



REGIONE PUGLIA
COMUNE DI CERIGNOLA (FG) E
COMUNE DI SAN FERDINANDO DI PUGLIA (BT)

PROGETTO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE
DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO "SAN CASSANIELLO"
NEI COMUNI DI CERIGNOLA (FG) E SAN FERDINANDO DI PUGLIA (BT)

TITOLO

STUDIO EVOLUZIONE OMBRA
(SHADOW FLICKERING)

PROGETTAZIONE	PROPONENTE	VISTI
 <p>Via Degli Arredatori, 8 70026 Modugno (BA) - Italy www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net tel (+39) 0805046361</p> <p>Azienda con Sistema di Gestione Certificato UNI EN ISO 9001:2015 UNI EN ISO 14001:2015 UNI ISO 45001:2018</p> <p>Tecnico ing. Danilo POMPONIO ing. Mariano MARSEGLIA</p> <p>Collaborazioni ing. Milena MIGLIONICO ing. Giulia CARELLA ing. Antonio CAPOBIANCO ing. Giovanna SCUDERI ing. Giuseppe Federico ZINGARELLI ing. Dionisio STAFFIERI</p> <p>Responsabile Commessa ing. Danilo POMPONIO</p>	<p>INERGIA S.p.a.</p> <p>Sede Operativa: Via Cola D'Amatrice n.1 63100 ASCOLI PICENO Tel.: 0736/342490 Fax: 0736/341243</p> <p>Sede legale: Via Tirso n. 26 00198 ROMA Tel.: 06/97746380 Fax: 06/97746381</p> <p>www.inergia.it e-mail: info@inergia.it PEC: direzione.inergia@legalmail.it</p>  <p>UNI EN ISO 9001:2015 UNI EN ISO 14001:2015 UNI ISO 45001:2018</p>	

DATI PROGETTAZIONE

Cod. Progetto	Commessa	
23087	23087	

Scala	Formato Stampa	Cod. Elaborato	Rev.	Nome File	Elaborato	Foglio
-	A4	EO-SFE-PD-SIA-13	a	EO-SFE-PD-SIA-13 - Studio Evoluzione Ombra (Shadow Flickering). doc	1	1di18

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
a	30/01/2024	Prima Emissione	G.Scuderi	A.Corradetti	R.Cairolì

<p>PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"</p>	<p>Relazione: Studio Evoluzione Ombra (Shadow Flickering)</p>	<p>EO-SFE-PD-SIA-13</p>
---	---	-------------------------

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. DESCRIZIONE DELL' INTERVENTO	2
3. ANALISI DELL'ESPOSIZIONE SOLARE ANNUALE	3
4. VALUTAZIONE PREVENTIVA DELLE OMBRE GENERATE.....	3
5. CONCLUSIONE	10
TABULATI DI CALCOLO.....	11

È vietato riprodurre o utilizzare il contenuto senza autorizzazione (art. 2575 c.c.)



INERGIA Spa
Sede Legale ROMA
Via Tirso, 26 - 00198

Sede Operativa ASCOLI PICENO
Via Cola d'Amatrice, 1 - 63100
Tel.0736 342490 - Fax 0736 341243

www.inergia.it
info@inergia.it
direzione.inergia@legalmail.it

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica specialistica descrive l'evoluzione giornaliera delle ombre generate dalle pale eoliche facenti parte del progetto per la realizzazione di un parco eolico proposto dalla società **Inergia S.p.A.**

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 12 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW per una potenza complessiva di 86,40 MW, da realizzarsi nelle Province di Foggia e di Barletta-Andria-Trani, nei territori comunali di Cerignola (FG) e San Ferdinando di Puglia (BT), in cui insistono gli aerogeneratori e le opere di connessione alla RTN.

