



## Parco eolico Campomarino

Studio evoluzione delle ombre – Shadow flickering

Campomarino (CB)

25/02/2022

REF: OW320230311BW\_CMSIA10

Version: B



renewables

RePlus Srl

Amministratore unico  
Francesco Di Maso

Progettista

Ing. Nicola Galdiero

Ing. Pasquale Esposito



Viale Michelangelo n.71

80129-Napoli


Tel.: 0815797998

Mail: tecnico@insesrl.it



## SOMMARIO

1. PREMESSA .....	3
1.1. Aspetti procedurali .....	3
1.2. Caratteristiche della variante .....	4
2. INTRODUZIONE ALLO SHADOW FLICKERING .....	5
3. PRINCIPALI PARAMETRI RICHIESTI PER IL CALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING E SOFTWARE UTILIZZATI .....	8
4. ASPETTI NORMATIVI PER IL CALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING .....	9
5. MODELLO CALCOLO DEGLI EFFETTI DI SHADOW FLICKERING DEL PARCO EOLICO DI CAMPOMARINO .....	10
6. INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI SENSIBILI .....	12
7. RISULTATI DELLE ELABORAZIONI E CONCLUSIONI .....	14
8. CONCLUSIONI .....	18

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO CAMPOMARINO (CB) STUDIO EVOLUZIONE DELLE OMBRE SHADOW FLICKERING</p>	<p style="text-align: right;">Feb 2022</p>
--	--	--

## 1. PREMESSA

### 1.1. ASPETTI PROCEDIMENTALI

La società RePlus è proponente di un progetto per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, ubicato nel Comune di Campomarino (CB) nella porzione sud – orientale del basso Molise alle località “Madonna Grande” e “Cocciolate” e opere connesse da realizzarsi nel territorio del limitrofo Comune di Portocannone (CB).

Nel 2009, Replus S.r.l. presentò il progetto di un Parco eolico localizzato nel territorio dei comuni di Campomarino e di Portocannone (35 WTG da 2,5 MW per una potenza complessiva di 87,5 MW).

Il procedimento di VIA si concluse con la validazione del progetto in una conformazione a 19 WTG<sup>1</sup>.

La procedura per l’ottenimento dell’autorizzazione unica si è tuttavia conclusa con il rigetto dell’istanza di Replus<sup>2</sup> e il Tar Molise, con sentenza n. 281/2016, confermata dal Consiglio di Stato con sent. 4608/2018, ha annullato le determinazioni relative.

A seguito di tali pronunce, la Società ha deciso di riattivare l’iter autorizzativo.

Essendo trascorsi svariati anni dalla elaborazione del progetto oggetto dell’istanza del 2009, si è resa necessaria la sua attualizzazione, anche alla luce dei progressi tecnologici che hanno caratterizzato il settore dell’energia eolica e che consentiranno una ottimizzazione delle prestazioni dell’impianto.

In particolare, l’adeguamento progettuale prevede l’installazione di soli 5 aerogeneratori della potenza nominale di 6 MW ciascuno per una potenza complessiva di impianto pari a 30 MW (in luogo dei 19 aerogeneratori della potenza nominale di 2,5 MW, inizialmente previsti ed autorizzati in VIA).


Più specificamente, il progetto di variante, prevede:

- la sostituzione del modello di aerogeneratore inizialmente prescelto mediante l’utilizzo di nuovi modelli al momento disponibili sul mercato, estremamente più performanti in termini di sfruttamento della risorsa eolica;
- la riduzione del layout da 19 a 5 turbine con l’eliminazione di 14 aerogeneratori;
- lo spostamento degli aerogeneratori in posizioni meno critiche da un punto di vista paesaggistico-ambientale e di impatto acustico al fine di sfruttare l’area più vocata tra quelle previste nel progetto iniziale;
- la riduzione dei tratti di viabilità di nuova costruzione;
- l’ottimizzazione dei volumi di sterro e riporto.

Resta inalterata la soluzione di connessione alla RTN prevista nel Comune di Portocannone (CB), già benestariata da Terna.

<sup>1</sup> parere favorevole di compatibilità ambientale del dipartimento di Ingegneria Meccanica e Ambientale dell’Università di Cassino e VIA favorevole ex D.G.R. 61/2014 del 21 febbraio 2014.

