

# REGIONE SICILIA

Libero Consorzio Comunale di Trapani  
COMUNI DI TRAPANI, SALEMI, MISILISCEMI E MARSALA

PROGETTO

## INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"



PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE



ENGIE Rinnovabili S.p.A.  
Viale Giorgio Ribotta, 31  
00144 Roma

PROGETTISTA



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



OGGETTO DELL'ELABORATO

STUDIO EVOLUZIONE OMBRA (SHADOW FLICKERING)

| REV.               | DATA    | ATTIVITA'       | REDATTO | VERIFICATO | APROVATO |                    |       |           |        |      |
|--------------------|---------|-----------------|---------|------------|----------|--------------------|-------|-----------|--------|------|
| 0                  | 10/2022 | PRIMA EMISSIONE | EG      | VF         | MG       |                    |       |           |        |      |
|                    |         |                 |         |            |          |                    |       |           |        |      |
|                    |         |                 |         |            |          |                    |       |           |        |      |
| CODICE PROGETTISTA |         | DATA            | SCALA   | FORMATO    | FOGLIO   | CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      |
| RST-SA-R0012_R0    |         | 10/2022         | -       | A4         | 1 diXX   | IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. |

NOME FILE: RST-SA-R0012\_Studio evoluzione ombra.dwg

ENGIE Rinnovabili S.p.A. si riserva tutti i diritti su questo documento che non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 2      |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | PREMESSA .....   | 3  |
| 2   | DESCRIZIONE DELL'AEROGENERATORE .....  | 4  |
| 3   | SHADOW FLICKERING .....  | 7  |
| 4   | ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA PER L'IMPIANTO IN PROGETTO .....                                      | 9  |
| 5   | VALUTAZIONI DEL FENOMENO NEL PARCO SALEMI-TRAPANI.....   | 11 |
| 5.1 | VALUTAZIONI TEORICHE SULLO SHADOW FLICKERING.....  | 14 |
| 6   | ALLEGATO 1 – MAPPE DI PROIEZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI<br>– STAGIONE AUTUNNALE .....   | 15 |
| 7   | ALLEGATO 2 – MAPPE DI PROIEZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI<br>– STAGIONE ESTIVA.....       | 18 |
| 8   | ALLEGATO 3 – MAPPE DI PROIEZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI<br>– STAGIONE INVERNALE .....   | 21 |
| 9   | ALLEGATO 4 – MAPPE DI PROIEZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI<br>– STAGIONE PRIMAVERILE ..... | 24 |

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 3      |

## 1 PREMESSA

La società Engie Rinnovabili Spa è proprietaria del parco eolico denominato "Salemi Trapani" avente una potenza complessiva di 66,25 MW. La società Hydro Engineering s.s. è stata incaricata di redigere il progetto definitivo relativo all'integrale ricostruzione dell'esistente impianto eolico.

Il progetto di integrale ricostruzione consiste nello smantellamento degli aerogeneratori esistenti e nella installazione di n. 18 aerogeneratori, di potenza pari a **7,2 MW** per una potenza complessiva di nuova installazione di **129,6 MW**, di cui:

- ✓ Parco Salemi - n. 10 aerogeneratori saranno serviti da un nuovo elettrodotto interrato in MT da 30 kV, che convoglierà l'energia prodotta presso una nuova SSEU 30/150 kV che sarà realizzata nei pressi della Stazione Elettrica Terna denominata "Partanna 2" (questa nuova SSEU sarà realizzata nel territorio del Comune di Marsala);
- ✓ Parco Trapani - n. 8 aerogeneratori saranno serviti da un nuovo elettrodotto interrato in MT da 30 kV che vettorierà l'energia prodotta presso la esistente SSEU 30/150 kV di Misiliscemi (ex Fulgatore) che non subirà alcun ampliamento.

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.

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 4      |

## 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 grafico di progetto "Tipico aerogeneratore".

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 massima di 7200 KW, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- **rotore tripala a passo variabile**, di diametro massimo fino a 175,00 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 al massimo pari a 115,00 m.

L'altezza complessiva dell'aerogeneratore è pari a 202,5 m.