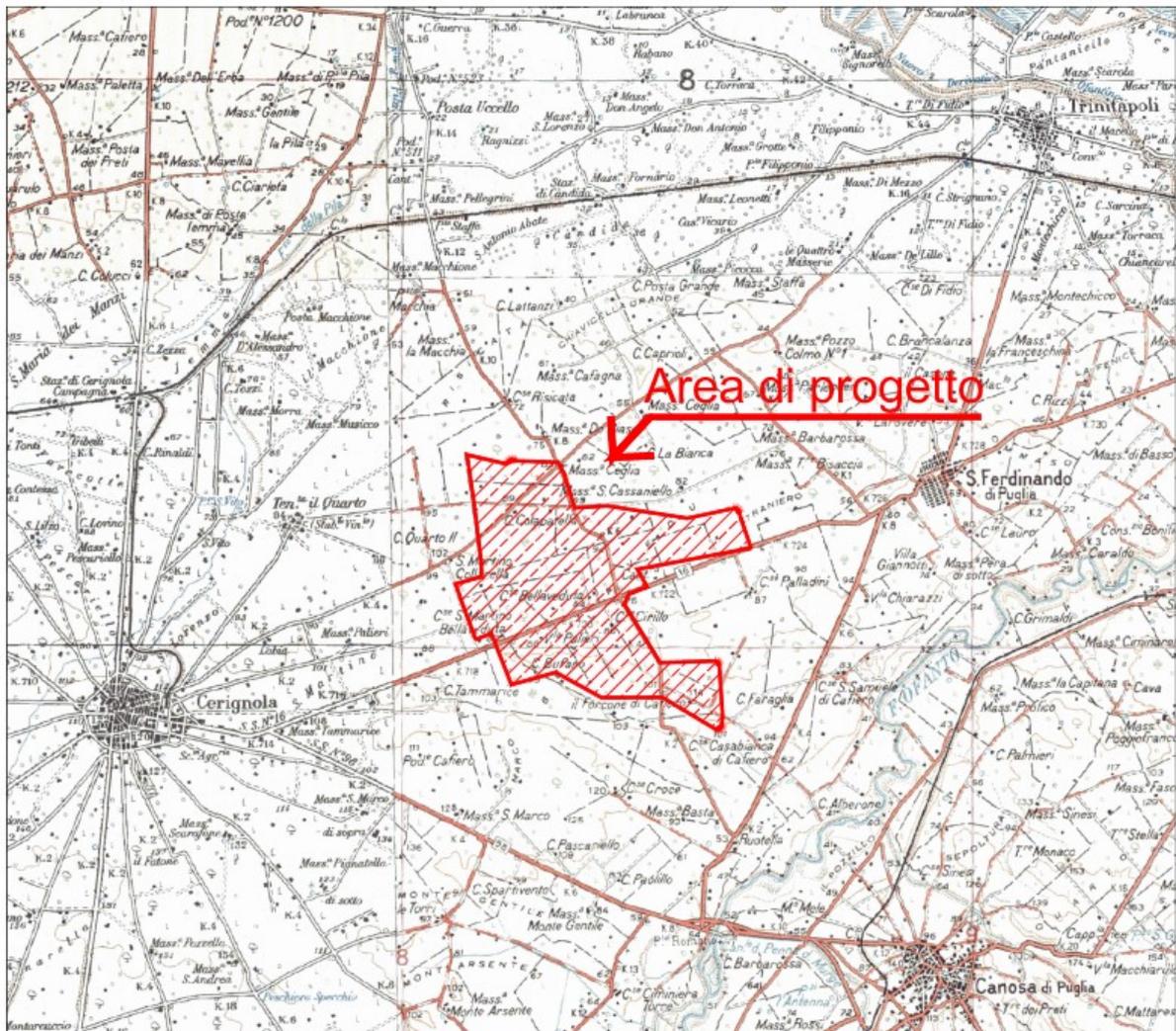


Figura 1- Inquadramento geografico

PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Relazione: Studio Evoluzione Ombra (Shadow Flickering)	EO-SFE-PD-SIA-13
-----------------------------------	--	------------------

2. DESCRIZIONE DELL' INTERVENTO

L'impianto di produzione sarà costituito da 12 aerogeneratori, ognuno della potenza di 7,2 MW ciascuno per una potenza complessiva nominale di 86,40 MW.

Gli aerogeneratori saranno ubicati in località San Cassaniello, nell'area ad ovest e sud-ovest dell'abitato di San Ferdinando ed a nord-est dell'abitato di Cerignola, ad una distanza dai centri abitati rispettivamente di circa 2 km e 4 km.

I terreni sui quali si installerà il parco eolico, interessa una superficie di circa 1.000 ettari, anche se la quantità di suolo effettivamente occupato è significativamente inferiore, e non supera i 50 ettari, essendo limitata alle aree delle piazzole dove verranno installati gli aerogeneratori, alle opere di rete (cavidotti e sottostazione) e alla viabilità di servizio all'impianto, come constatabile sugli elaborati planimetrici allegati al progetto.

