	<30 ore/anno
151	Altri edifici	F02	Ripabottoni	28	328	<30 ore/anno
152	Altri edifici	F02	Ripabottoni	20	291	<30 ore/anno
153	Altri edifici	F02	Sant'Elia a Pianisi	15	401	<30 ore/anno

154	Altri edifici	F02	Sant'Elia a Pianisi	15	399	<30 ore/anno
155	Altri edifici	F02	Ripabottoni	20	290	<30 ore/anno
163	Altri edifici	F03	Ripabottoni	27	63	<30 ore/anno
167	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	5	94	<30 ore/anno
169	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	113	<30 ore/anno
170	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	114	<30 ore/anno
171	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	115	<30 ore/anno
172	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	116	<30 ore/anno
173	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	121	<30 ore/anno
174	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	112	<30 ore/anno
175	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	112	<30 ore/anno
176	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	118	<30 ore/anno
177	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	120	<30 ore/anno
178	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	119	<30 ore/anno
179	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	75	<30 ore/anno
180	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	123	<30 ore/anno
181	Rudere	FABBR. DIRUTO	Casacalenda	69	49	<30 ore/anno
182	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	27	76	<30 ore/anno
183	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	12	163	<30 ore/anno
184	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	12	172	<30 ore/anno
185	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	12	131	<30 ore/anno
186	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	12	173	<30 ore/anno
187	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	12	130	<30 ore/anno
188	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	15	131	<30 ore/anno
189	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	15	132	<30 ore/anno
226	Altri edifici	NC	Bonefro	15	12	<30 ore/anno
227	Altri edifici	NC	Provvidenti	12	195	<30 ore/anno
228	Altri edifici	NC	Casacalenda	69	13	<30 ore/anno
153	Altri edifici	F02	Sant'Elia a Pianisi	15	401	<30 ore/anno
154	Altri edifici	F02	Sant'Elia a Pianisi	15	399	<30 ore/anno
155	Altri edifici	F02	Ripabottoni	20	290	<30 ore/anno
163	Altri edifici	F03	Ripabottoni	27	63	<30 ore/anno
167	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	5	94	<30 ore/anno
169	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	113	<30 ore/anno
170	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	114	<30 ore/anno
171	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	115	<30 ore/anno
172	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	116	<30 ore/anno
173	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	121	<30 ore/anno
174	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	112	<30 ore/anno
175	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	112	<30 ore/anno
176	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	118	<30 ore/anno
177	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	120	<30 ore/anno

178	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	119	<30 ore/anno
179	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	75	<30 ore/anno
180	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	26	123	<30 ore/anno
181	Rudere	FABBR. DIRUTO	Casacalenda	69	49	<30 ore/anno
182	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	27	76	<30 ore/anno
183	Rudere	FABBR. DIRUTO	Ripabottoni	12	163	<30 ore/anno
184	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	12	172	<30 ore/anno
185	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	12	131	<30 ore/anno
186	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	12	173	<30 ore/anno
187	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	12	130	<30 ore/anno
188	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	15	131	<30 ore/anno
189	Rudere	FABBR. DIRUTO	Sant'Elia a Pianisi	15	132	<30 ore/anno
226	Altri edifici	NC	Bonefro	15	12	<30 ore/anno
227	Altri edifici	NC	Provvidenti	12	195	<30 ore/anno
228	Altri edifici	NC	Casacalenda	69	13	<30 ore/anno

I ricettori sensibili individuati per i quali si registrano valori di durata superiore a 100 h/anno di ombreggiamento astronomico sono i seguenti:

- **60** *Abitazione*

- **61** *Abitazione*



Foto 1 - Abitazione id 61

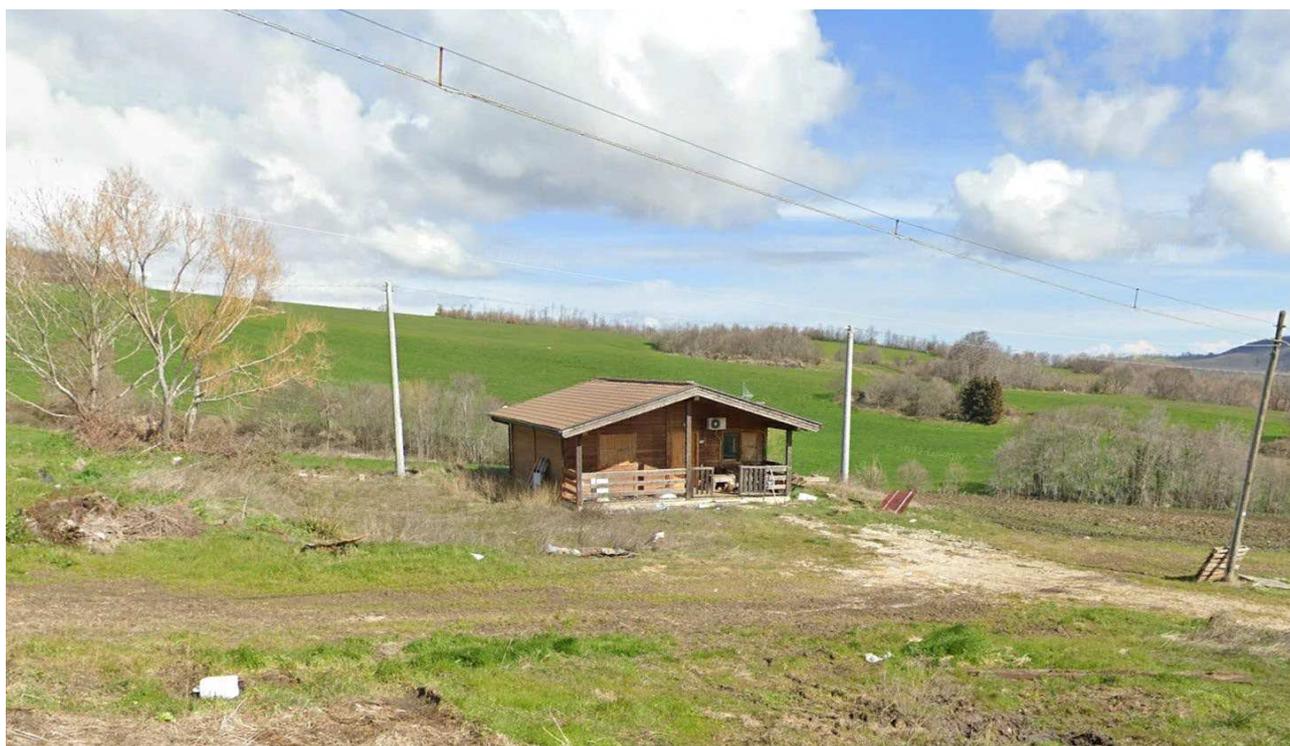


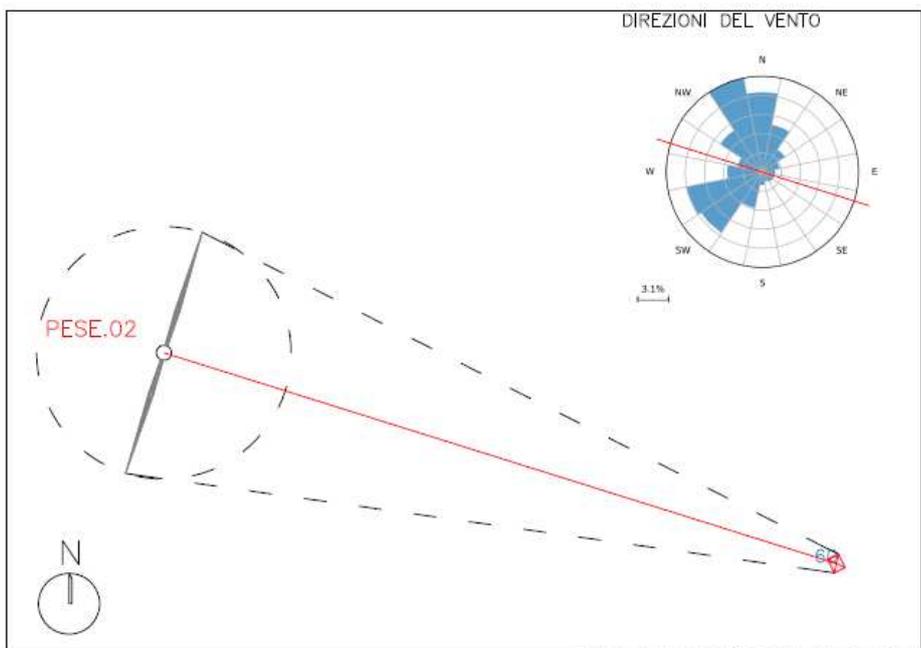
Foto 2 -Abitazione id 60

Per questi ricettori segue analisi approfondita per la valutazione degli effetti di shadow flickering nelle due ipotesi di calcolo.

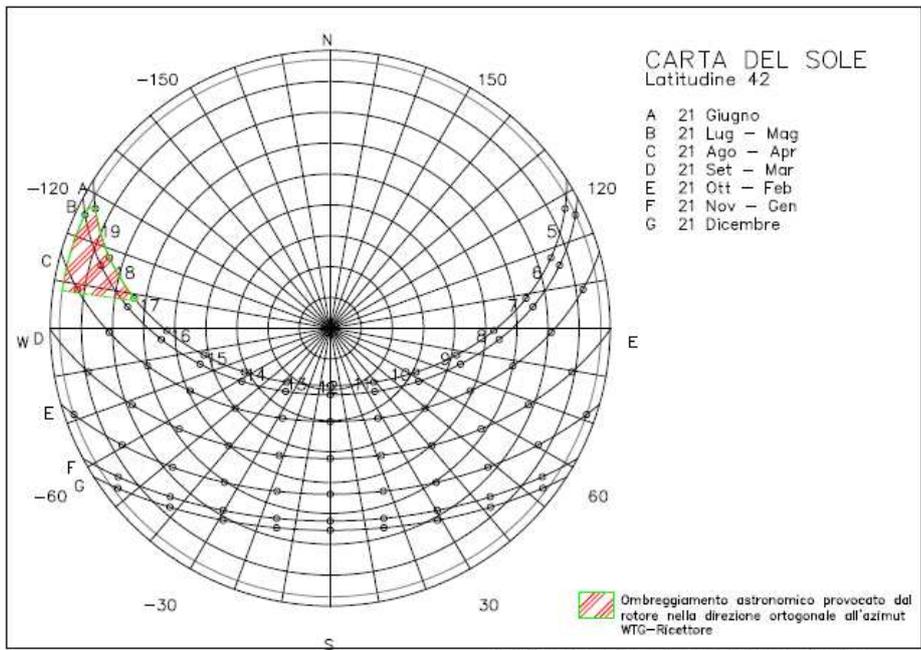
Ipotesi a)

In questa sessione vengono analizzati, per i ricettori sopra individuati, gli effetti di shadow flickering nell'ipotesi che massimizza il fenomeno in termini di geometria (rotore orientato ortogonalmente alla direzione WTG-ricettore) considerando la durata corretta in termini di eliofania e funzionamento dell'aerogeneratore;

