REGIONE PUGLIA

Comune di Sant'Agata di Puglia

Comune di Candela

Comune di Deliceto

Committente:

RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.
via Andrea Doria, 41/G - 00192 Roma
P.IVA/C.F. 06400370968

Titolo del Progetto:

PARCO EOLICO "SERRA PALINO"

CODICE PRATICA: PDDIDD8

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO

Richiesta Autorizzazione Unica ai sensi del D. Lgs. 387 del 29/09/2003

N° Documento: PESPA-S14

ID PROGETTO:	PESPA	DISCIPLINA:	C	TIPOLOGIA:	RT	FORMATO:	A4

Elaborato:

STUDIO EVOLUZIONE OMBRA (SHADOW FLICKERING)

FOGLIO:	1 di 12	SCALA:	/	Nome file:	PESPA-S14-0

Progettazione:

Hydro Engineering s.s.
di Damiano e Mariano Galbo
via Rossotti, 39
91011 Alcamo (TP) Italy

Progettisti:

(Ing. Mariano Galbo)

ORDINE DEGLI INGEGNERI PROV. TRAPANI
Ing. Mariano Galbo N. 724

Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
0	Novembre 2019	PRIMA EMISSIONE	EG	VF	MG

ISO A4

1 PREMESSA 3

2 DESCRIZIONE DELL'AEROGENERATORE 4

3 SHADOW FLICKERING 6

4 ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA PER L'IMPIANTO DI PROGETTO 8

5 VALUTAZIONE DEL FENOMENO 10

6 ALLEGATO 1 – MAPPA DI OMBREGGIAMENTO SU CATESTALE 11

1 PREMESSA

La società Hydro Engineering s.s. è stata incaricata, dalla società RWE RENEWABLES ITALIA SRL, di redigere il progetto definitivo relativo alla costruzione di un parco eolico, composto da n. 8 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 6,00 MW, per una potenza complessiva di 48,00 MW, da ubicarsi in località "Serra Palino" del Comune di Sant'Agata di Puglia e in località "Ischia dei Mulini" del Comune di Candela con opere di connessione in località "La Marana" del Comune di Deliceto in Provincia di Foggia.
L'aumento delle emissioni di anidride carbonica e sostanze inquinanti, legato allo sfruttamento delle fonti energetiche convenzionali, connesso anche alla disponibilità limitata delle riserve di combustibili fossili, ha creato negli operatori del settore energetico una crescente attenzione per lo sfruttamento delle fonti energetiche, cosiddette rinnovabili, per la produzione di elettricità. A seguito di approfonditi studi è stato individuato nell'area denominata "Serra Palino" un sito di interesse eolico. Saranno pertanto realizzate le infrastrutture necessarie alla costruzione del parco stesso e per lo sfruttamento dell'energia elettrica prodotta.

Il presente elaborato riguarda l'analisi del fenomeno denominato "shadow flickering" (letteralmente ombreggiamento intermittente) ovvero l'espressione comunemente impiegata per descrivere l'effetto stroboscopico delle ombre proiettate dalle pale rotanti degli aerogeneratori eolici allorquando il sole si trova alle loro spalle. Il fenomeno si traduce in una variazione alternata di intensità luminosa che, a lungo andare, può provocare fastidio agli occupanti delle abitazioni le cui finestre risultano esposte al fenomeno stesso.