L'area di progetto, intesa sia come quella occupata dai 7 dei 12 aerogeneratori di progetto, (WTG C01 - C02 - C03 - C04 - C05 - C06 - C07), con annesse piazzole e relativi cavidotti di interconnessione interna, interessa il territorio comunale di Cerignola, ed è censita al NCT del Comune di Cerignola ai fogli di mappa nn. 148, 150, 151, 152, 208, 209, 210, 213, 211, 230, 231, 232, 233, 247, 248 e 259, mentre l'area di progetto dei restanti 5 aerogeneratori di progetto (WTG S01 - S02 - S03 - S04 - S05) con annesse piazzole e cavidotti di interconnessione interna, interessa il territorio comunale di San Ferdinando di Puglia, ed è censita al NCT del Comune di San Ferdinando di Puglia ai fogli di mappa nn. 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 33, 34 e 35, infine parte del cavidotto esterno e le sottostazioni ricadono nel territorio del comune di Cerignola e sono censiti al NCT ai fogli di mappa nn. 58, 59, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 91, 93, 122, 123, 124, 126, 128, 129, 130, 131, 149, 150 e 151.

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa, in cui sono indicate per ciascun aerogeneratore le relative coordinate (UTM fuso 33) e le particelle catastali, con riferimento al catasto dei terreni dei Comuni di Cerignola e San Ferdinando di Puglia.

Tabella dati geografici e catastali degli Aerogeneratori:

WTG	COORDINATE PLANIMETRICHE UTM33 WGS 84		DATI CATASTALI		
	NORD (Y)	EST (X)	Comune	foglio	p.lla
WTG C01	4573026	581864	CERIGNOLA	150	9
WTG C02	4572308	581344	CERIGNOLA	151	81-93-94
WTG C03	4571137	582248	CERIGNOLA	213	63
WTG C04	4570431	581174	CERIGNOLA	209	8
WTG C05	4569424	582470	CERIGNOLA	232	33

È vietato riprodurre o utilizzare il contenuto senza autorizzazione (art. 2575 c.c.)

2



PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Relazione: Studio Evoluzione Ombra (Shadow Flickering)	EO-SFE-PD-SIA-13
-----------------------------------	--	------------------

WTG C06	4571261	581397	CERIGNOLA	209	20-21-22
WTG C07	4568436	585445	CERIGNOLA	248	17
WTG S01	4572165	583494	SAN FERDINANDO DI PUGLIA	21	22-68
WTG S02	4571964	584940	SAN FERDINANDO DI PUGLIA	26	4-31-164
WTG S03	4572165	585757	SAN FERDINANDO DI PUGLIA	27	290
WTG S04	4571221	583976	SAN FERDINANDO DI PUGLIA	25	95-277- 279
WTG S05	4569475	585404	SAN FERDINANDO DI PUGLIA	34	63

3. ANALISI DELL'ESPOSIZIONE SOLARE ANNUALE

La posizione occupata nel cielo dal sole è compiutamente individuata mediante la misura di due coordinate angolari, azimut ed elevazione (altezza). L'azimut viene misurato, in senso orario, sul piano orizzontale, a partire dal nord geografico fino al punto sull'orizzonte direttamente sotto all'oggetto; l'elevazione, invece, viene misurata sul piano verticale, partendo da tale punto sino ad arrivare in corrispondenza dell'oggetto. A causa del moto della Terra intorno al sole, tali coordinate variano senza soluzione di continuità e la traiettoria descritta nel cielo dal sole è assimilabile ad un arco; ogni giorno si caratterizza per un proprio arco, il quale si discosta, seppur di poco, da quello del giorno immediatamente precedente e successivo. Ad ogni modo, si può affermare che un certo arco si ripete quasi esattamente ogni anno. Dicesi giorno l'intervallo di tempo nel quale giunge al suolo luce solare diretta per cui, la sua durata è pari al tempo che intercorre tra alba e tramonto.

La durata del giorno non coincide con la durata della luce naturale dato che sia prima dell'alba che dopo il tramonto sono rilevabili due periodi, chiamati entrambi crepuscolo (rispettivamente crepuscolo mattutino e crepuscolo serale o serotino), durante i quali giunge a terra una luce diffusa naturale fornita dai livelli più esterni dell'atmosfera i quali, trovandosi a quote più elevate, ricevono infatti luce solare diretta per un tempo più lungo riflettendola in parte verso la terra. Per quanto detto, la durata dell'illuminazione solare è pari alla somma della durata del giorno e della durata del crepuscolo mattutino e serale. Se non si verificasse il fenomeno descritto, il passaggio dal giorno alla notte e viceversa avverrebbe in maniera repentina.

4. VALUTAZIONE PREVENTIVA DELLE OMBRE GENERATE

Le turbine eoliche, come altre strutture spiccatamente sviluppate in altezza, proiettano un'ombra sulle aree adiacenti in presenza della luce solare diretta. In particolare si hanno fenomeni quasi statici legati alla presenza della torre fissa ed effetti dinamici legati alla rotazione del rotore con le sue tre pale.

PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Relazione: Studio Evoluzione Ombra (Shadow Flickering)	EO-SFE-PD-SIA-13
-----------------------------------	--	------------------

Il primo fenomeno potrebbe avere come conseguenza l'incremento della probabilità di formazione di ghiaccio sulle strade asfaltate soggette a rilevante traffico (se presenti) in particolare nelle prime ed ultime ore del giorno.

Il secondo fenomeno è legato alla presenza di un osservatore posto in modo da vedere interposto il rotore tra sé e il sole. Si precisa che i fenomeni di ombreggiamento descritti attualmente non sono regolati da una specifica normativa.

Ai fini della presente trattazione è stato preso in considerazione un modello tipologico di aerogeneratore avente un'altezza massima (altezza al mozzo + lunghezza della pala) pari a 200 m dato che l'apparecchio effettivamente installato non avrà un'altezza massima superiore a tale valore. È stato stimato l'effetto "flicker" prodotto dall'impianto eolico; trattasi di un fenomeno per cui si genera una intermittenza dell'ombra (una sorta di effetto stroboscopico) a seguito del movimento del rotore dell'aerogeneratore quando in esercizio (in particolare quando il piano del rotore risulta perpendicolare alla congiungente tra l'osservatore e il sole), e che potrebbe risultare spiacevole per un osservatore. Per eseguire tale analisi è stato impiegato il software WindPRO 3.6.361.

Nel calcolo sono state assunte le seguenti ipotesi ampiamente conservative (caso peggiore – **worst case**):

- Sole splendente tutto il giorno e per tutto l'anno;
- Impianto costantemente in funzione (presenza costante di vento);
- Piano del rotore sempre ortogonale alla congiungente tra l'osservatore e il sole;
- Altezza minima del sole sull'orizzonte pari a 3°;
- Effetto dell'ombra proiettata fino a una distanza di 1600 m dalle torri;
- Totale assenza di ostacoli o schermi vegetazionali presenti negli spazi circostanti i possibili recettori.

Il report di calcolo restituisce un grafico finale (cfr. tavola EO-SFE-PD-SIA-14_1) che riporta in pianta il numero massimo di ore/anno in cui ad altezza dell'occhio umano si verifica l'effetto flicker descritto. Tale numero è rappresentato graficamente sul territorio con aree di diverse sfumature di colore in base al numero di ore/anno di possibile effetto flicker.

Di seguito viene allegato alla presente relazione il calcolo dell'ombra per i fabbricati "Civili Abitazioni o in corso di costruzione, definizione o dichiarazione", maggiormente coinvolti dall'effetto flicker presenti nel raggio di 1 km.

Il censimento dei fabbricati nel raggio di 1 km ha evidenziato la presenza di 22 ricettori accatastati come categorie catastali A2, A3, A4 e F3, F4, F6), denominati "Rn", come di seguito identificati.

PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Relazione: Studio Evoluzione Ombra (Shadow Flickering)	EO-SFE-PD-SIA-13
-----------------------------------	--	------------------

RICETTORI

Ricettore	ID	Territorio Comunale	X	Y	Comune	Foglio	Particella	Categoria
R1	6	Trinitapoli	582.458.197	4573545.49	B915	96	146	A03-C02
R2	9	Trinitapoli	584.213.521	4.573.046.966	B915	95	338	F06
R3	173	San Ferdinando di Puglia	585.427.099	4.571.333.855	H839	26	356	F04
R4	156	San Ferdinando di Puglia	585.773.571	4.571.040.366	H839	29	823	A03
R5	175	San Ferdinando di Puglia	584.396.811	4570936.98	H839	25	193	A04
R6	140	San Ferdinando di Puglia	585.094.915	4.568.805.563	H839	33	28	F03
R7	129	Cerignola	582.209.318	4.573.378.088	C514	150	187	A04
R8	47	Cerignola	582723.83	4.572.864.916	C514	215	244	A03
R9	50	Cerignola	581.933.342	4.572.157.966	C514	214	141	A02
R10	117	Cerignola	580.586.084	4.571.312.622	C514	152	1204	A04
R11	66	Cerignola	582715.12	4.570.600.033	C514	211	418	F06
R12	45	Cerignola	583.621.582	4.570.258.324	C514	229	151	A03-C01-C02
R13	80	Cerignola	582.230.535	4.570.172.202	C514	211	314	A03-C01-C06
R14	84	Cerignola	581.694.357	4569971.78	C514	210	437	A04-F02
R15	85	Cerignola	581.679.276	4569940.03	C514	210	437	A04-F02
R16	87	Cerignola	581.300.657	4.569.900.342	C514	210	339	A03-C02
R17	88	Cerignola	581.322.882	4.569.890.619	C514	210	339	A03-C02
R18	38	Cerignola	581.941.214	4569693.57	C514	231	67	A04
R19	23	Cerignola	584.674.149	4.568.289.293	C514	246	394	A04
R20	22	Cerignola	584.686.386	4568270.11	C514	246	396	A04
R21	14	Cerignola	585.045.227	4.568.047.199	C514	268	385	A04
R22	18	Cerignola	585.653.768	4.567.959.886	C514	259	327	A03-F05

