



COMUNE DI CANDELA

PROVINCIA DI FOGGIA

Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 7 aerogeneratori con potenza complessiva di 42 MW sito nel comune di Candela (FG) e opere di connessione alla RTN "Melfi", in località "Il Casale"

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione sull'evoluzione dell'ombra

COD. ID.				
Livello prog.	Tipo documentazione	N. elaborato	Data	Scala
PD	Definitiva	4.2.6.1	10/ 2022	

Nome file	
-----------	--

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	OTTOBRE 2022	PRIMA EMISSIONE	SG	MM	MM

COMMITTENTE:



E.IN. ENERGIE INNOVATIVE S.r.l.

Corso G.B. Vico, n. 64
83046 Lacedonia (AV), Italia
P.IVA 02476790643

PROGETTAZIONE:



MAXIMA INGEGNERIA S.R.L.

via Marco Partipilo n.48 - 70124 BARI
pec: gpsd@pec.it
P.IVA: 06948690729



Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 7 aerogeneratori con potenza di 42 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Candela (FG), in località "Il Casale"

Ottobre 2022

RELAZIONE SULL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	CENNI SUL FENOMENO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA GENERATA DAGLI AEROGENERATORI.....	3
3	INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI ED IPOTESI DI CALCOLO	4
4	ANALISI DEI RISULTATI	7
5	CONCLUSIONI.....	10

1 PREMESSA

La presente "Relazione sull'evoluzione dell'ombra" è parte integrante della proposta progettuale avanzata dalla società E.IN. ENERGIE INNOVATIVE S.r.l., con sede legale in Corso G.B. Vico, n. 64 a Lacedonia (AV), promotrice del seguente progetto definitivo per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituito da un numero complessivo di 7 aerogeneratori per una potenza nominale complessiva pari a 42 MW. Il futuro impianto sarà ubicato nel Comune di Candela (FG), in località "Il Casale", mentre le relative opere di connessione sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione a 380/150 kV denominata "Melfi" ricadranno anche nei Comuni di Rocchetta Sant'Antonio (FG) e Melfi (PZ).

La valutazione tecnica è eseguita con l'ausilio di un software di simulazione specifico per la progettazione degli impianti eolici WIND PRO®, costituito da un insieme di moduli di elaborazione orientati alla simulazione di una moltitudine di aspetti che caratterizzano le diverse fasi progettuali. Il modulo SHADOW è quello specifico per la valutazione dell'evoluzione dell'ombra e del flickering. A seguire si riportano la tabella di riepilogo delle principali caratteristiche della turbina considerata nel layout di progetto ed inserita nel modello di simulazione per la valutazione del potenziale effetto di Shadow/Flickering cui i recettori potrebbero essere soggetti.

Il progetto per la realizzazione del parco eolico in oggetto prevede l'installazione di 7 aerogeneratori del tipo Siemens Gamesa SG 6.0-170, della potenza nominale pari a 6,0 MW per una potenza nominale complessiva pari a 42 MW, sito in località "Il Casale" nel territorio comunale di Candela, in provincia di Foggia (FG).

Il modello di turbina che si intende adottare è del tipo SG 6.0 – 170 o similari. Tale aerogeneratore possiede una potenza nominale nel range di 6.0 - 6.2 MW ed è allo stato attuale una macchina tra le più avanzate tecnologicamente; sarà inoltre fornito delle necessarie certificazioni rilasciate da organismi internazionali.

Le dimensioni di riferimento della turbina proposta sono le seguenti: D (diametro rotore) fino a 170 m, Hmozzo (altezza torre) fino a 115 m, Hmax (altezza della torre più raggio pala) fino a 200 m. L'aerogeneratore preso come modello per lo studio è del tipo SG6.0-170/ SG6.2-170, con altezza mozzo fino a 115 m.

Nella tabella seguente si riportano le coordinate degli aerogeneratori di progetto nel sistema di riferimento delle coordinate UTM WGS84 – 33N.