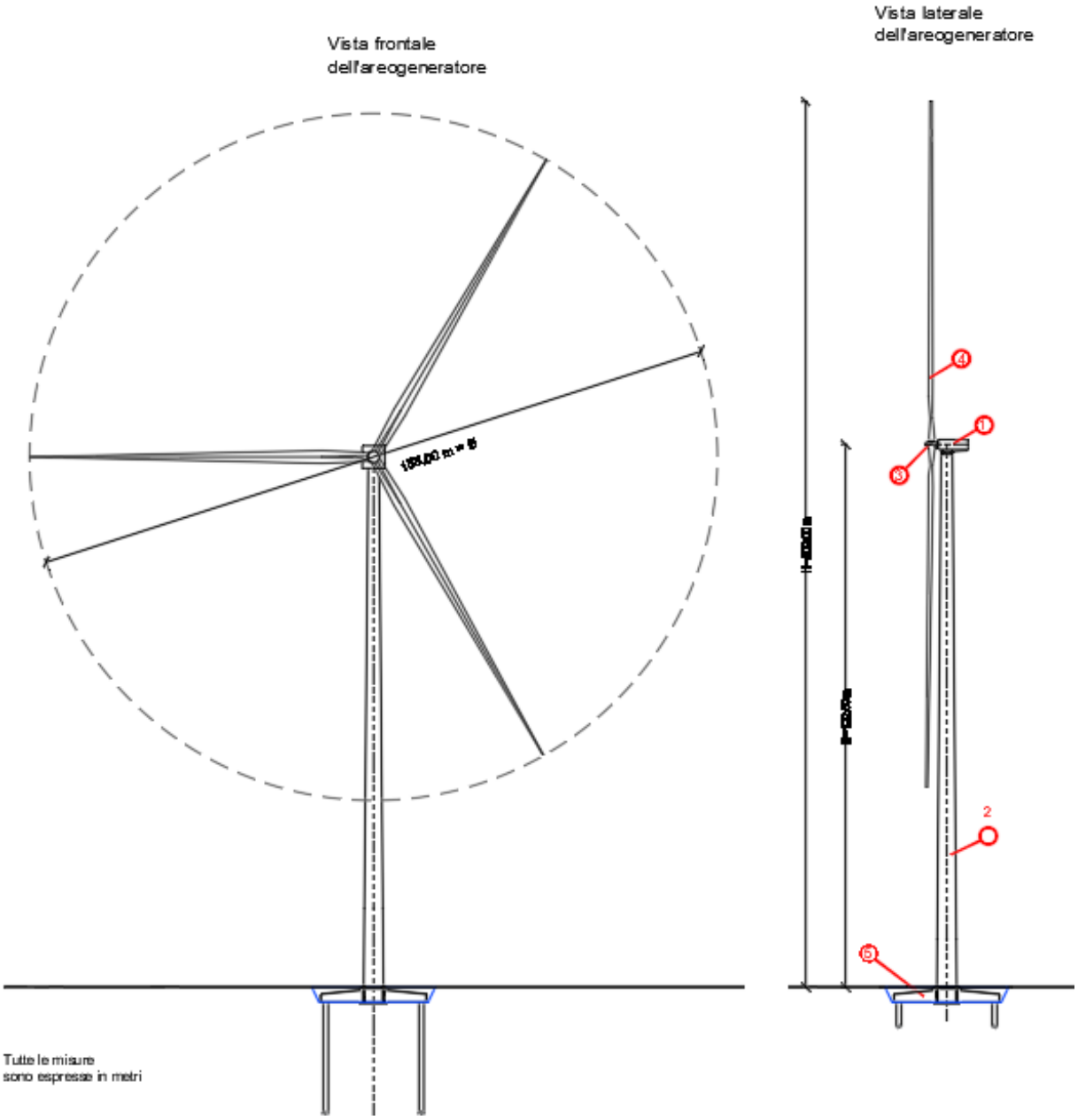
2 DESCRIZIONE DELL'AEROGENERATORE

L'aerogeneratore è una macchina che sfrutta l'energia cinetica posseduta del vento, per la produzione di energia elettrica, descritta nell'elaborato *"Tipico aerogeneratore PESPA-P31-0"*.
Sul mercato esistono diverse tipologie di aerogeneratori, ad asse orizzontale e verticale, con rotore mono, bi o tripala, posto sopra o sottovento. Il tipo di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto è un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala e una potenza di 6000 KW, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- **rotore tripala a passo variabile**, di diametro di 155 m, posto sopravvento al sostegno, in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro, con mozzo rigido in acciaio;
- **navicella in carpenteria metallica** con carenatura in vetroresina e lamiera, in cui sono collocati il generatore elettrico e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
- **sostegno tubolare troncoconico in acciaio**, avente altezza fino all'asse del rotore di circa 122.5 m, diametro del rotore 155,00 m e diametro interno alla base di circa 4,00 m.

I tronchi di torre sono realizzati da lastre in acciaio laminate, saldate per formare una struttura tubolare troncoconica.