L'EFFETTO "FLICKER" NELLA SITUAZIONE "WORST CASE"

Il modello numerico utilizzato produce in output una mappa dell'impatto dell'ombra sul terreno, nel caso più penalizzante denominato "worst case", corrispondente alle ore in cui il sole permane al di sopra dell'orizzonte nell'arco dell'anno (circa **4450 h/a di luce** nella provincia di Foggia), indipendentemente dalla presenza o meno di nubi, le quali inficerebbero il fenomeno stesso di shadow flickering per impossibilità che si generino le ombre, oltre agli input specificati precedentemente, che rendono il caso in oggetto nettamente peggiorativo e portano ad un risultato come in tabulato di calcolo, allegato alla fine della presente relazione.

Per semplificare la lettura dei tabulati si riporta di seguito la tabella riassuntiva dei tabulati di calcolo dell'effetto "flicker" nella situazione "worst case":

PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Relazione: Studio Evoluzione Ombra (Shadow Flickering)	EO-SFE-PD-SIA-13
-----------------------------------	--	------------------

Calculation Results

Shadow receptor

Shadow, worst case

No.	Name	Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]
R01		68:27	88	0:54
R02		10:03	47	0:21
R03		10:03	35	0:26
R04		0:00	0	0:00
R05		0:00	0	0:00
R06		111:41	96	1:23
R07		140:53	115	1:24
R08		74:23	160	0:46
R09 R9		130:33	165	1:07
R10		37:54	69	0:49
R11		54:51	108	0:53
R12		29:05	74	0:30
R13		27:47	63	0:38
R14		59:35	96	0:44
R15		57:34	104	0:44
R16		17:43	46	0:32
R17		18:31	47	0:33
R18		87:26	102	1:07
R19		49:26	79	0:51
R20		54:20	85	0:52
R21		0:00	0	0:00
R22		0:00	0	0:00

Dai tabulati è possibile verificare che, nonostante siano assunte le condizioni peggiorative assolute, cioè:

- ✓ sole sempre presente, soleggiamento massimo in tutti i giorni dell'anno;
- ✓ pale eoliche sempre in rotazione;
- ✓ orientamento delle finestre sempre in direzione delle turbine ("modalità serra");
- ✓ altezza occhio umano 1,5 m

L'effetto ombra è contenuto per le civili abitazioni nell'area di progetto, infatti

- ✓ **la massima durata dell'ombra all'anno è di circa 140:00 ore/anno, relativamente al ricettore R7,**
- ✓ **solo i ricettori R6, R7 e R9 hanno una durata dell'ombra superiore alle 100:00 ore/anno;**
- ✓ **tutti gli altri ricettori hanno un ombreggiamento di molto inferiore o nullo.**





Stralcio della tavola: EO-SFE-PD-SIA_14_1 – "flicker" - "worst case"

LEGENDA

-  Aerogeneratori
-  Rn. Civili Abitazioni o in corso di costruzione, definizione o dichiarazione (Categoria castale A2, A3, A4 e F3, F4, F6)
-  Limite comunale

SHADOW, WORST CASE



PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Relazione: Studio Evoluzione Ombra (Shadow Flickering)	EO-SFE-PD-SIA-13
-----------------------------------	--	------------------

L'EFFETTO "FLICKER" NELLA SITUAZIONE "REAL CASE"

Allo scopo di pervenire a valori più realistici di impatto, prossimi al caso reale denominato "real case", si è impiegato il valore di eliofania locale, tratto dalla stazione meteorologica di Foggia Amendola. Tale valore definisce il numero di ore di cielo libero da nubi durante la fase diurna di una giornata. L'eliofania assoluta media annua si attesta a 6,66 ore giornaliere, con massimo di 10,16 ore giornaliere a luglio e minimo di 3,82 ore giornaliere a dicembre.