WTG	E	N
WTG01	545483	4552419
WTG02	544690	4551564
WTG03	543794	4551369
WTG04	546523	4551495
WTG05	544089	4550821
WTG06	545264	4550749
WTG07	545596	4551085

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

Le turbine eoliche, come altre strutture fortemente sviluppate in altezza, proiettano un'ombra sulle aree adiacenti in presenza della luce solare diretta (figura 1).

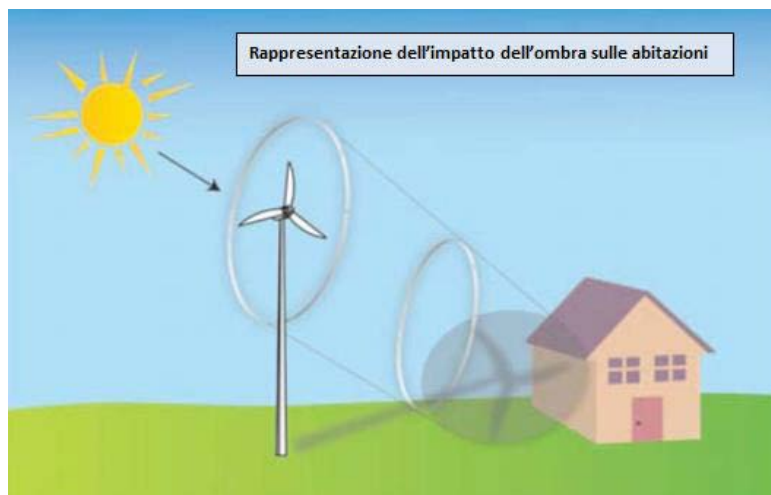


Figura 1 - Rappresentazione grafica dell'impatto dell'ombra generata da una turbina eolica

Il cosiddetto fenomeno del "flickering", che consiste in un effetto di lampeggiamento che si verifica quando le pale del rotore in movimento "tagliano" la luce solare in maniera intermittente, può provocare fastidio agli abitanti dei fabbricati situati nei pressi della turbina. Alcune linee guida di paesi esteri, raccomandano una velocità di flicker non superiore a 3 "tagli" al secondo. Per la classica turbina eolica provvista di tre pale, questo effetto corrisponde quindi ad una completa rotazione del rotore in un secondo, equivalente a 60 giri al minuto (60 rpm). Le attuali turbine in commercio hanno una velocità di rotazione ben inferiore a tali valori, di solito intorno ai 20-25 rpm a pieno regime.

Una progettazione attenta è comunque fondamentale per evitare questo spiacevole fenomeno semplicemente prevedendo il luogo di incidenza dell'ombra e disponendo le turbine in maniera tale che l'ombra sulle zone sensibili non superi un certo numero di ore all'anno.

Il grafico in figura 2 riporta l'evoluzione annuale dell'ombra di una turbina considerando il caso peggiore di pale sempre in rotazione intorno al mozzo, e orientate sempre ortogonalmente al sole durante la sua evoluzione giornaliera.

Come è evidente dal grafico e dalla legenda, le ore annue di ombra sono sempre minori con l'aumentare della distanza dal pilone secondo una particolare geometria dettata dalla posizione geografica; da osservare che l'ombra arriva a proiettarsi anche sino ad una distanza di 1 km, anche se solo per pochi minuti all'anno.