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

Si tratta di aerogeneratori di tipologia già impiegata estesamente in altri parchi italiani/UE, che consentono il miglior sfruttamento della risorsa vento e che presentano garanzie specifiche dal punto di vista della sicurezza (così come si dimostrerà in vari altri documenti: piano di produzione, studio di gittata etc.);

La turbina è equipaggiata, in accordo alle disposizioni dell'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile), con un sistema di segnalazione notturna per la segnalazione aerea.

La segnalazione notturna consiste nell'utilizzo di una luce rossa da installare sull'estradosso della navicella dell'aerogeneratore.

Le turbine di inizio e fine tratto avranno una segnalazione diurna consistente nella verniciatura della parte estrema della pala con tre bande di colore rosso ciascuna di 6 m per un totale di 18 m.

La navicella è dotata di un sistema antincendio, che consiste di rilevatori di fumo e CO, i quali rivelano gli incendi e attivano un sistema di spegnimento ad acqua atomizzata ad alta pressione nel caso di incendi dei componenti meccanici e a gas inerte (azoto) nel caso di incendi dei componenti elettrici (cabine elettriche e trasformatore). In aggiunta a ciò, il rivestimento della navicella contiene materiali autoestinguenti.

L'aerogeneratore è dotato di un completo sistema antifulmine, in grado di proteggere da danni diretti ed indiretti sia alla struttura (interna ed esterna) che alle persone. Il fulmine viene "catturato"

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 5      |

per mezzo di un sistema di conduttori integrati nelle pale del rotore, disposti ogni 5 metri per tutta la lunghezza della pala. Da questi, la corrente del fulmine è incanalata attraverso un sistema di conduttori a bassa impedenza fino al sistema di messa a terra. La corrente di un eventuale fulmine è scaricata dal rotore e dalla navicella alla torre tramite collettori ad anelli e scaricatori di sovratensioni. La corrente del fulmine è infine scaricata a terra tramite un dispersore di terra. I dispositivi antifulmine previsti sono conformi agli standard della più elevata classe di protezione (Classe I), secondo lo standard internazionale IEC 61024-1.

Generalmente, una moderna turbina eolica entra in funzione a velocità del vento di circa 3-5 m/s e raggiunge la sua potenza nominale a velocità di circa 10-14 m/s. A velocità del vento superiori, il sistema di controllo del passo inizia a funzionare in maniera da limitare la potenza della macchina e da prevenire sovraccarichi al generatore ed agli altri componenti elettromeccanici. A velocità di circa 22-25 m/s il sistema di controllo orienta le pale in maniera tale da mandare lo stallo il rotore e da evitare forti sollecitazioni e danni meccanici e strutturali. L'obiettivo è quello di far funzionare il rotore con il massimo rendimento possibile con velocità del vento comprese tra quella di avviamento e quella nominale, di mantenere costante la potenza nominale all'albero di trasmissione quando la velocità del vento aumenta e di bloccare la macchina in caso di venti estremi. Il moderno sistema di controllo del passo degli aerogeneratori permette di ruotare singolarmente le pale intorno al loro asse principale; questo sistema, in combinazione con i generatori a velocità variabile, ha portato ad un significativo miglioramento del funzionamento e del rendimento degli aerogeneratori.

La frenatura è effettuata regolando l'inclinazione delle pale del rotore ad un angolo di 91°. Ciascuno dei tre dispositivi di regolazione dell'angolo delle pale del rotore è completamente indipendente. In caso di un guasto del sistema di alimentazione, i motori a corrente continua sono alimentati da accumulatori che ruotano con il rotore. L'impiego di motori a corrente continua permette, in caso di emergenza, la connessione in continua degli accumulatori, senza necessità di impiego di inverter. Ciò costituisce un importante fattore di sicurezza, se confrontato coi sistemi pitch, progettati in corrente alternata. La torsione di una sola pala è sufficiente per portare la turbina in un range di velocità nel quale la turbina non può subire danni. Ciò costituisce un triplice sistema ridondante di sicurezza. Nel caso in cui uno dei sistemi primari di sicurezza si guasti, si attiva un disco meccanico di frenatura che arresta il rotore congiuntamente al sistema di registrazione della pala.

I sistemi frenanti sono progettati per una funzione "fail-safe"; ciò significa che, se un qualunque componente del sistema frenante non funziona correttamente o è guasto, immediatamente l'aerogeneratore si porta in condizioni di sicurezza.