<sup>2</sup> determina Dirigenziale n. 5 del 29 gennaio 2015, rettificata con Determina Dirigenziale n. 9 del 3 febbraio 2015

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO CAMPOMARINO (CB) STUDIO EVOLUZIONE DELLE OMBRE SHADOW FLICKERING</p>	<p style="text-align: right;">Feb 2022</p>
--	--	--

La descritta variante progettuale è stata quindi trasmessa in Regione Molise, sia al Servizio di Programmazione Politiche Energetiche<sup>3</sup>, responsabile del procedimento ex art. 12 del d.lgs 387/2003, che al Servizio Tutela e Valutazioni Ambientali<sup>4</sup>, competente ex art. 19 del d.lgs 152/2006 alla Verifica di assoggettabilità a VIA, insieme alla richiesta di riattivazione della procedura autorizzativa.

Il Servizio di Programmazione Politiche Energetiche della Regione Molise ha dichiarato procedibile la richiesta<sup>5</sup> e il Servizio Tutela e Valutazioni Ambientali ha escluso il progetto dalla procedura di VIA<sup>6</sup>.

A seguito del predetto provvedimento è stata quindi convocata una prima riunione della conferenza dei servizi ex art. 14 bis del d.lgs. 241/1990.

Nelle more della procedura la Società, ha valutato che, ai fini del miglior sfruttamento della risorsa eolica, l'evoluzione tecnologica del settore imponeva la sostituzione del modello di aerogeneratore con uno di eguali dimensioni fisiche<sup>7</sup>, ma di potenza maggiore pari a 6,5 MW che avrebbe incrementato così la potenza complessiva dell'impianto eolico da 30 MW a 32,5 MW.

Poiché tale incremento comporta il superamento della soglia individuata dall'allegato II della parte II del D.lgs. 152/2006 ai fini della sottoposizione dei progetti eolici a VIA di competenza Ministeriale, la Società ha comunicato al Servizio di Pianificazione Politiche Energetiche della regione Molise<sup>8</sup> l'intenzione di riavviare il procedimento ambientale in sede Ministeriale.

Il Servizio di Programmazione Politiche Energetiche<sup>9</sup> ha conseguentemente interrotto i termini del procedimento autorizzativo ex art. 12 D.Lgs. n. 387/2003 in attesa della conclusione della procedura ambientale ministeriale.

## 1.2. CARATTERISTICHE DELLA VARIANTE

Il parco eolico è ubicato nel comune di Campomarino (CB) e le opere di connessione sono localizzate nel comune di Portocannone (CB).

La stazione di trasformazione utente sarà collegata ad una futura stazione di smistamento 150kV denominata "Portocannone" di proprietà TERNA che rappresenta il punto di connessione dell'impianto alla RTN. Per completare lo schema di connessione alla RTN, sarà necessario realizzare due raccordi aerei in entra-esce alle Linee a 150 kV "Portocannone – Campomarino 150 kV" e "Portocannone – San Martino in Pensilis 150 kV" costituenti, insieme alla SE di smistamento, opere di rete.

La potenza complessiva dell'impianto è pari a 32,5 MW e il parco si compone di 5 aerogeneratori di ultima generazione, della potenza unitaria di 6,5 MW.

<sup>3</sup> Prot. Del 24/7/2020

<sup>4</sup> Prot. Del 12/8/2020


<sup>5</sup> In data 4/9/2020

<sup>6</sup> Determinazione Dirigenziale n. 2452 del 28.04.2021

<sup>7</sup> Altezza mozzo 115 m, diametro rotore 170m

<sup>8</sup> Con nota in data 29/11/2021

<sup>9</sup> Con determina dirigenziale n.8420 del 27-12-2021

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO CAMPOMARINO (CB) STUDIO EVOLUZIONE DELLE OMBRE SHADOW FLICKERING</p>	<p style="text-align: right;">Feb 2022</p>
--	--	--

Il progetto, per come reingegnerizzato, rispetto alle opere già oggetto di provvedimento di VIA favorevole, oltre a prevedere la modifica del modello di aerogeneratore, prevede:

- la traslazione di circa 10 metri della sottostazione di trasformazione utente (allo scopo di evitare un'interferenza rilevata dal Consorzio di Bonifica Trigno e Biferno con una condotta consortile);
- la riduzione della carreggiata della viabilità di accesso all'aerogeneratore n. 5 (allo scopo di evitare l'occupazione di porzioni di terreno nel frattempo convertite a vigneti).