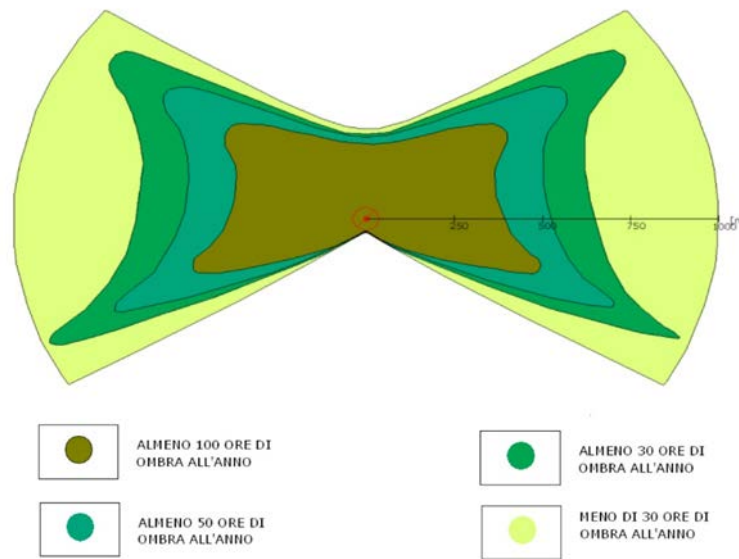


Figura 2 – Evoluzione annuale dell'ombra

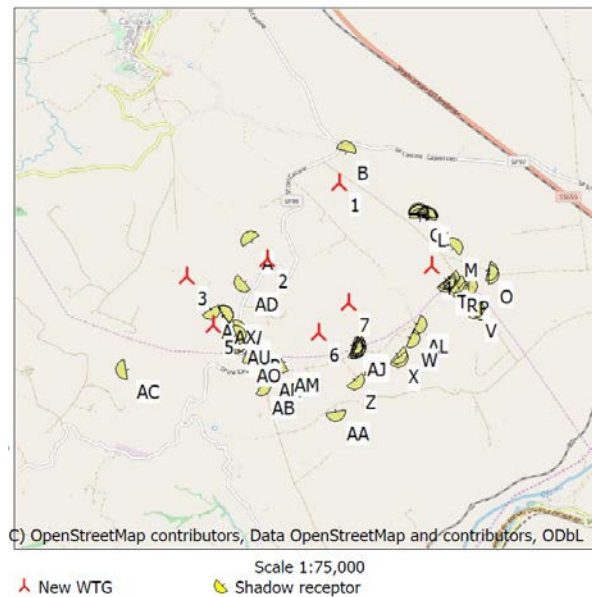
Considerati i pochi precedenti esistenti (Germania) e le ipotesi così penalizzanti con cui è stata calcolato tale grafico, è ragionevole assumere la parte più interna del grafico come limite da non superarsi, ovvero l'area che supera le 110 ore all'anno di ombra dei punti di installazione. La fase di progettazione del layout d'impianto ha seguito tali principi.

3 INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI ED IPOTESI DI CALCOLO

Ai fini della previsione degli impatti indotti dal parco eolico di progetto sono stati presi in considerazione tutti i recettori presenti nel raggio di 1 km dagli aerogeneratori, comprendendo in maniera cautelativa sia i "recettori sensibili" che quelli non sensibili. Nelle tabelle a seguire sono riportati i riferimenti geografici (coordinate) di tutti i recettori in oggetto e della turbina.