Gli aerogeneratori hanno una vita utile di circa 30 anni, al termine dei quali è necessario provvedere al loro smantellamento ed eventualmente alla loro sostituzione con nuovi aerogeneratori.

La fase di decommissioning avverrà con modalità analoghe a quanto descritto per la fase di installazione.

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 6      |

Le componenti elettriche (trasformatore, quadri elettrici, ecc) verranno quindi smaltite, in accordo con la direttiva europea (WEEE - Waste of Electrical and Electronic Equipment); le parti in metallo (acciaio e rame) e in plastica rinforzata (GPR) potranno invece essere riciclate.

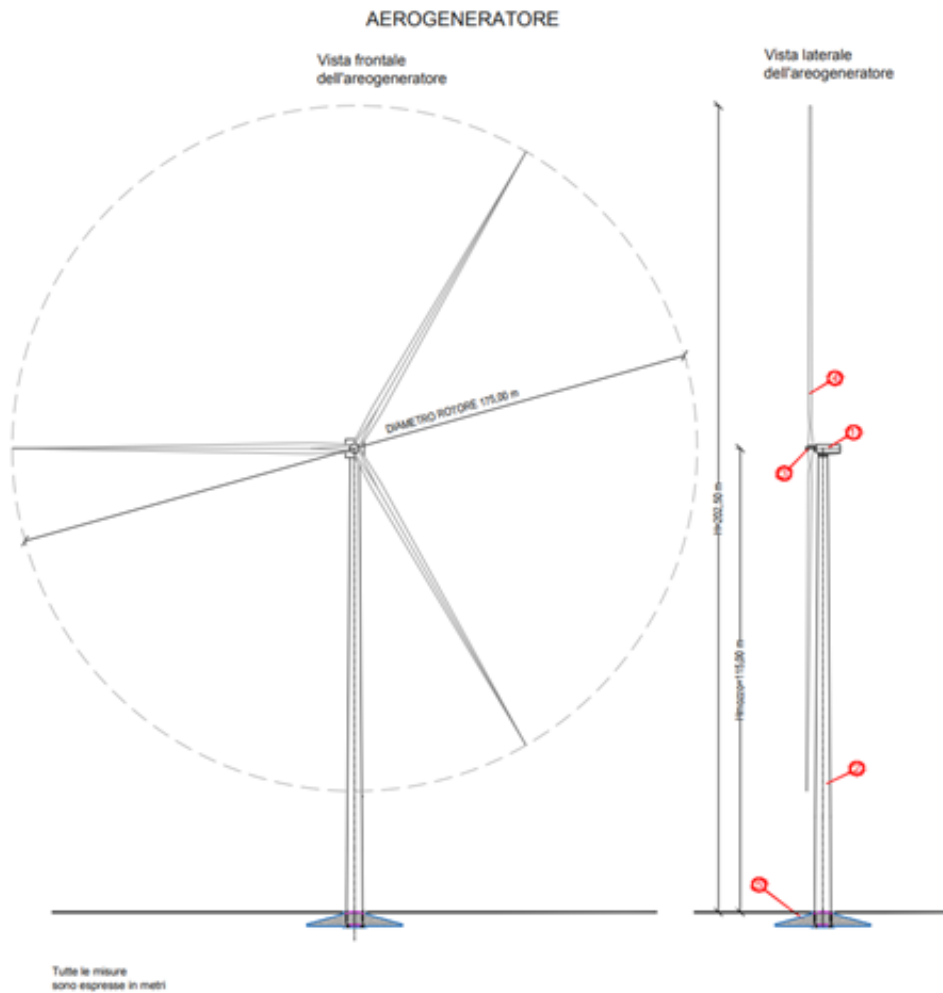


Figura 1 – Tipico Aerogeneratore da 7,2 MW

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 7      |

### 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 ricevitore, dell'ombra prodotta dalle pale degli aerogeneratori in rotazione. Dal punto di vista dell'oggetto/soggetto ricevitore, lo shadow flickering si manifesta in una variazione ciclica dell'intensità luminosa: in presenza di luce solare diretta, un ricevitore 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 ricevitore 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 ricevitore-aerogeneratore non incontri ostacoli: in presenza di vegetazione o edifici interposti l'ombra generata da questi ultimi annullerebbe il fenomeno.