id_ricettore 60



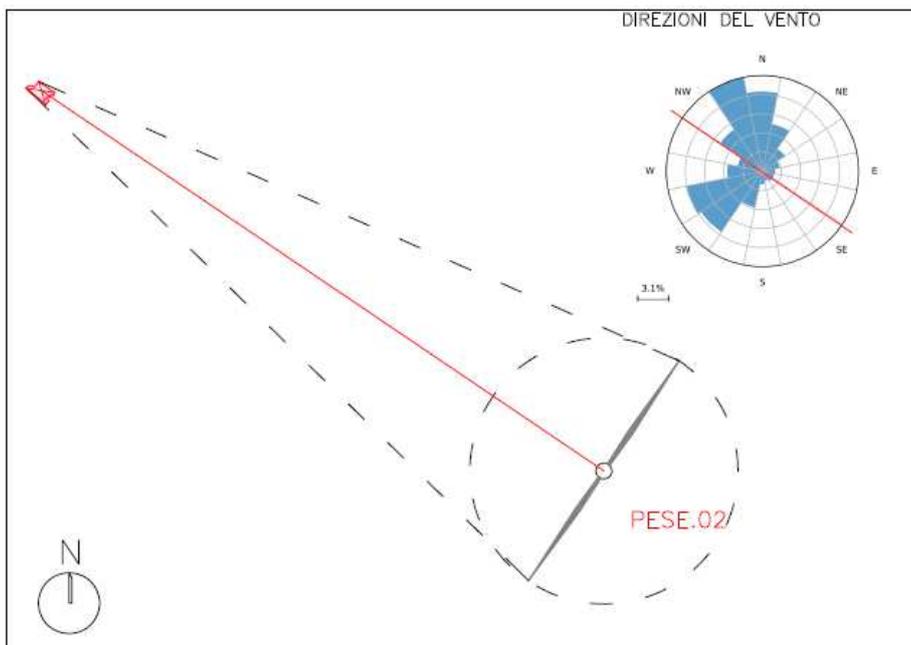
SCHEMA PLANIMETRICO AZIMUT SOLARE



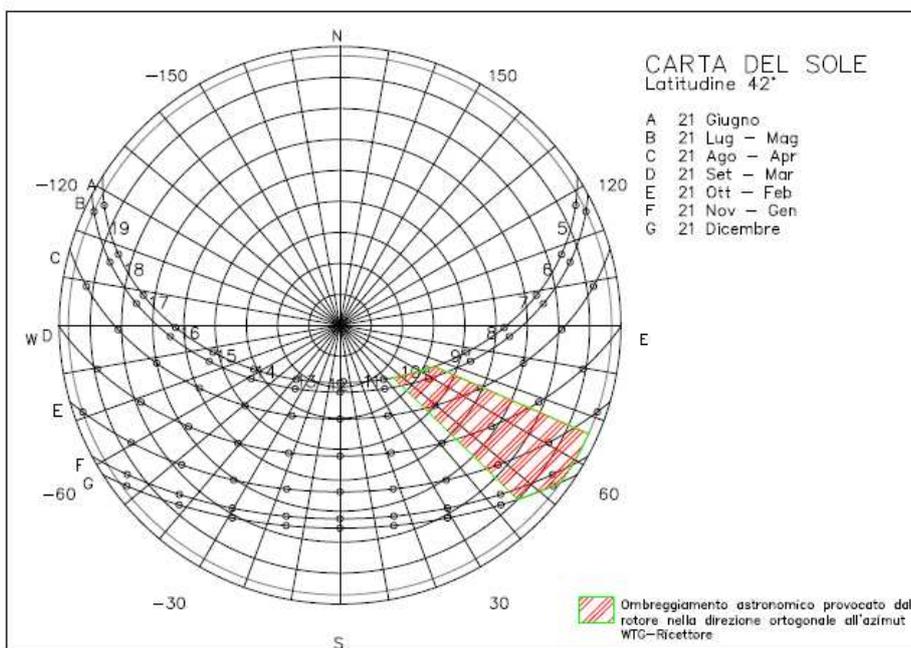
CARTA DEL SOLE CON OMBREGGIAMENTI TEORICI