Shadow receptor-Input

No.	Easting	Northing	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Degrees from south cw	Slope of window	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l.
			[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]		[m]
A	544,505	4,551,767	397.3	1.0	1.0	1.0	-37.5	90.0	Fixed direction	2.0
B	545,562	4,552,761	273.1	1.0	1.0	1.0	12.3	90.0	Fixed direction	2.0
C	546,380	4,552,086	272.6	1.0	1.0	1.0	-3.7	90.0	Fixed direction	2.0
D	546,369	4,552,072	273.5	1.0	1.0	1.0	0.0	90.0	Fixed direction	2.0
E	546,370	4,552,066	273.7	1.0	1.0	1.0	1.7	90.0	Fixed direction	2.0
F	546,372	4,552,062	273.8	1.0	1.0	1.0	0.0	90.0	Fixed direction	2.0
G	546,377	4,552,054	274.1	1.0	1.0	1.0	0.0	90.0	Fixed direction	2.0
H	546,382	4,552,022	275.5	1.0	1.0	1.0	0.0	90.0	Fixed direction	2.0
I	546,461	4,552,053	272.8	1.0	1.0	1.0	8.6	90.0	Fixed direction	2.0
J	546,477	4,552,038	273.2	1.0	1.0	1.0	5.4	90.0	Fixed direction	2.0
K	546,471	4,552,034	273.5	1.0	1.0	1.0	6.2	90.0	Fixed direction	2.0
L	546,467	4,552,028	273.9	1.0	1.0	1.0	16.9	90.0	Fixed direction	2.0
M	546,765	4,551,704	277.1	1.0	1.0	1.0	48.5	90.0	Fixed direction	2.0
N	547,153	4,551,446	275.0	1.0	1.0	1.0	-255.0	90.0	Fixed direction	2.0
O	547,162	4,551,406	274.3	1.0	1.0	1.0	94.2	90.0	Fixed direction	2.0
P	546,923	4,551,282	286.2	1.0	1.0	1.0	-242.3	90.0	Fixed direction	2.0
Q	546,831	4,551,259	293.8	1.0	1.0	1.0	-227.7	90.0	Fixed direction	2.0
R	546,785	4,551,307	292.7	1.0	1.0	1.0	-231.6	90.0	Fixed direction	2.0
S	546,673	4,551,320	297.0	1.0	1.0	1.0	-217.0	90.0	Fixed direction	2.0
T	546,683	4,551,351	294.7	1.0	1.0	1.0	-221.8	90.0	Fixed direction	2.0
U	546,721	4,551,360	292.5	1.0	1.0	1.0	-227.7	90.0	Fixed direction	2.0
V	547,003	4,551,027	297.6	1.0	1.0	1.0	-225.0	90.0	Fixed direction	2.0
W	546,286	4,550,701	373.3	1.0	1.0	1.0	-246.6	90.0	Fixed direction	2.0
X	546,152	4,550,509	381.2	1.0	1.0	1.0	-227.7	90.0	Fixed direction	2.0
Y	546,159	4,550,476	376.8	1.0	1.0	1.0	-217.9	90.0	Fixed direction	2.0
Z	545,670	4,550,233	388.8	1.0	1.0	1.0	-220.4	90.0	Fixed direction	2.0
AA	545,460	4,549,877	388.9	1.0	1.0	1.0	-190.0	90.0	Fixed direction	2.0
AB	544,629	4,550,152	493.5	1.0	1.0	1.0	-239.5	90.0	Fixed direction	2.0
AC	543,125	4,550,331	560.0	1.0	1.0	1.0	-99.3	90.0	Fixed direction	2.0
AD	544,427	4,551,307	434.8	1.0	1.0	1.0	-130.0	90.0	Fixed direction	2.0
AE	545,681	4,550,624	400.0	1.0	1.0	1.0	-242.8	90.0	Fixed direction	2.0
AF	545,655	4,550,610	400.0	1.0	1.0	1.0	-245.8	90.0	Fixed direction	2.0
AG	545,647	4,550,596	400.0	1.0	1.0	1.0	-254.4	90.0	Fixed direction	2.0
AH	545,649	4,550,566	400.0	1.0	1.0	1.0	-240.2	90.0	Fixed direction	2.0
AI	545,677	4,550,570	400.0	1.0	1.0	1.0	-247.6	90.0	Fixed direction	2.0
AJ	545,685	4,550,590	400.0	1.0	1.0	1.0	-244.1	90.0	Fixed direction	2.0
AK	545,691	4,550,597	400.0	1.0	1.0	1.0	-240.0	90.0	Fixed direction	2.0
AL	546,361	4,550,848	353.1	1.0	1.0	1.0	-247.9	90.0	Fixed direction	2.0
AM	544,871	4,550,410	458.6	1.0	1.0	1.0	-121.8	90.0	Fixed direction	2.0
AN	544,708	4,550,360	475.8	1.0	1.0	1.0	-125.4	90.0	Fixed direction	2.0
AO	544,452	4,550,517	472.7	1.0	1.0	1.0	-249.5	90.0	Fixed direction	2.0
AP	544,466	4,550,621	464.0	1.0	1.0	1.0	84.5	90.0	Fixed direction	2.0
AQ	544,369	4,550,637	469.9	1.0	1.0	1.0	79.9	90.0	Fixed direction	2.0
AR	544,344	4,550,627	471.9	1.0	1.0	1.0	79.5	90.0	Fixed direction	2.0
AS	544,337	4,550,618	473.0	1.0	1.0	1.0	90.4	90.0	Fixed direction	2.0
AT	544,344	4,550,687	467.1	1.0	1.0	1.0	85.6	90.0	Fixed direction	2.0
AU	544,351	4,550,716	462.9	1.0	1.0	1.0	72.2	90.0	Fixed direction	2.0
AV	544,344	4,550,777	459.4	1.0	1.0	1.0	72.1	90.0	Fixed direction	2.0
AW	544,211	4,550,927	467.5	1.0	1.0	1.0	53.9	90.0	Fixed direction	2.0
AX	544,205	4,550,941	466.4	1.0	1.0	1.0	54.9	90.0	Fixed direction	2.0
AY	544,061	4,551,005	458.0	1.0	1.0	1.0	-212.4	90.0	Fixed direction	2.0