Pertanto, ad esempio, qualora il ricevitore sia una abitazione, perché il fenomeno di "*shadow flickering*" diventi consistente, le finestre dovrebbero essere orientate perpendicolarmente alla linea ricevitore-aerogeneratore e non affacciarsi su ostacoli;

- la turbina sia orientata in modo che il rotore risulti perpendicolare alla linea sole-ricevitore: come mostrato nelle figure seguenti, quando il piano del rotore è perpendicolare alla linea sole-ricevitore, 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 ricevitore, il piano del rotore risulti essere in linea con il sole ed il ricevitore, 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 ricevitore 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 ricevitore, così che una porzione ampia di pala copra il sole, l'intensità del flicker risulta maggiore. All'aumentare della distanza tra turbina e ricevitore, 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 ricevitore è indotta dall'estremità delle pale; raggiunge il massimo dell'intensità in corrispondenza dell'attacco di pala all'hub.





| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 9      |

## 4 ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA PER L'IMPIANTO IN 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 ( $h_{\text{mozzo}}$  più altezza pala pari a 202,5 m);
- 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 in funzione delle quattro stagioni annue:

- **stagione estiva**, all'interno della quale ricadono le 24 ore del solstizio d'estate 21-06 (massimo valore di declinazione positiva del sole);
- **stagione invernale**, all'interno della quale ricadono le 24 ore del solstizio d'inverno 21-12 (massimo valore di declinazione negativa del sole) e le 24 ore del perielio d'inverno 04-01, giorno durante il quale sole e terra si trovano alla minima distanza e le ombre più lunghe;
- **stagione autunnale**;
- **stagione primaverile**.

Le valutazioni sul fenomeno di shadow flickering, nelle condizioni sopra riportate, andranno valutate alla luce di quanto segue:

- 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.

In particolare:

- il 4 gennaio il sole ha un'altezza maggiore di  $20^\circ$  sull'orizzonte nell'intervallo compreso tra le 9:30 e le 15:00;
- il 21 giugno il sole ha un'altezza maggiore di  $20^\circ$  sull'orizzonte nell'intervallo compreso tra le 6:45 e le 17:45.

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 10     |

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, per i giorni indicati, 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 ortofoto. Si riportano, nell'allegato alla presente relazione specialistica, gli output realizzati mediante l'applicazione Ombra Solare.

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 11     |

## 5 VALUTAZIONI DEL FENOMENO NEL PARCO SALEMI-TRAPANI

Lo studio condotto in questa sede, ha permesso di valutare l'effetto dell'ombreggiamento indotto dagli aerogeneratori di progetto, su potenziali recettori in un intorno di 600 m dagli stessi.

In allegato 1, è possibile visualizzare le mappe realizzate dalle quali emerge quanto di seguito:

- Interferenza delle ombre durante la proiezione Invernale/Autunnale con gli immobili:
  - o Foglio 55 – Salemi - p.lla 171 (A/4);
  - o Foglio 56 – Salemi - p.lla 176 (A/4);
  - o Foglio 56 – Salemi - p.lla 173 (A/4);
  - o Foglio 57 – Salemi - p.lla 44 (A/4);
  - o Foglio 74 – Salemi - p.lla 134 (A/4);
  - o Foglio 73 – Salemi - p.lla 86 (A/4);
  - o Foglio 93 – Salemi - p.lla 178 (A/4);
  - o Foglio 93 – Salemi - p.lla 237 (A/4);
  - o Foglio 93 – Salemi - p.lla 260 (A/4).
  
- Interferenza delle ombre durante la proiezione Estiva/Primaverile con gli immobili:
  - o Foglio 296 – Trapani - p.lla 434 (A/4);
  - o Foglio 55 – Salemi - p.lla 171 (A/4);
  - o Foglio 57 – Salemi - p.lla 44 (A/4);
  - o Foglio 74 – Salemi - p.lla 134 (A/4);
  - o Foglio 93 – Salemi - p.lla 178 (A/4);
  - o Foglio 93 – Salemi - p.lla 260 (A/4);
  - o Foglio 93 – Salemi - p.lla 237 (A/4);

In alcune delle simulazioni, si verificano brevi tratti di ombreggiamento anche su alcuni tratti di viabilità, ed in modo particolare SS188 ed una strada di bonifica in corrispondenza dell'aerogeneratore SAL29.