Bisogna tenere presente che tale riduzione si è ottenuta solo ed esclusivamente considerando le condizioni meteorologiche assimilabili a quelle reali della zona in esame. In ogni caso, il calcolo nel real-case, è comunque da considerarsi molto cautelativo in quanto nel calcolo vengono comunque utilizzate le condizioni al contorno del worst - case indicate in precedenza.

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva dei tabulati di calcolo dell'effetto: l'effetto "flicker" nella situazione "real case":

Calculation Results

Shadow receptor

Shadow, expected values

No.	Shadow hours per year [h/year]
R01	15:23
R02	2:02
R03	2:38
R04	0:00
R05	0:00
R06	20:30
R07	31:53
R08	18:01
R09	37:00
R10	9:49
R11	16:44
R12	6:35
R13	7:48
R14	11:31
R15	11:20
R16	3:50
R17	4:00
R18	18:37
R19	14:54
R20	16:33
R21	0:00
R22	0:00

Dai tabulati è possibile verificare che:

L'effetto ombra è modesto per le civili abitazioni nell'area di progetto, infatti

- ✓ **la massima durata dell'ombra all'anno è di circa 37:00 ore/anno, relativamente al ricettore R9;**
- ✓ **tutti gli altri ricettori hanno un ombreggiamento di molto inferiore o nullo.**

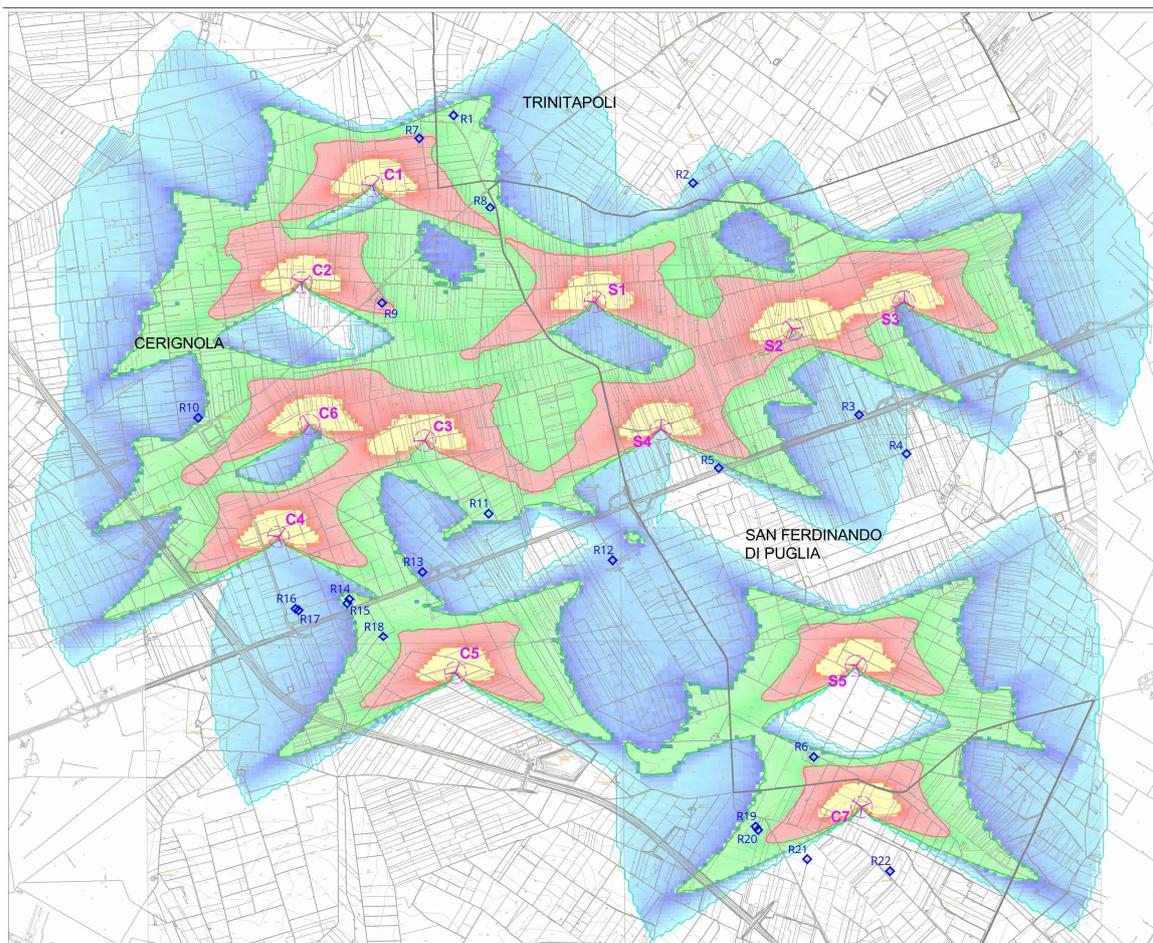
È vietato riprodurre o utilizzare il contenuto senza autorizzazione (art. 2575 c.c.)