La valutazione tecnica è stata eseguita con l'ausilio di un software di simulazione specifico per la progettazione degli impianti eolici WIND PRO®, costituito da un insieme di moduli di elaborazione orientati alla simulazione di una moltitudine di aspetti che caratterizzano le diverse fasi progettuali. Il modulo SHADOW è quello specifico per la valutazione dell'evoluzione dell'ombra e del flickering.

I dati di input sono:

- Modello DTM del terreno;
- Modello delle turbine e loro caratteristiche dimensionali;
- Definizione di aree sensibili o recettori;
- Definizione di dati meteorologici storici di una stazione di riferimento per il calcolo probabilistico delle ore di soleggiamento.

La presente relazione è stata redatta allo scopo di analizzare l'effetto "flickering" indotto dagli aerogeneratori (di progetto ed esistenti) sui recettori, rappresentati dai nuclei abitativi presenti in un intorno di 1000 metri dalle turbine. In relazione a ciò, si fa presente che già in fase di scelta delle aree sulle quali ubicare l'impianto si è cercato di allontanarsi il più possibile dall'area urbana e dalle masserie adibite ad abitazione.

Nello studio viene comunque calcolato un "worst case" ovvero la condizione più sfavorevole possibile, in quanto si considera che:

- Il sole splende per tutta la giornata, dall'alba al tramonto (cioè si è sempre in assenza di copertura nuvolosa);
- Il piano di rotazione delle pale è sempre perpendicolare alla direttrice sole-aerogeneratore (l'aerogeneratore "insegue" il sole);
- Gli aerogeneratori sono sempre operativi.

Inoltre, per le simulazioni, si è trascurata la presenza degli alberi e di altri ostacoli che bordano le strade "intercettando" l'ombra degli aerogeneratori riducendo quindi il fastidio del flickering.

Lo studio, inoltre, è stato effettuato senza tenere conto di dati statistici delle stazioni anemometriche nelle vicinanze del parco di progetto. In tal modo, il numero di ore di ombreggiamento ricavato non è realistico, poiché si tiene conto delle ore stimate di funzionamento della turbina nell'arco di un anno, senza considerare la direzione del vento che influisce sull'orientamento delle pale rispetto al sole e dunque sull'ombra proiettata sui ricettori (worst case).

Pertanto i risultati ai quali si perverrà fanno riferimento al peggior caso possibile ("worst case") che gli stessi sono ampiamente cautelativi.

Pertanto si tenga conto che i risultati ai quali si perverrà sono ampiamente cautelativi.

4 ANALISI DEI RISULTATI

Di seguito, si riportano, in forma tabellare, i risultati della simulazione per i recettori analizzati:

Calculation Results

Shadow receptor

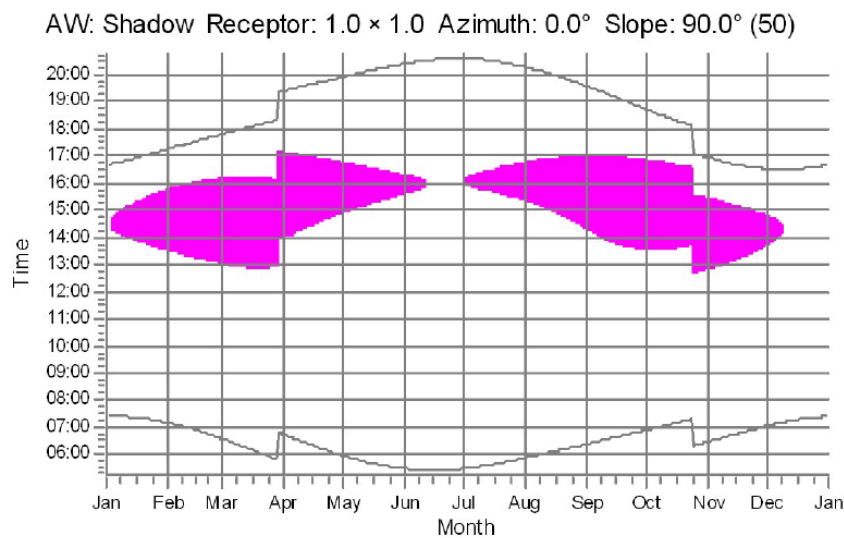
No.	Shadow, worst case		Shadow, expected values	
	Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow hours per year [h/year]
A	367:50	182	2:38	167:40
B	122:51	84	1:48	52:47
C	8:24	29	0:22	4:03
D	8:26	29	0:22	4:04
E	8:18	29	0:23	4:00
F	8:21	29	0:22	4:02
G	8:19	28	0:23	4:01
H	8:54	36	0:22	4:15
I	12:24	50	0:21	5:39
J	16:58	60	0:22	7:32
K	17:10	59	0:23	7:38
L	18:12	62	0:24	8:04
M	315:24	231	2:25	147:18
N	91:14	174	1:01	52:31
O	95:44	160	1:01	56:22
P	68:52	122	1:02	40:53
Q	25:43	71	0:31	13:05
R	27:19	73	0:32	13:42
S	39:34	108	0:35	20:21
T	38:50	107	0:35	19:47
U	29:53	77	0:34	14:43
V	21:24	66	0:28	11:41
W	50:17	107	0:39	30:13
X	46:57	85	0:44	29:10
Y	57:11	115	0:44	35:58
Z	19:55	65	0:25	12:36
AA	0:00	0	0:00	0:00
AB	0:00	0	0:00	0:00
AC	18:08	76	0:19	11:30
AD	44:15	118	0:36	19:34
AE	184:56	150	1:41	115:50
AF	173:01	148	1:39	108:43
AG	154:02	139	1:37	97:01
AH	113:25	121	1:27	71:25
AI	126:41	131	1:28	79:46
AJ	151:04	144	1:31	95:04
AK	158:17	146	1:31	99:29
AL	119:40	162	1:04	73:27
AM	0:00	0	0:00	0:00
AN	3:29	35	0:09	2:11
AO	0:00	0	0:00	0:00
AP	41:35	52	1:01	26:26
AQ	0:00	0	0:00	0:00
AR	0:00	0	0:00	0:00
AS	0:00	0	0:00	0:00
AT	65:57	59	1:25	41:54
AU	146:21	92	1:58	92:42
AV	286:45	144	2:18	179:13
AW	633:46	318	3:11	332:39
AX	627:09	296	3:08	315:41
AY	0:00	0	0:00	0:00