id 60			PESE.02		ore esercizio totale nella direzione di massimo fenomeno (N;N-NE;S;S-SW) 2454,00				riduzione periodo per orientamento 0,29		
	periodo (T)	giorni (g)	ore diurno (H/T)	orario fenomeno	durata ideale fenomeno (min/g)	durata ideale annua (h/T)	% eliofania (hdi/hst)	correzione durata per eliofania (min/g)	esercizio WTG stimata (hdi)	correzione durata per eliofania nelle ore di esercizio WTG (min/g)	correzione durata per orientamento WTG (min/g)
giu	30,00	14,76	16:55-19:00	125,00	62,50	0,66	82,29	4,13	23,05	6,66	3,33
lug-mag	61,00	14,78	17:10-19:00	110,00	111,83	0,65	71,50	4,14	20,03	5,79	5,89
ago-apr	61,00	13,43	17:55-18:30	35,00	35,58	0,59	20,56	3,76	5,76	1,66	1,69
set-mar	61,00	12,09	-	-	0,00	0,48	0,00	3,39	0,00	0,00	0,00
ott-feb	60,00	10,91	-	-	0,00	0,36	0,00	3,06	0,00	0,00	0,00
nov-gen	61,00	9,62	-	-	0,00	0,33	0,00	2,70	0,00	0,00	0,00
dic	31,00	9,27	-	-	0,00	0,34	0,00	2,60	0,00	0,00	0,00
annuale	365,00	84,86	-	270,00	209,92	-	174,35	23,77	48,84	-	10,91

id_ricettore 61



SCHEMA PLANIMETRICO AZIMUT SOLARE



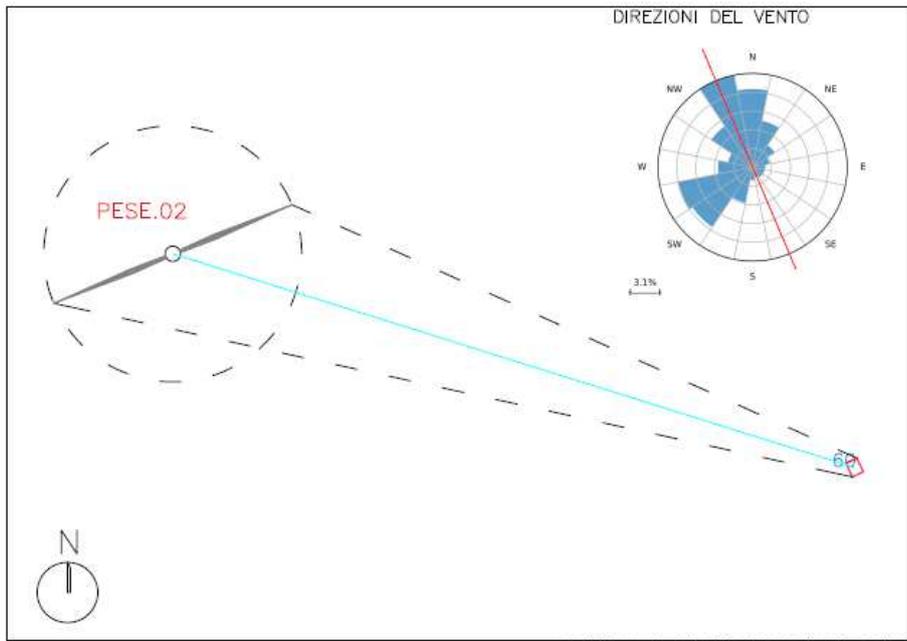
CARTA DEL SOLE CON OMBREGGIAMENTI TEORICI

id 61		PESE.02		ore esercizio totale nella direzione di massimo fenomeno (NE;N-NE;SW;S-SW)				2454,00		riduzione periodo per orientamento		0,30
periodo (T)	giorni (g)	ore diurno (H/T)	orario fenomeno	durata ideale fenomeno (min/g)	durata ideale annua (h/T)	% eliofania (hdi/hst)	correzione durata per eliofania (min/g)	esercizio WTG stimata (hdi)	correzione durata per eliofania nelle ore di esercizio WTG (min/g)	correzione durata per orientamento WTG (min/g)	durata fenomeno corretta (h/T)	
giu	30,00	14,76	9:50-10:45	55,00	27,50	0,66	36,21	4,13	10,14	3,05	1,52	
lug-mag	61,00	14,78	9:35-10:40	65,00	66,08	0,65	42,25	4,14	11,84	3,56	3,62	
ago-apr	61,00	13,43	8:57-10:15	78,00	79,30	0,59	45,83	3,76	12,84	3,86	3,92	
set-mar	61,00	12,09	8:10-9:45	95,00	96,58	0,48	45,92	3,39	12,86	3,87	3,93	
ott-feb	60,00	10,91	7:25-9:10	105,00	105,00	0,36	38,06	3,06	10,66	3,20	3,20	
nov-gen	61,00	9,62	7:40-8:50	70,00	71,17	0,33	23,04	2,70	6,45	1,94	1,97	
dic	31,00	9,27	7:55-8:40	45,00	23,25	0,34	15,38	2,60	4,31	1,29	0,67	
annuale	365,00	84,86	-	513,00	468,88	-	246,68	23,77	69,10	-	18,84	