## 2. INTRODUZIONE ALLO SHADOW FLICKERING

Lo shadow flickering (letteralmente ombreggiamento intermittente) è l'espressione comunemente impegnata per descrivere l'effetto stroboscopico causato dal passaggio delle pale di una o più turbine eoliche attraverso i raggi del sole rispetto a recettori sensibili posti nelle loro immediate vicinanze. Il periodico cambiamento dell'intensità della luce in prossimità dei recettori sensibili deve essere calcolato in modo da determinare il potenziale periodo di ombreggiamento generato dalle turbine. Il fenomeno generato si traduce in una variazione alternativa dell'intensità luminosa, che a lungo andare, può provocare fastidio agli occupanti delle abitazioni, in seguito recettori, le cui finestre risultino esposte al fenomeno.


L'effetto sugli individui è simile a quello che si sperimenterebbe in seguito alle variazioni di intensità luminosa di una lampada ad incandescenza a causa di continui sbalzi della tensione della rete di alimentazione elettrica, in particolare le frequenze che possono provocare un senso di fastidio sono comprese tra i 2.5Hz ed i 20Hz (Verkuijlen and Westra,1984). A tal proposito è utile sottolineare, che i più recenti aerogeneratori tripala operano con un velocità di rotazione inferiore ai 35giri al minuto (rpm), corrispondente ad una frequenza di passaggio delle pale sulla verticale inferiore a 1.7 Hz, quindi minore della frequenza critica dei 2.5Hz.

**Nella fattispecie i generatori utilizzati raggiungono una velocità di rotazione massima di 9 rpm quindi ampiamente inferiore di quelle ritenute fastidiose per la maggioranza degli individui.**

La lunghezza dell'ombra, generata dal passaggio delle pale attraverso i raggi del sole, dipende non solo dall'altitudine, ma dalla posizione del sole.

Sebbene il fenomeno possa essere percepito anche all'esterno dalle abitazioni, esso risulta evidente e fastidioso in quegli ambienti con finestre rivolte verso le ombre. L'intensità del fenomeno, è definita come la differenza di luminosità che si percepisce in presenza ed in assenza di flickering in una data posizione.

In generale si può affermare che:

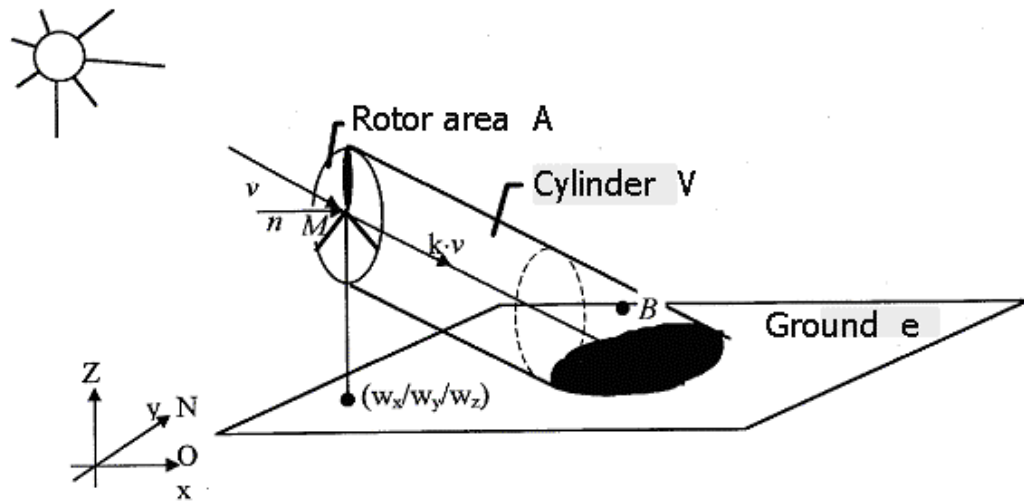
	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO CAMPOMARINO (CB) STUDIO EVOLUZIONE DELLE OMBRE SHADOW FLICKERING</p>	<p style="text-align: right;">Feb 2022</p>
--	--	--

- Avendo le pale una forma rastremata con spessore che cresce verso il mozzo, il fenomeno risulterà tanto più intenso quanto maggiore sarà la porzione di disco solare coperta dalla pala stessa e quanto minore la distanza dal recettore.
- L'intensità del flickering sarà minima quando l'ombra prodotta è generata all'estremità delle pale.
- Maggiori distanze tra generatore e ricettore determinano ombre meno nette, in tal caso l'effetto risulterà meno intenso e distinto.
- La presenza di schermature locali (come alberi interposti tra il recettore e la sorgente d'ombra) favorisce una diminuzione dell'effetto.