INERGIA Spa
Sede Legale ROMA
Via Tirso, 26 - 00198

Sede Operativa ASCOLI PICENO
Via Cola d'Amatrice, 1 - 63100
Tel.0736 342490 - Fax 0736 341243

www.inergia.it
info@inergia.it
direzione.inergia@legalmail.it



Stralcio della tavola: EO-SFE-PD-SIA_14_2 – "flicker" - "real case"

LEGENDA



Aerogeneratori



Rn. Civili Abitazioni o in corso di costruzione, definizione o dichiarazione
(Categoria castale A2, A3, A4 e F3, F4, F6)



Limite comunale

SHADOW, REAL CASE



Hours per year



<p>PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"</p>	<p>Relazione: Studio Evoluzione Ombra (Shadow Flickering)</p>	<p>EO-SFE-PD-SIA-13</p>
---	---	-------------------------

5. CONCLUSIONE

Per quanto concerne l'effetto "flicker", quindi, valutando i risultati ottenuti in relazione al contesto antropico locale, si può ragionevolmente affermare che il fenomeno non ha particolari riflessi negativi sul territorio, dove i primi fabbricati adibiti a civile abitazioni sono in numero limitato e a distanze sempre superiori a 500 metri, distanze oltre le quali il fenomeno di ombreggiamento è praticamente modesto. Infatti il "real case" ha evidenziato che la massima durata dell'ombra all'anno è di circa 37:00 ore/anno, relativamente al ricettore R9, mentre tutti gli altri ricettori hanno un ombreggiamento di molto inferiore o nullo.

Pur nelle ipotesi conservative assunte, la probabilità che un osservatore sia soggetto al fenomeno non è significativa, se si riportano i risultati numerici ai casi reali con le dovute attenuazioni di origine morfologica e meteorologica del territorio. Infatti considerando solo i giorni di eliofania locale nell'area, i valori sono ridotti di oltre il 50%.



PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Relazione: Studio Evoluzione Ombra (Shadow Flickering)	EO-SFE-PD-SIA-13
-----------------------------------	--	------------------

TABULATI DI CALCOLO



SHADOW - Main Result

...continued from previous page

No.	Name	Easting	Northing	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l.
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
R21		585.045	4.568.047	91,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R22		585.653	4.567.959	87,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Name	Shadow, worst case		
		Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]
R01		68:27	88	0:54
R02		10:03	47	0:21
R03		10:03	35	0:26
R04		0:00	0	0:00
R05		0:00	0	0:00
R06		111:41	96	1:23
R07		140:53	115	1:24
R08		74:23	160	0:46
R09 R9		130:33	165	1:07
R10		37:54	69	0:49
R11		54:51	108	0:53
R12		29:05	74	0:30
R13		27:47	63	0:38
R14		59:35	96	0:44
R15		57:34	104	0:44
R16		17:43	46	0:32
R17		18:31	47	0:33
R18		87:26	102	1:07
R19		49:26	79	0:51
R20		54:20	85	0:52
R21		0:00	0	0:00
R22		0:00	0	0:00

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

No.	Name	Worst case [h/year]
C1	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IOI hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (1)	194:44
C2	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IOI hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (2)	133:15
C3	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IOI hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (3)	6:04
C4	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IOI hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (4)	35:46
C5	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IOI hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (5)	166:40
C6	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IOI hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (6)	56:57
C7	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IOI hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (7)	171:47
S1	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IOI hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (8)	32:29
S2	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IOI hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (9)	0:00
S3	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IOI hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (10)	10:03
S4	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IOI hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (11)	37:24
S5	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IOI hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (12)	0:00

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Relazione: Studio Evoluzione Ombra (Shadow Flickering)	EO-SFE-PD-SIA-13
-----------------------------------	--	------------------

REAL CASE



SHADOW - Main Result

...continued from previous page

No.	Easting	Northing	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l.
			[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
R14	581.694	4.569.971	87,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R15	581.679	4.569.940	88,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R16	581.300	4.569.900	85,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R17	581.322	4.569.890	85,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R18	581.941	4.569.693	98,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R19	584.674	4.568.289	102,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R20	584.686	4.568.270	101,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R21	585.045	4.568.047	91,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R22	585.653	4.567.959	87,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0