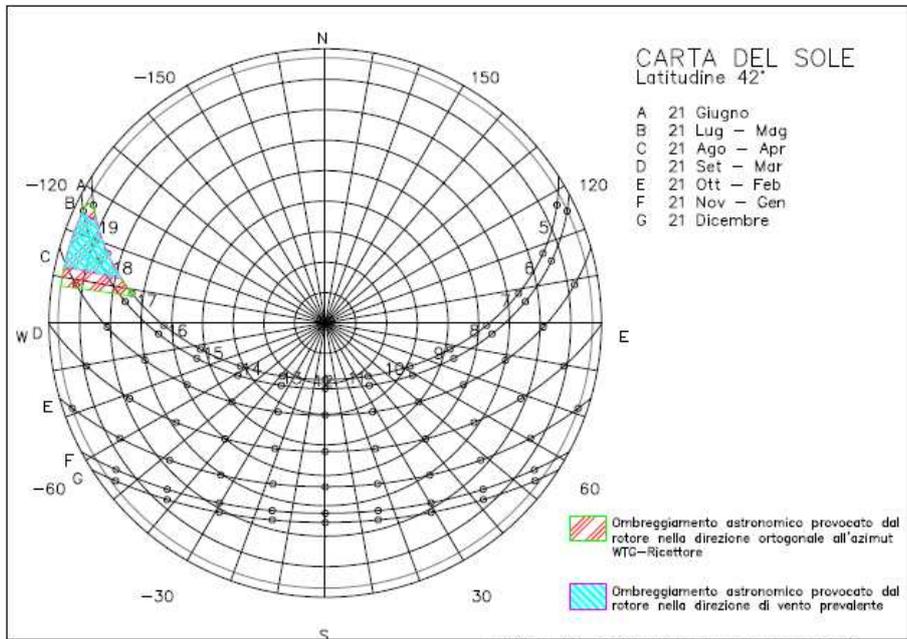
Ipotesi b)

In questa sessione vengono analizzati, per i ricettori sopra individuati, gli effetti di shadow flickering nell'ipotesi che massimizza il fenomeno in termini di durata (rotore orientato ortogonalmente alla direzione prevalente del vento) considerando, a vantaggio di sicurezza, che in tutte le ore di funzionamento dell'aerogeneratore il rotore sia orientato nella direzione prevalente del vento.