Il calcolo del potenziale periodo di ombreggiamento consiste nel determinare, attraverso software specifici, *le ore di intermittenza annue* cui ciascun recettore è sottoposto. Queste informazioni possono essere utilizzate per progettare e gestire la centrale eolica in modo da ridurre al minimo il disturbo causato alle persone.

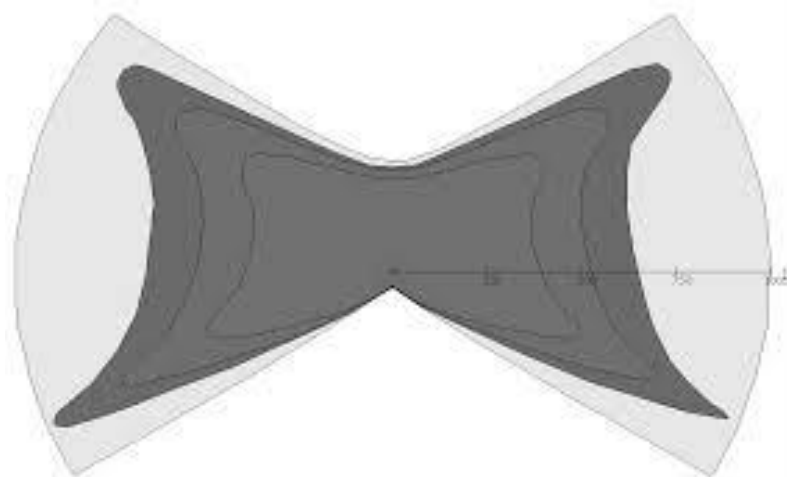
Le condizioni per cui si formi l'ombra, e il recettore sia interessato da quest'ultima sono mostrate in Figura 1. Da questa figura si evince che, affinché il recettore sia interessato dall'ombra, si necessita che quest'ultimo abbia una finestra in direzione del campo eolico, il sole sia relativamente basso nel cielo e soprattutto lo stesso si trovi posizionato a valle dell'asse sole turbina.

L'analisi dello studio dell'ombreggiamento dei parchi eolici ha lo scopo di ridurre al minimo il disturbo causato dalle turbine ai recettori sensibili e consente di fornire al controller delle turbine o allo SCADA system la data e le ore in cui lo shadow flicker si manifesta così da poter, in casi particolarmente disagiati, fermare le turbine durante l'acutizzarsi del fenomeno.




**Figura 1 – Proiezione della turbina sul terreno**

La figura successiva riporta l'evoluzione annuale dell'ombra di una turbina considerando il caso peggiore, che si manifesta nel momento in cui una pala sia sempre in rotazione intorno al mozzo, e orientate sempre ortogonalmente al sole durante la sua evoluzione giornaliera. Come si può evincere dal grafico, le ore annue di ombra sono sempre minori con l'aumentare della distanza dalla torre secondo una particolare geometria dettata dalla posizione geografica; da osservare che l'ombra arriva a proiettarsi anche sino ad una distanza di 1000m, anche se solo per pochi minuti all'anno.



**Figura 2 - Evoluzione annuale tipo dell'ombra di una pala**

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO CAMPOMARINO (CB) STUDIO EVOLUZIONE DELLE OMBRE SHADOW FLICKERING</p>	<p style="text-align: right;">Feb 2022</p>
--	--	--

### 3. PRINCIPALI PARAMETRI RICHIESTI PER IL CALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING E SOFTWARE UTILIZZATI

I pacchetti software impegnati per la progettazione di un parco eolico contengono moduli specifici per il calcolo e l'analisi del fenomeno di flickering. I parametri principali richiesti dai modelli di calcolo per la determinazione degli effetti dovuti allo shadow -flickering del parco eolico sono:

1. La posizione delle turbine (coordinate x, y, z);
2. L'altezza al mozzo e il diametro del rotore della turbina scelta;
3. La posizione dei recettori sensibili (coordinate x, y, z);
4. Le dimensioni delle finestre dei recettori ed il loro orientamento;
5. L'orientamento rispetto al sud e l'angolo di tilt delle finestre dei recettori;
6. La posizione geografica (latitudine e longitudine), il fuso orario e l'ora legale della zona di interesse;
7. Un modello di simulazione contenente informazioni riguardo l'orbita della terra e la rotazione rispetto al sole;
8. Statistica di probabilità mensile di presenza del sole;
9. Un modello digitale del terreno;
10. L'angolo minimo del sole rispetto all'orizzonte da cui calcolare l'ombreggiamento;
11. La distanza massima di estensione dell'ombra dietro la turbina;
12. Percentuale di copertura del sole dalla pala;
13. Intervallo di tempo per il calcolo dell'ombreggiamento;
14. Scelta della rappresentazione del sole come "punto" o come "disco";