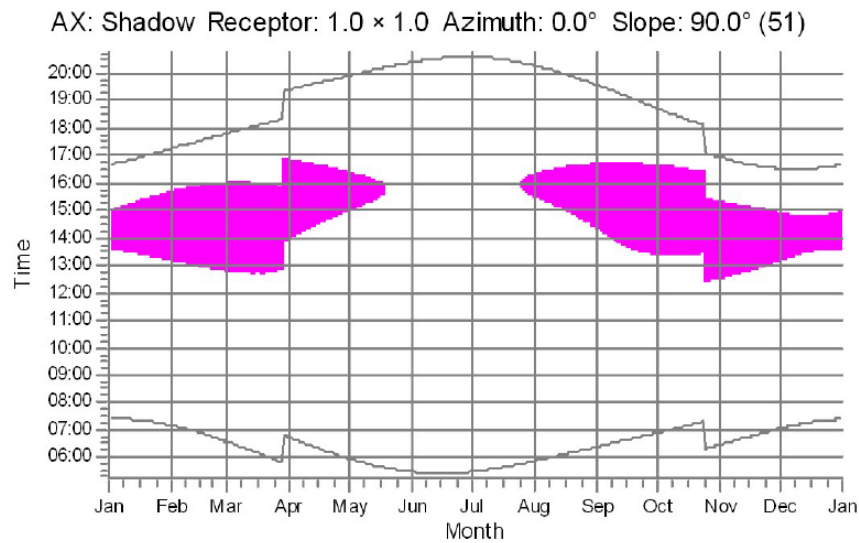
Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	Siemens Gamesa SG 6.0-170 6200 170.0 !O! hub: 115.0 m (TOT: 200.0 m) (1)	130:55	57:54
2	Siemens Gamesa SG 6.0-170 6200 170.0 !O! hub: 115.0 m (TOT: 200.0 m) (2)	398:38	189:02
3	Siemens Gamesa SG 6.0-170 6200 170.0 !O! hub: 115.0 m (TOT: 200.0 m) (3)	11:36	7:18
4	Siemens Gamesa SG 6.0-170 6200 170.0 !O! hub: 115.0 m (TOT: 200.0 m) (4)	424:09	218:06
5	Siemens Gamesa SG 6.0-170 6200 170.0 !O! hub: 115.0 m (TOT: 200.0 m) (9)	1093:27	603:49
6	Siemens Gamesa SG 6.0-170 6200 170.0 !O! hub: 115.0 m (TOT: 200.0 m) (10)	317:51	183:05
7	Siemens Gamesa SG 6.0-170 6200 170.0 !O! hub: 115.0 m (TOT: 200.0 m) (11)	209:54	116:52


Dalle simulazioni effettuate, si evince che gli aerogeneratori di progetto generano fenomeno di shadow/flickering maggiore sui recettori AW e AX che, nell'ipotesi peggiore ("worst case"), subiscono il fenomeno rispettivamente per 633 e 627 ore l'anno, per quasi l'intero anno e principalmente dalle ore 13 alle ore 16, nel primo caso e da agosto ad aprile, principalmente dalle ore 13 alle ore 16, nel secondo caso.

Nella figura riportata di seguito è indicato il grafico, dove le macchie individuano i momenti di shadow, la posizione nel grafico individua tempo e durata del fenomeno, il colore della macchia individua la turbina che causa il fenomeno.