In tutte le mappe risultano "coinvolti" nel fenomeno anche altri immobili di categoria C/2 – Magazzini e locali di deposito o F/2 – Unità Collabenti o fabbricati diruti/da demolire.; su questi, proprio per effetto della presenza non continuativa di persone, non sono state approfondite le valutazioni.

Sugli immobili di categoria catastale A sopra riportati sono invece state valutate le ore e le condizioni di irraggiamento annuo come più esplicitamente riportato nelle tabelle a seguire.

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 12     |

| Intervali giorni/orari ombreggiamento : STAGIONE INVERNALE |                        |           |          |            |           |
|--|------------------------|-----------|----------|------------|-----------|
| Turbina  | Immobile               | dalle ore | alle ore | dal giorno | al giorno |
| SAL22  | F.55 Salemi p.lla 171  | 18:00     | 19:00    | 08-mar     | 20-mar    |
| SAL16  | F.56 Salemi p.lla 176  | 10:00     | 11:00    | 23-dic     | 17-gen    |
|  |                        | 11:00     | 12:00    | 23-dic     | 28-feb    |
|  |                        | 12:00     | 13:00    | 21-dic     | 21-feb    |
|  | F.56 Salemi p.lla 173  | 14:00     | 15:00    | 21-dic     | 28-feb    |
|  |                        | 15:00     | 16:00    | 21-dic     | 28-feb    |
| SAL14  | F.57 pSalemi p.lla 44  | 08:00     | 09:00    | 21-dic     | 27-gen    |
|  |                        | 09:00     | 10:00    | 29-dic     | 09-mar    |
|  |                        | 10:00     | 11:00    | 23-dic     | 20-mar    |
|  |                        | 11:00     | 12:00    | 01-gen     | 20-mar    |
|  | F. 74 Salemi p.lla 134 | 08:00     | 09:00    | 21-dic     | 20-mar    |
|  |                        | 09:00     | 10:00    | 21-gen     | 20-mar    |
| SAL07  | F.73 Salemi p.lla 86   | 13:00     | 14:00    | 21-dic     | 31-gen    |
|  |                        | 14:00     | 15:00    | 21-dic     | 09-feb    |
| SAL04  | F.93 Salemi p.lla 178  | 07:00     | 08:00    | 18-feb     | 20-mar    |
|  |                        | 08:00     | 09:00    | 28-feb     | 20-mar    |
|  | F.93 Salemi p.lla 237  | 14:00     | 15:00    | 21-dic     | 03-feb    |
|  |                        | 15:00     | 16:00    | 21-dic     | 06-feb    |
| SAL02  | F.93 Salemi p.lla 237  | 08:00     | 09:00    | 21-dic     | 05-mar    |
|  |                        | 09:00     | 10:00    | 29-dic     | 20-mar    |
|  |                        | 10:00     | 11:00    | 02-gen     | 20-mar    |
|  | F.93 Salemi p.lla 260  | 15:00     | 16:00    | 07-feb     | 09-mar    |
|  |                        | 16:00     | 17:00    | 21-dic     | 20-mar    |
|  |                        | 17:00     | 18:00    | 07-gen     | 19-feb    |

| Intervali giorni/orari ombreggiamento : STAGIONE AUTUNNALE |                        |           |          |            |           |
|--|------------------------|-----------|----------|------------|-----------|
| Turbina  | Immobile               | dalle ore | alle ore | dal giorno | al giorno |
| SAL16  | F.56 Salemi p.lla 176  | 10:00     | 11:00    | 20-ott     | 20-dic    |
|  |                        | 11:00     | 12:00    | 14-ott     | 20-dic    |
|  | F.56 Salemi p.lla 173  | 14:00     | 15:00    | 12-ott     | 19-dic    |
|  |                        | 15:00     | 16:00    | 17-nov     | 17-dic    |
| SAL14  | F.57 pSalemi p.lla 44  | 09:00     | 10:00    | 21-set     | 20-dic    |
|  |                        | 10:00     | 11:00    | 21-set     | 20-dic    |
|  | F. 74 Salemi p.lla 134 | 07:00     | 08:00    | 15-ott     | 21-nov    |
|  |                        | 08:00     | 09:00    | 21-set     | 20-dic    |
| SAL07  | F.73 Salemi p.lla 86   | 13:00     | 14:00    | 06-nov     | 19-dic    |
|  |                        | 14:00     | 15:00    | 23-nov     | 19-dic    |
| SAL04  | F.93 Salemi p.lla 178  | 07:00     | 08:00    | 21-set     | 27-ott    |
|  | F.93 Salemi p.lla 237  | 14:00     | 15:00    | 31-ott     | 20-dic    |
|  |                        | 15:00     | 16:00    | 16-dic     | 20-dic    |
| SAL02  | F.93 Salemi p.lla 237  | 07:00     | 08:00    | 21-set     | 20-dic    |
|  |                        | 08:00     | 09:00    | 02-ott     | 20-dic    |
|  |                        | 09:00     | 10:00    | 05-nov     | 21-nov    |
|  | F.93 Salemi p.lla 260  | 15:00     | 16:00    | 28-set     | 09-dic    |
|  |                        | 16:00     | 17:00    | 26-set     | 17-dic    |
|  |                        | 17:00     | 18:00    | 05-nov     | 06-nov    |