Questi parametri vengono usati per determinare l'accuratezza del calcolo e/o per specificare alcune restrizioni ai calcoli nel caso dei parametri relativi ai recettori.

I software utilizzati per il calcolo dello shadow -flickering possono essere svariati.

Per questo studio viene considerato il software WindFarmer di Garrad Hassan and Partners Ltd. Questo software, tramite il modulo "*intermittenza dell'ombra*", consente di creare mappe per l'intermittenza dell'ombra e di analizzare l'intermittenza in punti specifici (recettori) attraverso la generazione di isolinee. Inoltre il software genera un *calendario* per ogni specifico recettore, il quale indica tra i vari parametri l'esatto giorno e l'ora in cui il recettore sarà interessato dal massimo ombreggiamento.

La procedura di calcolo dell'intermittenza dell'ombra impostata come *predefinita*, assume che il sole possa essere approssimato come un punto. E' possibile selezionare l'opzione per modellare il sole come un disco. Questo caso peggiorativo, porta ad un numero di eventi di intermittenza d'ombra più alto, specialmente vicino alle turbine.



	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO CAMPOMARINO (CB) STUDIO EVOLUZIONE DELLE OMBRE SHADOW FLICKERING</p>	<p style="text-align: right;">Feb 2022</p>
--	--	--

Nel presente studio verrà analizzato per primo il **worst-case** (il caso peggiore) impostando tutti i parametri del software su tale condizione. Il caso peggiore si ottiene considerando innanzitutto assimilando **il rotore** ad una vera e propria sfera con un off-set tra asse e rotore, **il sole** come disco e con l'asse del rotore allineato col sole e col punto recettore. Statisticamente questa potrebbe non essere la migliore rappresentazione della realtà, in quanto la distribuzione del vento, nei diversi settori della rosa dei venti, fa sì che il rotore non sia sempre orientato in corrispondenza dei recettori e soprattutto non sia sempre in movimento. Tali aspetti ci posizionano in un caso ideale di massima sicurezza ma comunque mai verificabile date le variazioni costanti della direzione del vento e le variazioni di velocità e calma della turbina nell'arco di una singola giornata ed ora.

#### 4. ASPETTI NORMATIVI PER IL CALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING

Il presente documento si riferisce al progetto di un parco eolico Comune di Campomarino nel territorio della Regione Molise, in provincia di Campobasso. La normativa Regionale in materia di calcolo dell'ombreggiamento provocato da turbine eoliche risulta essere estremamente carente, anche la normativa nazionale presenta le stesse lacune.


Pertanto, affinché sia possibile effettuare uno studio dello Shadow-Flickering abbastanza preciso, la normativa italiana dovrebbe fornire i seguenti parametri principali:

- L'angolo minimo del sole rispetto all'orizzonte da cui calcolare l'ombreggiamento;
- La distanza limite fino a cui calcolare l'ombreggiamento dalla turbina;
- Percentuale di copertura del sole dalla pala;
- Intervallo di tempo per il calcolo dell'ombreggiamento;
- Limiti accettabili di ombreggiamento annuale.

Sulla base di quanto descritto, si evidenzia la carenza della Normativa Italiana e, nel caso in esame, per la definizione dei parametri necessari al calcolo dell'ombreggiamento. Pertanto si utilizzerà un criterio quantitativo basato sulla determinazione di percentuali di ombreggiamento rispetto alle ore giornaliere e di luce nell'arco annuale.

Il presente studio prenderà in considerazione il lay-out di un impianto da installare nel comune di Campomarino con turbine di nuova generazione con diametro da 170m di diametro ed un'altezza al mozzo di 115m.