AEROGENERATORE D155m - Htot200m



3 SHADOW FLICKERING

Lo shadow flickering consiste in una variazione periodica dell'intensità luminosa osservata, causata dalla proiezione su una superficie, dell'ombra indotta da oggetti in movimento. Per un impianto eolico tale fenomeno è generato dalla proiezione, al suolo o su un ricettore, dell'ombra prodotta dalle pale in rotazione degli aerogeneratori. Dal punto di vista di un recettore lo shadow flickering si manifesta in una variazione ciclica dell'intensità luminosa: in presenza di luce solare diretta, un recettore localizzato nella zona d'ombra indotta dal rotore, sarà investito da un continuo alternarsi di luce diretta ed ombra, causato dalla proiezione delle ombre dalle pale in movimento. Tale fenomeno se vissuto dal recettore per periodi di tempo non trascurabili può generare un disturbo, quando:

- si sia in presenza di un livello sufficiente di intensità luminosa, ossia in condizioni di cielo sereno sgombro da nubi ed in assenza di nebbia e con sole alto rispetto all'orizzonte;
- la linea recettore-aerogeneratore non incontri ostacoli: in presenza di vegetazione o edifici interposti l'ombra generata da questi ultimi annulla il fenomeno. Pertanto, ad esempio, qualora il recettore sia una abitazione, perché si generi lo shadow flickering le finestre dovrebbero essere orientate perpendicolarmente alla linea recettore-aerogeneratore e non affacciarsi su ostacoli;
- la turbina sta orientata in modo che il rotore risulti perpendicolare alla linea sole-ricettore: come mostrato nelle figure seguenti, quando il piano del rotore è perpendicolare alla linea sole-recettore, l'ombra proiettata dalle pale risulta muoversi all'interno di un "cerchio" che riferisce alla circonferenza del rotore inducendo uno shadow flickering non trascurabile; per situazioni in cui, dal punto di vista del recettore, il piano del rotore risulti essere in linea con il sole ed il recettore, l'ombra proiettata è sottile, di bassa intensità ed è caratterizzata da un rapido movimento, risultando pertanto lo shadow flickering di entità trascurabile;
- la posizione del sole sia tale da indurre una luminosità sufficiente. Ciò si traduce, in riferimento alla latitudine di progetto, in un'altezza del sole pari ad almeno 15-20°;
- le pale sono in movimento;
- turbina e ricettore siano vicini: le ombre proiettate in prossimità dell'aerogeneratore risultano di maggiore intensità e nitidezza rispetto a quelle proiettate lontano. Quando una turbina è posizionata sufficientemente vicino al ricettore, cosi che una porzione ampia di pala copra il sole, l'intensità del flicker risulta maggiore. All'aumentare della distanza tra turbina e recettore, le pale coprono una porzione sempre più piccola del sole, inducendo un flicker di minore entità. Inoltre, il fenomeno risulta di bassa entità quando l'ombra proiettata sul recettore è indotta dall'estremità delle pale; raggiunge il massimo dell'intensità in corrispondenza dell'attacco di pala all'hub.

Fig. 2.1 – Proiezione dell'ombra indotta dall'aerogeneratore con rotore perpendicolare alla linea sole - recettore

Fig. 2.2 – Proiezione dell'ombra indotta dall'aerogeneratore con rotore in linea con il sole ed il recettore

Rilevamenti sul campo hanno evidenziato che per distanze tra aerogeneratore di altezza paragonabile a quella delle macchine di progetto) e recettori superiori a 350m il fenomeno è da rilevarsi solamente all'alba e al tramonto, momenti in cui la radiazione diretta è di minore intensità. Pertanto, in riferimento a quanto sin qui esposto, si può concludere che durata ed entità dello shadow flickering sono condizionate:

- dalla distanza tra aerogeneratore e recettore;
- dalla direzione ed intensità del vento;
- dall'orientamento del recettore;
- dalla presenza o meno di ostacoli lungo la linea di vista del recettore – aerogeneratore – sole;
- dalle condizioni metereologiche;
- dall'altezza del sole.

4 ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA PER L'IMPIANTO DI PROGETTO

Al fine di verificare la sussistenza del fenomeno dello shadow flickering indotto dalle opere in progetto sono state effettuate simulazioni in considerazione:

- della altezza della macchina (h_{mozzo} più altezza pala pari a 200m);
- orientamento del rotore rispetto al ricettore;
- proiezione dell'ombra rispetto ai recettori;
- posizione dei possibili recettori.