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 13     |

| Intervali giorni/orari ombreggiamento : STAGIONE ESTIVA |                         |           |          |            |           |
|---|-------------------------|-----------|----------|------------|-----------|
| Turbina   | Immobile                | dalle ore | alle ore | dal giorno | al giorno |
| TP05  | F.296 Trapani p.lla 434 | 17:00     | 18:00    | 03-lug     | 31-lug    |
|   |                         | 18:00     | 19:00    | 07-mag     | 01-lug    |
|   |                         | 19:00     | 20:00    | 30-giu     | 13-ago    |
| SAL22   | F.55 Salemi p.lla 171   | 17:00     | 18:00    | 15-ago     | 11-set    |
|   |                         | 18:00     | 19:00    | 05-ago     | 20-set    |
| SAL14   | F.57 Salemi p.lla 44    | 10:00     | 11:00    | 08-set     | 20-set    |
|   | F.74 Salemi p.lla 134   | 08:00     | 09:00    | 15-set     | 20-set    |
| SAL04   | F.93 pSalemi p.lla 178  | 06:00     | 07:00    | 28-ago     | 20-set    |
|   |                         | 07:00     | 08:00    | 29-lug     | 20-set    |
|   |                         | 08:00     | 09:00    | 03-ago     | 16-set    |
| SAL01   | F. 93 Salemi p.lla 260  | 05:00     | 06:00    | 22-giu     | 10-lug    |
|   |                         | 06:00     | 07:00    | 22-giu     | 14-lug    |
| SAL02   | F.93 Salemi p.lla 237   | 09:00     | 10:00    | 09-ago     | 20-set    |

| Intervali giorni/orari ombreggiamento : STAGIONE PRIMAVERILE |                         |           |          |            |           |
|--|-------------------------|-----------|----------|------------|-----------|
| Turbina  | Immobile                | dalle ore | alle ore | dal giorno | al giorno |
| TP05   | F.296 Trapani p.lla 434 | 17:00     | 18:00    | 09-mag     | 20-giu    |
|  |                         | 18:00     | 19:00    | 12-apr     | 20-giu    |
|  |                         | 19:00     | 20:00    | 09-mag     | 20-giu    |
| SAL22  | F.55 Salemi p.lla 171   | 17:00     | 18:00    | 30-mar     | 06-mag    |
|  |                         | 18:00     | 19:00    | 22-mar     | 06-mag    |
| SAL14  | F.57 Salemi p.lla 44    | 10:00     | 11:00    | 22-mar     | 05-apr    |
| SAL04  | F.93 Salemi p.lla 178   | 07:00     | 08:00    | 22-mar     | 21-mag    |
|  |                         | 08:00     | 09:00    | 22-mar     | 07-apr    |
| SAL02  | F. 93 Salemi p.lla 260  | 16:00     | 17:00    | 22-mar     | 28-mar    |
|  | F. 93 Salemi p.lla 237  | 09:00     | 10:00    | 22-mar     | 07-apr    |
| SAL01  | F.93 Salemi p.lla 260   | 05:00     | 06:00    | 20-mag     | 13-giu    |
|  |                         | 06:00     | 07:00    | 24-mag     | 13-giu    |

| Sovrapposizioni con viabilità | Lunghezza di sovrapposizione | Viabilità          | Aerogeneratori            |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Stagione Primavera/Estiva     | ≈ 190 m                      | Strada di Bonifica | SAL29                     |
|                               | ≈ 500 m                      | SS188              | SAL07                     |
|                               | ≈ 200 m                      | SS188              | SAL01                     |
|                               | ≈ 200 m                      | SS188              | SAL04                     |
| Stagione Autunnale/Invernale  | ≈ 2.000 m                    | SS188              | SAL01/SAL02/SAL04 e SAL08 |
|                               | ≈ 500 m                      | Strada di Bonifica | SAL29                     |