Di seguito si riportano le coordinate in WGS-84 dei singoli aerogeneratori:

 <b>edp renewables</b>	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO CAMPOMARINO (CB) STUDIO EVOLUZIONE DELLE OMBRE SHADOW FLICKERING</p>	<p style="text-align: right;">Feb 2022</p>
--	--	--

TURBINE	EST	OVEST
<b>EDP 05</b>	503232,5	4640804,8
<b>EDP 04</b>	504783,4	4640118,3
<b>EDP 03</b>	504376,1	4639561,8
<b>EDP 02</b>	504148,9	4639072,0
<b>EDP 01</b>	503984,7	4638337,0

**Tabella 1 – Coordinate in WGS-84 degli aerogeneratori**

Pertanto, per lo studio dell'effetto di ombreggiamento si utilizzeranno i parametri definiti nel prossimo capitolo, che oltretutto, come spiegato successivamente in dettaglio, risultano essere tra i più restrittivi che si possano considerare.

## **5. MODELLO CALCOLO DEGLI EFFETTI DI SHADOW FLICKERING DEL PARCO EOLICO DI CAMPOMARINO**

La presente relazione è stata redatta con lo scopo di analizzare l'effetto flickering indotto dall'aerogeneratore sui singoli recettori, rappresentati dai nuclei abitativi o dalle singole abitazioni.


Il calcolo degli effetti di shadow flickering per il parco eolico, è stato condotto grazie all'utilizzo del software WindFarmer di Garrad Hassan. Il modulo che ha permesso il calcolo è "Intermittenza dell'ombra".

L'analisi si basa sull'impegno di un modello digitale del terreno per la simulazione dell'orografia del suolo.

I parametri utilizzati per il calcolo e inseriti nel software sono:

1. Angolo minimo del sole rispetto all'orizzonte da cui calcolare l'ombreggiamento = 3°
2. Distanza limite fino a cui calcolare l'ombreggiamento dalla turbina = 1000m.
3. Percentuale di copertura minima del sole dalla pala = 20%
4. Intervallo di tempo per il calcolo dell'ombreggiamento = 1 minuto
5. Statistica di probabilità mensile di presenza di sole dedotta (descritta in seguito)
6. Modello DTM del terreno
7. Modello delle turbine

In relazione al punto 1 il valore di 3° è stato desunto da bibliografia e risulta anche essere il parametro di default impostato dal software. Si usa in genere questo valore poiché per angoli inferiori la luce, dovendo passare attraverso uno strato di atmosfera più spesso, diventa molto diffusa e non riesce quindi a formare un'ombra. Il parametro risulta molto restrittivo ai fini del calcolo.

 <b>edp renewables</b>	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO CAMPOMARINO (CB) STUDIO EVOLUZIONE DELLE OMBRE SHADOW FLICKERING</p>	<p style="text-align: right;">Feb 2022</p>
--	--	--

In relazione al punto 2 la scelta di considerare un valore di 1000m, come da bibliografia, riportano che ad una distanza massima di 1 Km, in piano, gli effetti dell'ombreggiamento risultano trascurabili. Questa scelta arbitraria è stata fatta sulla base del fatto che non è ancora stabilito dalla normativa quale sia la distanza massima dalla turbina a cui si risente ancora dell'ombreggiamento.

La scelta di considerare 1 Km in questo calcolo è stata effettuata per poterci inserire nel caso peggiorativo, come ampiamente sottolineato nei capitoli precedenti.

In relazione al punto 3 il valore assunto risulta essere un valore restrittivo ai fini del calcolo, nonché parametro di default settato dal software.


In relazione al punto 4 l'intervallo di tempo per il calcolo dell'ombreggiamento risulta essere per tutte le linee guida di 1 minuto e quindi è stato assunto, anche in questo caso, come tale.

In relazione al punto 5 la statistica di probabilità mensile di presenza del sole è stata dedotta da una stazione meteorologica nei pressi del sito in cui sono state misurate le ore mensili di soleggiamento (tabella sottostante) da cui sono state dedotte le probabilità mensili di soleggiamento qui di seguito riportate:

Mesi	Valori medi mensili delle ore giornaliere di soleggiamento (ore/giorno)	Ore di soleggiamento mensili	Ore totali mensili	% di soleggiamento mensile
Gennaio	3,9	117	720	16,25
Febbraio	4,4	132	720	18,33
Marzo	5,3	159	720	22,08
Aprile	6,7	201	720	27,92
Maggio	8,6	258	720	35,83
Giugno	9,9	297	720	41,25
Luglio	10,8	324	720	45,00
Agosto	9,8	294	720	40,83
Settembre	8	240	720	33,33
Ottobre	6,2	186	720	25,83
Novembre	4,4	132	720	18,33
Dicembre	3,6	108	720	15,00