Le simulazioni sono state effettuate mediante un tool applicativo di autodesk, denominato Ombra Solare (OS), tramite il quale è possibile valutare la proiezione delle ombre prodotte dai raggi solari, rispetto ad un dato oggetto di altezza h, in virtù della sua posizione geografica (latitudine e longitudine) ed in funzione dei vari periodi annui. **A tal proposito si è deciso di effettuare le simulazioni durante tutto il periodo di illuminazione solare diurna dei 365 giorni annui. Tali proiezioni, conducono a delle mappe di ombreggiamento piuttosto ampie, non tenendo conto di tutti quei fattori che possono, come descritto nel capitolo 3, impedire la proiezione dei raggi luminosi e diminuire in modo consistente l'ampiezza del fenomeno di ombreggiamento in questione.**

I risultati, riportati in allegato alla presente relazione specialistica, permettono di valutare in modo dettagliato le eventuali sovrapposizioni con beni, catastalmente censiti come civili abitazioni, per i quali il fenomeno possa avere maggiore influenza.

L'ombreggiamento raggiunge i suoi massimi valori durante uno dei tre periodi a seguire:

- per le 24 ore durante il quale si verrà a registrare il solstizio d'estate 21-06 (massimo valore di declinazione positiva del sole);
- per le 24 ore durante il quale si verrà a registrare il solstizio d'inverno 21-12 (massimo valore di declinazione negativa del sole);
- per le 24 ore del giorno 04-01 giorno del perielio invernale, giorno durante il quale sole e terra si trovano alla minima distanza e le ombre più lunghe.

Le tre condizioni illustrate sono state ritenute significative in quanto:

- il fenomeno di flickering risulta tanto più rilevante quanto maggiore è l'intensità della luce del sole (21 giugno);
- dal punto di vista dell'individuazione dei possibili osservatori, la condizione più sfavorevole si ha nel periodo dell'anno, in determinate ore del giorno, in cui le ombre indotte dagli aerogeneratori risultano più lunghe (4 gennaio e 21 dicembre).

In particolare:

- il 4 gennaio il sole ha un'altezza maggiore di 20° sull'orizzonte nell'intervallo compreso tra le 9:30 e le 15:00;

- il 21 giugno il sole ha un'altezza maggiore di 20° sull'orizzonte nell'intervallo compreso tra le 6:45 e le 17:45.

Si precisa come la proiezione sia stata effettuata, non considerando la pala orientata nella massima direzione del vento, ovvero nella posizione in cui dovrebbe trovarsi nella maggior parte del suo funzionamento ma come se fosse orientata contemporaneamente a 360°. È bene evidenziare inoltre che, a vantaggio di sicurezza, le simulazioni effettuate sono state eseguite in condizioni non reali, ipotizzando cioè contemporaneamente le condizioni più sfavorevoli per qualunque recettore soggetto a shadow flickering:

- **assenza di manto nuvoloso;**
- **rotore in movimento alla massima frequenza ed in moto continuo;**
- **assenza di ostacoli;**
- **luce diretta.**

Avendo calcolato geometricamente l'evoluzione delle ombre durante la giornata, è possibile identificare l'area in cui avviene il fenomeno dello shadow flickering per ciascun aerogeneratore. Tali proiezioni potranno essere sovrapposte, come da allegati, su Catastale.
Si riporta in coda alla presente relazione specialistica, l'allegato realizzato mediante l'applicazione Ombra Solare.

5 VALUTAZIONE DEL FENOMENO

L'elaborato allegato (PESPA-S14-0 allegato 1) mette in evidenza le possibili interferenze tra le ombre indotte dagli aerogeneratori durante la fase di esercizio e potenziali recettori presenti nelle aree adiacenti il parco eolico di Serra Palino.