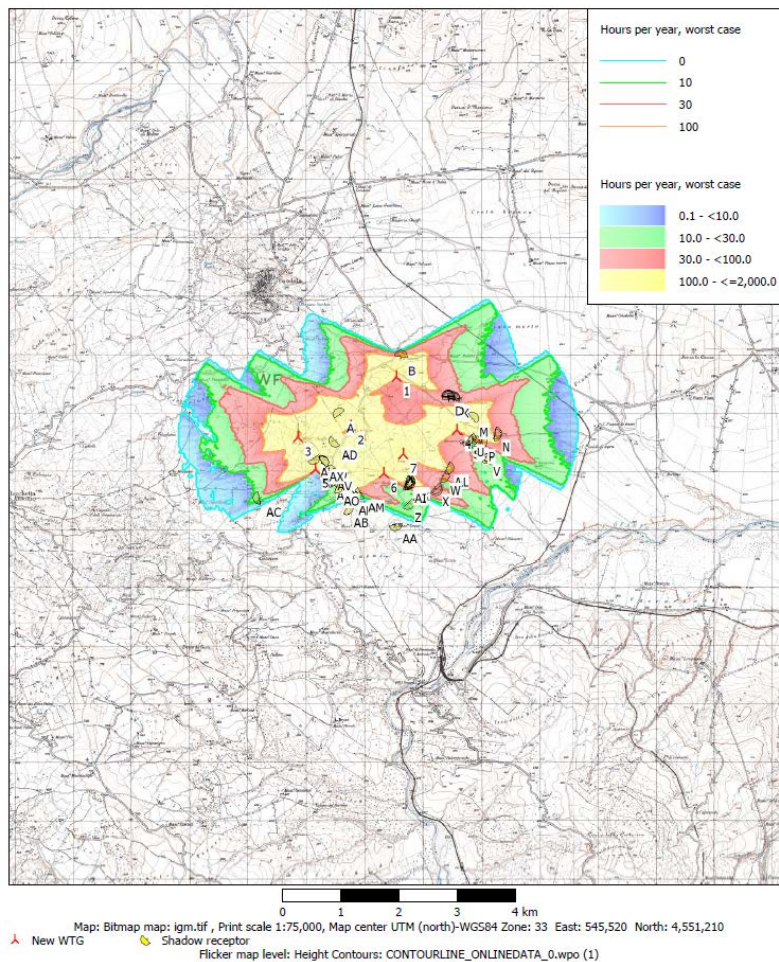
WTGs

 5: Siemens Gamesa SG 6.0-170 6200 170.0 !O! hub: 115.0 m (TOT: 200.0 m) (9)

Tale studio è stato fatto nel peggiore caso possibile, pertanto è assolutamente cautelativo poiché non tiene conto della presenza di nubi e di vegetazione ad alto fusto e soprattutto della direzione prevalente del vento.

In allegato si riporta il dettaglio analitico di quanto espresso dal grafico precedente con gli specifici orari di inizio e di fine del fenomeno. A seguire è altresì riportata la sintesi grafica annuale (come mostra l'immagine precedente) dell'apporto di ombreggiamento a carico di ogni recettore e gli aerogeneratori responsabili del fenomeno.

È stata inoltre elaborata una mappa (report Map) in cui vengono riportate, con diverse gradazioni di colore, le zone soggette ad una determinata durata del fenomeno dell'ombreggiamento oltre all'estensione areale nella quale il fenomeno risulta significativo.




Per quanto riguarda le strade interessate dal fenomeno si evidenzia che la percezione dell'impianto dalla strada risulterebbe essere "in movimento" e quindi legata alla breve permanenza delle automobili in transito, per cui il fastidio indotto sarebbe temporalmente limitato. A questo si aggiunge che le simulazioni sono state effettuate assumendo le "condizioni peggiori", sovrastimando pertanto l'effetto di flickering.

5 CONCLUSIONI

In conclusione, si può asseverare che i risultati ottenuti dall'elaborazione evidenziano, pur considerando le condizioni più sfavorevoli, che le turbine del parco eolico di progetto non generano un impatto di tipo ostativo per il fenomeno di shadow/flickering sui recettori oggetto dell'analisi.

In via generale, va comunque sottolineato che, anche laddove vi siano le condizioni più sfavorevoli di esposizione, come nel caso dei recettori AW e AX, il fenomeno di ombreggiamento si manifesterebbe per un periodo massimo, rispettivamente, di circa 633 e 627 ore all'anno, per l'elaborazione effettuata nelle condizioni peggiori possibili ("Worst Case"), che ipotizza una struttura sempre esposta perpendicolarmente alla sorgente e che il vento non abbia una direzione prevalente.

In ogni caso è comunque da rimarcare il grado di cautela utilizzato per la simulazione che non tiene conto di tutte le possibili fonti di attenuazione dell'effetto cui ogni recettore è (o può essere) soggetto, quali presenza di alberi, ostacoli, siepi e quant'altro possa attenuare il fenomeno dell'evoluzione giornaliera dell'ombra.

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 7 aerogeneratori con potenza di 42 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Candela (FG), in località "Il Casale"	Ottobre 2022
--	--	--------------

Qualora l'impianto autorizzato fosse l'attuale, la Società ha già in passato utilizzato, fermo restando la disponibilità della proprietà, sistemi efficienti di schermatura costituiti da filari di alberi a piantare, oppure idonee pergole o pensiline, che costituiscono, inoltre, un sistema efficace di efficientamento energetico degli immobili coinvolti.

Si allega lo studio effettuato con l'ausilio del software di simulazione specifico per la progettazione degli impianti eolici WIND PRO®.