**Tabella 2 - Ore di soleggiamento mensile**

Il calcolo dell'ombreggiamento è stato fatto utilizzando le condizioni al contorno semplificate, che comportano una situazione quanto più peggiorativa possibile rispetto al caso reale (Worst-case), in particolare:

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO CAMPOMARINO (CB) STUDIO EVOLUZIONE DELLE OMBRE SHADOW FLICKERING</p>	<p style="text-align: right;">Feb 2022</p>
--	--	--

- Il cielo è considerato sempre chiaro e limpido e quindi non si considerano nubi, nebbia o qualsiasi ostacolo;
- Le turbine sono sempre in rotazione;
- Il rotore delle turbine è sempre orientato in direzione del recettore;
- Non sono considerati eventuali ostacoli come alberi o palazzi;
- Asse del rotore allineato con il sole.

Inoltre, per la simulazione, ogni singolo recettore viene considerato in modalità "green house", cioè come se tutte le pareti esterne fossero esposte al fenomeno, senza considerare la presenza di finestre e/o porte dalle quali l'effetto arriva realmente all'interno dell'abitazione. I calcoli effettuati per l'ombreggiamento rappresentano un approccio molto conservativo e di conseguenza peggiorativo, per questo denominato "**worst case**", in cui la situazione reale risulterà ben al di sotto dei risultati ottenuti.

## 6. INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI SENSIBILI


Ai fini della previsione degli impatti indotti dell'impianto in oggetto sono stati individuati i "recettori sensibili" nelle immediate vicinanze del parco eolico che possono essere soggetti a tale fenomeno. Tali ricettori rappresentano abitazioni e fabbricati definiti come tali dalle visure catastali.

Di seguito sono riportati i riferimenti geografici dei 36 recettori individuati:





Figura 2: Individuazione potenziali recettori

 <b>edp renewables</b>	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO CAMPOMARINO (CB) STUDIO EVOLUZIONE DELLE OMBRE SHADOW FLICKERING</p>	<p style="text-align: right;">Feb 2022</p>
--	--	--

In particolare, sono stati considerati tutti gli edifici rientranti nella distanza di 1000 mt dall'aerogeneratore classificati alle categorie catastali da A1 a A10 e quelle classificate come D10.

Id	RICETTORI	EST	NORD
20	R36	503046,46	4641380,49
19	R35	502375,80	4640967,22
18	R23	505533,89	4640715,51
17	R8	503614,99	4638542,70
16	R5	504203,31	4637963,01
15	R6	503281,71	4638175,88
14	R26	505130,44	4640886,46
13	R22	505383,75	4640625,78
12	R21	505290,61	4640632,73
11	R20	505428,29	4640560,29
10	R19	505293,36	4640568,85
9	R18	505479,43	4640243,18
8	R17	505431,05	4640190,94
7	R16	505541,83	4639874,95
6	R14	503496,08	4639665,58
5	R12	504864,74	4639061,12
4	R9	504497,29	4638412,32
3	R3	504285,53	4637641,77
2	R2	504393,20	4637450,10
1	R1	504312,37	4637457,37