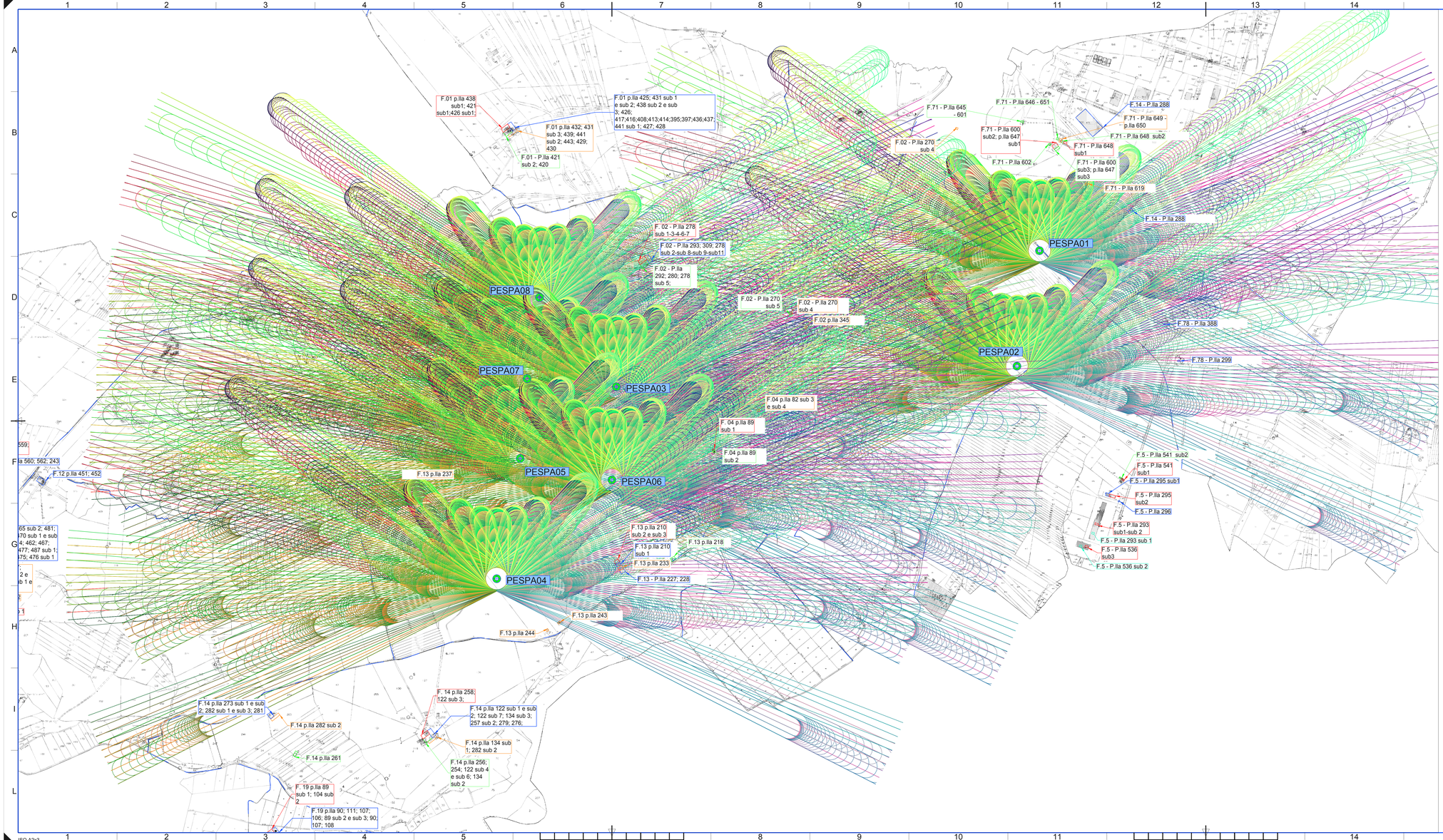
Come visibile, si avrà una sovrapposizione, in corrispondenza delle ombre proiettate da alcuni aerogeneratori, durante alcuni specifici periodi dell'anno in relazione ad alcuni beni censiti catastalmente come "immobili adibiti a civile abitazione". Siamo andati a tal proposito ad effettuare uno studio di dettaglio. Le conclusioni portano a valutare le sovrapposizioni come più ampiamente esplicitato in tabella a seguire.