id_ricettore 60



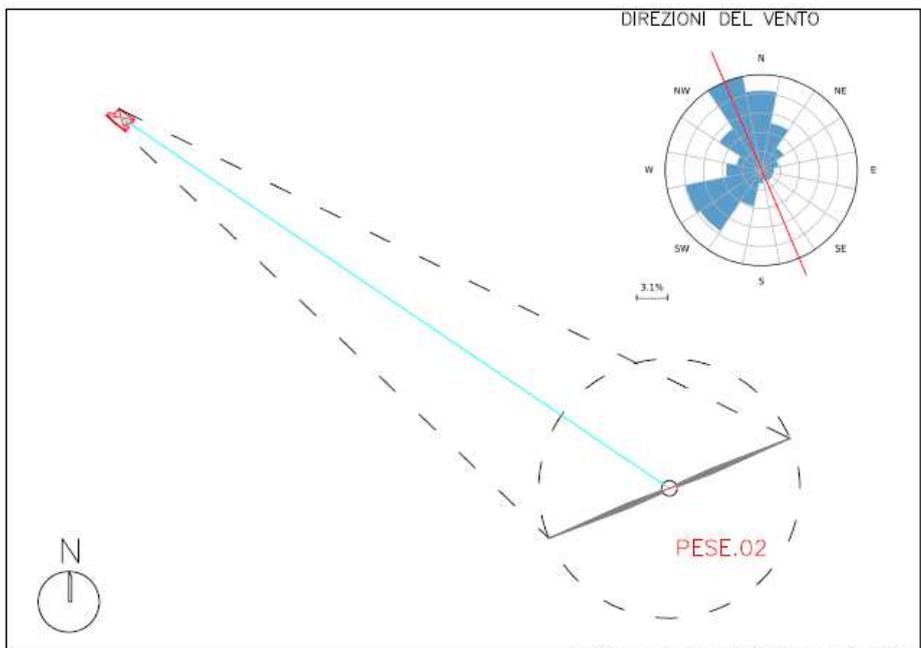
SCHEMA PLANIMETRICO AZIMUT SOLARE



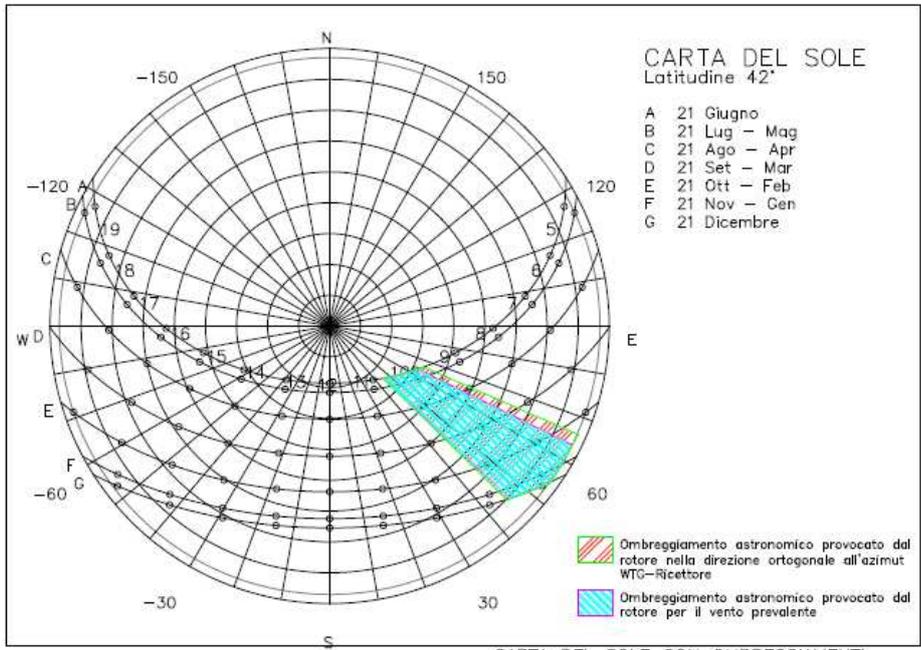
CARTA DEL SOLE CON OMBREGGIAMENTI TEORICI

id 60		PESE.02			ore esercizio totale nella direzione di massimo fenomeno (N-NW) 2454,00				riduzione periodo per orientamento 0,16		
periodo (T)	giorni (g)	ore diurno (H/T)	orario fenomeno	durata ideale fenomeno (min/g)	durata ideale annua (h/T)	% eliofania (hdi/hst)	correzione durata per eliofania (min/g)	esercizio WTG stimata (hdi)	correzione durata per eliofania nelle ore di esercizio WTG (min/g)	correzione durata per orientamento WTG (min/g)	durata fenomeno corretta (h/T)
giu	30,00	14,76	17:25-18:45	80,00	40,00	0,66	52,67	4,13	14,75	2,29	1,14
lug-mag	61,00	14,78	17:40-18:55	75,00	76,25	0,65	48,75	4,14	13,66	2,12	2,15
ago-apr	61,00	13,43	18:30-18:35	5,00	5,08	0,59	2,94	3,76	0,82	0,13	0,13
set-mar	61,00	12,09	-	-	0,00	0,48	0,00	3,39	0,00	0,00	0,00
ott-feb	60,00	10,91	-	-	0,00	0,36	0,00	3,06	0,00	0,00	0,00
nov-gen	61,00	9,62	-	-	0,00	0,33	0,00	2,70	0,00	0,00	0,00
dic	31,00	9,27	-	-	0,00	0,34	0,00	2,60	0,00	0,00	0,00
annuale	365,00	84,86	-	160,00	121,33	-	104,35	23,77	29,23	-	3,43