Calculation Results

Shadow receptor

Shadow, expected values

No.	Shadow hours per year [h/year]
R01	15:23
R02	2:02
R03	2:38
R04	0:00
R05	0:00
R06	20:30
R07	31:53
R08	18:01
R09	37:00
R10	9:49
R11	16:44
R12	6:35
R13	7:48
R14	11:31
R15	11:20
R16	3:50
R17	4:00
R18	18:37
R19	14:54
R20	16:33
R21	0:00
R22	0:00

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

No.	Name	Expected [h/year]
C1	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IO! hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (1)	46:15
C2	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IO! hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (2)	37:30
C3	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IO! hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (3)	1:30
C4	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IO! hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (4)	9:53
C5	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IO! hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (5)	35:02
C6	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IO! hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (6)	15:21
C7	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IO! hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (7)	38:43
S1	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IO! hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (8)	6:28
S2	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IO! hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (9)	0:00
S3	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IO! hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (10)	2:02
S4	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IO! hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (11)	11:39
S5	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IO! hub: 114,0 m (TOT: 200,0 m) (12)	0:00

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

The calculation of the total expected values for a given receptor assumes a weighted average directional reduction for all WTGs contributing to shadow flicker within the same day. In the case where shadow flicker from different WTGs is not concurrent within the day, the total expected time at a given receptor may deviate marginally from the individual flicker time caused by each turbine separately.

SHADOW - Main Result

Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence
Calculate only when more than 20 % of sun is covered by the blade
Please look in WTG table

Minimum sun height over horizon for influence 3 °
Day step for calculation 1 days
Time step for calculation 1 minutes

Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [AMENDOLA]
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
4,12 4,66 5,30 6,72 8,25 9,35 10,16 9,45 7,64 5,82 4,65 3,82

Operational hours are calculated from WTGs in calculation and wind distribution:
ERA5(T) Rectangular Grid_N41,25_E016,00 (9)

Operational time
N NNE ENE E ESE SSE S SSW WSW W WNW NNW Sum
436 326 388 294 231 355 491 825 1.245 826 656 604 6.680
Idle start wind speed: Cut in wind speed from power curve

A ZVI (Zones of Visual Influence) calculation is performed before flicker calculation so non visible WTG do not contribute to calculated flicker values. A WTG will be visible if it is visible from any part of the receiver window. The ZVI calculation is based on the following assumptions:
Height contours used: Height Contours: CONTOURLINE_zvi_4.wpo (13)
Receptor grid resolution: 1,0 m

All coordinates are in
UTM (north)-WGS84 Zone: 33



WTGs

Easting	Northing	Z	Row data/Description	WTG type			Shadow data				
				Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Calculation distance [m]	RPM
C1	581.863	4.573.025	80,4 VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !OI ...	Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	114,0	1.788	0,0
C2	581.343	4.572.308	88,0 VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !OI ...	Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	114,0	1.788	0,0
C3	582.247	4.571.137	94,9 VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !OI ...	Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	114,0	1.788	0,0
C4	581.174	4.570.430	89,6 VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !OI ...	Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	114,0	1.788	0,0
C5	582.470	4.569.424	102,5 VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !OI ...	Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	114,0	1.788	0,0
C6	581.397	4.571.260	100,0 VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !OI ...	Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	114,0	1.788	0,0
C7	585.444	4.568.435	98,7 VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !OI ...	Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	114,0	1.788	0,0
S1	583.493	4.572.164	91,0 VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !OI ...	Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	114,0	1.788	0,0
S2	584.940	4.571.964	85,0 VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !OI ...	Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	114,0	1.788	0,0
S3	585.756	4.572.165	85,2 VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !OI ...	Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	114,0	1.788	0,0
S4	583.976	4.571.220	81,3 VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !OI ...	Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	114,0	1.788	0,0
S5	585.403	4.569.474	100,9 VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !OI ...	Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	114,0	1.788	0,0

Shadow receptor-Input

No.	Easting	Northing	Z	Width [m]	Height [m]	Elevation a.g.l. [m]	Slope of window [°]	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l. [m]
R01	582.458	4.573.545	75,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R02	584.213	4.573.046	77,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R03	585.427	4.571.333	69,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R04	585.773	4.571.040	73,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R05	584.396	4.570.936	74,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R06	585.094	4.568.805	110,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R07	582.209	4.573.378	76,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R08	582.723	4.572.864	84,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R09	581.933	4.572.157	91,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R10	580.586	4.571.312	100,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R11	582.715	4.570.600	84,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R12	583.621	4.570.258	83,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R13	582.230	4.570.172	81,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0

To be continued on next page...