Aerogeneratore	Recettore			Tempo di Shadow	Periodo annuo/solare di shadow		Distanza aerogeneratore-recettore [m]
ID	Foglio	P.lla	Sub	Ore			
PESPA 01	2 Candela	278	1-3-4-6-7	6	12-20 Settembre	ore 6	2700
PESPA 01	2 Candela	278	1-3-4-6-7	4	24-31 Marzo	ore 6	2700
PESPA 03	4 Candela	89	1	32	28 Maggio - 28 Giugno	ore 19	800
PESPA 04	4 Candela	89	1	20	10-29 Novembre	ore 16	1750
PESPA 04	13 S.Agata di Puglia	210	2 e 3	22	10-31 Marzo	ore 17	830
PESPA 04	13 S.Agata di Puglia	210	2 e 3	14	1-14 Ottobre	ore 17	830
PESPA 04	13 S.Agata di Puglia	210	2 e 3	24	7-30 Settembre	ore 17	830
PESPA 04	13 S.Agata di Puglia	210	2 e 3	1	01-apr	ore 17	830
PESPA 04	13 S.Agata di Puglia	210	2 e 3	3	16-18 Marzo	ore 18	830
PESPA 06	4 Candela	89	1	6	7-12 Ottobre	ore 16	730
PESPA 06	4 Candela	89	1	23	6-28 Febbraio	ore 17	730
PESPA 06	4 Candela	89	1	20	1-21 Marzo	ore 17	730
PESPA 06	4 Candela	89	1	23	2-24 Ottobre	ore 17	730
PESPA 07	4 Candela	89	1	11	21-31 Luglio	ore 19	1380
PESPA 07	4 Candela	89	1	2	11-12 Maggio	ore 19	1380
PESPA 07	4 Candela	89	1	9	1-9 Agosto	ore 19	1380
PESPA 08	4 Candela	89	1	9	1-9 Agosto	ore 19	1600
PESPA 08	4 Candela	89	1	12	15-26 ottobre	ore 16	1600
PESPA 08	4 Candela	89	1	7	25-31 Gennaio	ore 17	1600
PESPA 08	4 Candela	89	1	28	1-28 Febbraio	ore 17	1600
PESPA 08	4 Candela	89	1	19	6-24 Ottobre	ore 17	1600
PESPA 08	4 Candela	89	1	18	1-18 Marzo	ore 17	1600

Quanto emerge è che l'effetto di ombreggiamento sarà indotto sui recettori "sensibili" solamente da alcuni aerogeneratori (PESPA01-PESPA03-PESPA04-PESPA06-PESPA07-PESPA08). Tuttavia, come visibile, le distanze aerogeneratore-recettore sono molto elevate e pertanto saranno proiezioni di ombre con intensità luminosa molta ridotta; le ore cumulate su ciascun recettore nell'intero anno solare saranno irrisorie. Nella maggior parte dei casi inoltre le ombre sono indotte da proiezioni solari all'alba e al tramonto e pertanto il fenomeno in oggetto è ancora meno probabile.

Alla luce di quanto evidenziato si può affermare che non esiste un problema legato all'impianto eolico di progetto in relazione al fenomeno dello shadow flickering.

6 ALLEGATO 1 – MAPPA DI OMBREGGIAMENTO SU CATESTALE



REGIONE PUGLIA | Comune di Sant'Agata di Puglia | Comune di Candela | Comune di Deliceto

Committente:

RWE

RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.
via Andrea Doria, 41G - 00192 Roma
P.IVA/C.F. 06400370968

Titolo del Progetto:

PARCO EOLICO "SERRA PALINO"

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO

Richiesta Autorizzazione Unica ai sensi dell'D. Lgs. 387 del 29/09/2003

N° Documento: PESPA-S14

ID PROGETTO:	DISCIPLINA:	TIPOLOGIA:	FORMATO:
PESPA	C	RT	A2X3

Elaborato:

SHADOW FLICKERING - ALLEGATO

FOGLIO:	di	SCALA:	Nome file:
1	1	1:10.000	PESPA-S14-0

Progettazione:

Hydro Engineering s.s.
di Damiano e Mariano Galbo
via Rosconti, 29
91011 Alcamo (TP) Italy

Progettisti:

(Ing. Mariano Galbo)

Rev:	Data Revisione:	Descrizione Revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
0	Novembre 2019	PRIMA EMISSIONE	EG	VF	MG

ISO A2x3