id_ricettore 61



SCHEMA PLANIMETRICO AZIMUT SOLARE



CARTA DEL SOLE CON OMBREGGIAMENTI TEORICI

id 61		PESE.02			ore esercizio totale nella direzione di massimo fenomeno (N-NW) 2454,00				riduzione periodo per orientamento 0,16		
periodo (T)	giorni (g)	ore diurno (H/T)	orario fenomeno	durata ideale fenomeno (min/g)	durata ideale annua (h/T)	% eliofania (hdi/hst)	correzione durata per eliofania (min/g)	esercizio WTG stimata (hdi)	correzione durata per eliofania nelle ore di esercizio WTG (min/g)	correzione durata per orientamento WTG (min/g)	durata fenomeno corretta (h/T)
giu	30,00	14,76	9:55-10:40	50,00	25,00	0,66	32,92	4,13	9,22	1,43	0,71
lug-mag	61,00	14,78	9:40-10:35	55,00	55,92	0,65	35,75	4,14	10,01	1,55	1,58
ago-apr	61,00	13,43	9:05-10:10	65,00	66,08	0,59	38,19	3,76	10,70	1,66	1,69
set-mar	61,00	12,09	8:20-9:40	80,00	81,33	0,48	38,67	3,39	10,83	1,68	1,71
ott-feb	60,00	10,91	7:45-9:10	85,00	85,00	0,36	30,81	3,06	8,63	1,34	1,34
nov-gen	61,00	9,62	7:30-8:50	80,00	81,33	0,33	26,33	2,70	7,38	1,14	1,16
dic	31,00	9,27	7:55-8:35	40,00	20,67	0,34	13,67	2,60	3,83	0,59	0,31
annuale	365,00	84,86	-	455,00	415,33	-	216,33	23,77	60,60	-	8,49

Conclusioni

L'analisi svolta dimostra che la realizzazione del parco eolico non interferisce in maniera sensibile sui ricettori per quanto riguarda il verificarsi dell'effetto shadow flickering in quanto tale fenomeno è potenzialmente riscontrabile solo in periodi limitati della giornata durante alcuni mesi dell'anno.

L'analisi ha esaminato in particolare tutti i fabbricati interferenti con le zone in cui si è riscontrata la presenza di ombreggiamento astronomico approfondendo i ricettori ritenuti sensibili (abitazioni).

Lo studio, eseguito per le due ipotesi che massimizzano il fenomeno sui ricettori esaminati, ha permesso di determinare gli effetti in termini di durata. Il prospetto che segue mostra le verifiche di compatibilità eseguite sui ricettori:

ricettore	Ipotesi a)		Ipotesi b)	
	Durata massima fenomeno giornaliero (min/giorno)	Durata massima fenomeno annuale (ore/anno)	Durata massima fenomeno giornaliero (min/giorno)	Durata massima fenomeno annuale (ore/anno)
60	6,66	10,91	2,29	3,43
61	3,87	18,84	1,68	8,49

Nessuno dei ricettori presenta valori di durata del fenomeno superiori a 100 h/anno e 30 min/giorno, pertanto la localizzazione degli aerogeneratori risulta compatibile con gli effetti di shadow flickering.

i progettisti:



ing. Giovanni Guzzo Foliaro



ing. Amedeo Costabile



ing. Francesco Meringolo