Le ore cumulate risultano essere quelle percepibili, in condizioni ideali, dai recettori nei 365 giorni annui. Tuttavia, si tratta nella maggior parte dei casi, di proiezioni lunghe (recettori non nelle immediate vicinanze degli aerogeneratori) con proiezioni che solamente di rado coinvolgono le ore centrali della giornata e pertanto avranno poca intensità luminosa; saranno inoltre proiezioni con altezze del sole molto ridotte sull'orizzonte. Si ritiene per tali ragioni che valutare il fenomeno di shadow flickering come cumulo delle ore sopra descritte, non sia corretto.

Si rimanda pertanto ad un eventuale monitoraggio durante la fase di esercizio per valutare le effettive condizioni del fenomeno che, per effetto della conoscenza delle aree e della posizione

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 14     |

degli aerogeneratori, si può ritenere trascurabile (anche per effetto delle reali motivazioni riportate nel paragrafo 5.1 della presente relazione).

## 5.1 VALUTAZIONI TEORICHE SULLO SHADOW FLICKERING

Lo "shadow flickering" è ritenuto "pericoloso" in quanto dimostrato che l'effetto visivo, dovuto alla intermittenza dell'ombra creata dal moto delle pale in rotazione sia causa di possibili danni alla salute umana. Si ritiene più precisamente che il fenomeno sia strettamente connesso con i problemi di epilessia. Tuttavia, le frequenze che possono provocare un senso di fastidio sono comprese tra i 2.5 Hz e i 20 Hz (Verkuijlen and Westra, 1984) e l'effetto sugli individui è simile a quello che si sperimenterebbe in seguito alle variazioni di intensità luminosa sulla quale siano manifesti problemi di alimentazione elettrica.

Questo tipo di aerogeneratore da 7,2 MW (con D175 m) ha in genere un numero di giri per minuti legato alla velocità di cut-off (25 m/s) mai superiore ai 12,0 rpm. Una semplice conversione in termini di unità di misura dimostra che 60 rpm sono pari all'incirca ad 1 Hz. Considerando le macchine da 3 pale e moltiplicando pertanto la frequenza di tale rotazione, si arriva a dimostrare come l'effetto di disturbo massimo generabile per effetto del fenomeno di shadow flickering dovuto al moto delle pale è pari a poco più di 0,5 Hz. **Si è, pertanto, ben al di sotto delle soglie che sono definibili pericolose in termini medici.**

Si dovrebbe inoltre considerare un ulteriore fattore legato proprio alla durata dei periodi nei quali le condizioni atmosferiche siano tali da permettere che il fenomeno arrivi ad avere tale intensità massima; di solito ciò si verifica quando il cielo è terso e luminoso e non quando è nuvoloso o anche solo parzialmente nuvoloso.

Quanto sopra detto, porta a definire ininfluenza il fenomeno dello shadow flickering ad opera del repowering dell'impianto eolico ennese.

A seguire le mappe d'ombra individuate nelle condizioni sopra descritte.

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 15     |

## **6 ALLEGATO 1 – MAPPE DI PROIEZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI – STAGIONE AUTUNNALE**

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 16     |



| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 17     |



| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 18     |

## **7 ALLEGATO 2 – MAPPE DI PROIEZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI – STAGIONE ESTIVA**

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 19     |



| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 20     |



| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 21     |

## **8 ALLEGATO 3 – MAPPE DI PROIEZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI – STAGIONE INVERNALE**

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 22     |

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 23     |



| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 24     |

**9 ALLEGATO 4 – MAPPE DI PROIEZIONE DELL'OMBRA  
INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI – STAGIONE  
PRIMAVERILE**



| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 25     |



| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|------------------|--|--------|
| RST-SA-R0012_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>STUDIO EVOLUZIONE OMBRA | 26     |