**Tabella 3 - Tabella riepilogativa dei ricettori sensibili**

## 7. RISULTATI DELLE ELABORAZIONI E CONCLUSIONI

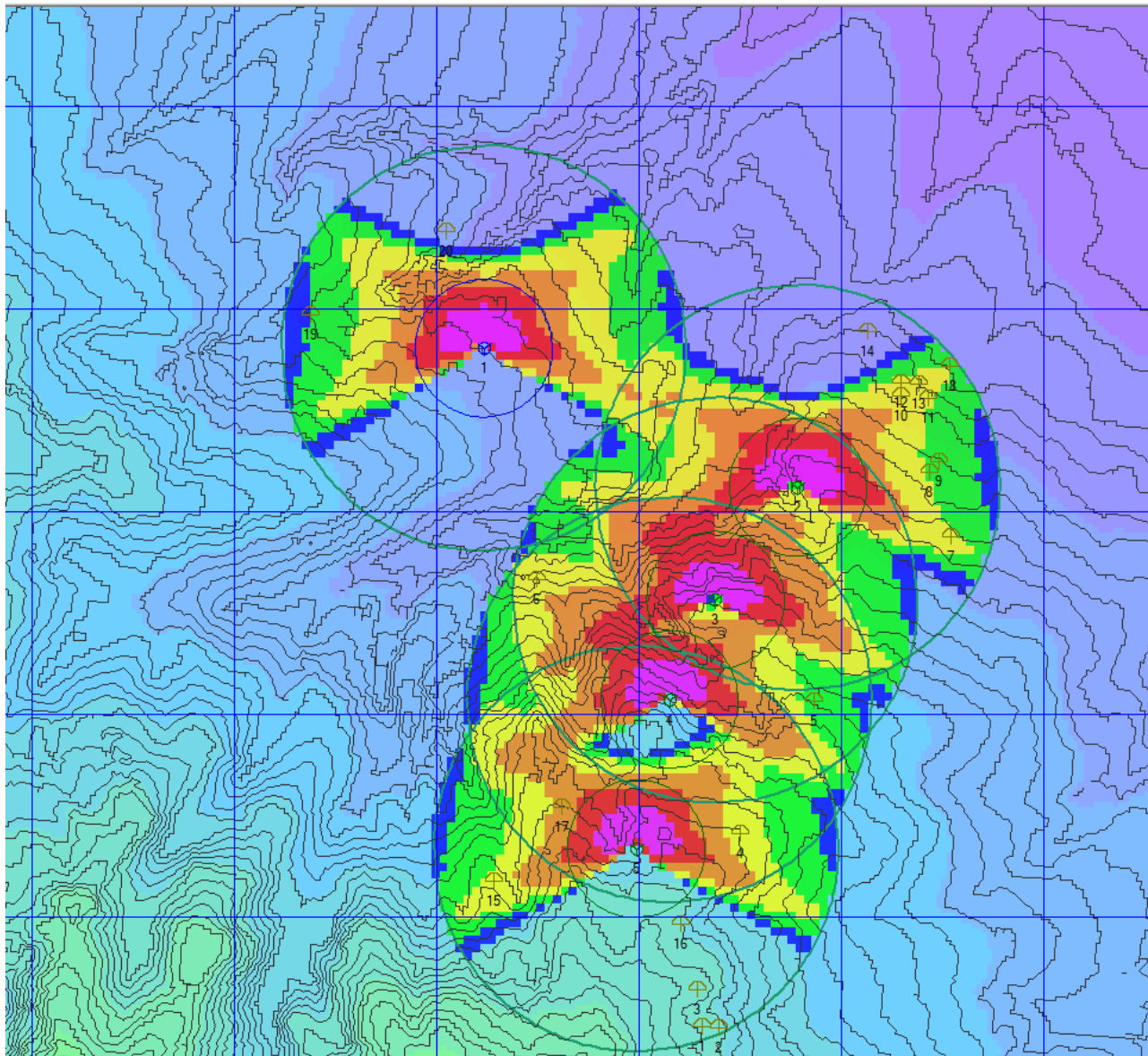
Le elaborazioni per il calcolo dell'ombreggiamento provocato dalle turbine eoliche sono state condotte considerando un totale di 20 recettori sensibili posti nell'area ricadente il parco.

Al di là di una certa distanza, l'ombra smette di essere un problema perché il rapporto tra lo spessore della pala e il diametro del sole diventa infinitesimamente piccolo, da poter essere trascurato. Siccome non vi è un valore, generalmente accettato, per questa distanza massima, il modulo utilizzato permette di specificare il limite in metri o multipli del diametro della turbina.

Nel caso specifico è stata considerata una distanza dalla turbina di 1000m.

Il modello numerico utilizzato, al pari di altri presenti sul mercato, 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 4380h/a di luce**), indipendentemente dalla presenza o meno di nubi, le quali inficerebbero il fenomeno stesso di shadow flickering per impossibilità che si generi il fenomeno di flickering, oltre agli input specificati

precedentemente, che rendono il caso in oggetto nettamente peggiorativo, ma soprattutto considerano le turbine sempre in movimento ed alla massima rotazione del rotore.



Fas...	Inferiore	Superiore
1	0	0
2	1	30
3	31	60
4	61	120
5	121	240
6	241	480
7	481	1000

Figura 3 – Visualizzazione mappa delle ombre generate SG170



I calcoli effettuati hanno determinato che ben 6 recettori sui 20 considerati sono situati al di fuori del cono d'ombra, riportando quindi un valore di ombreggiamento pari a 0 h/yr. Nei restati 14 casi si manifesta l'effetto, come riportato nella tabella seguente:

Id.	RICETTORI	OMBREGGIAMENTO [h/yr]
19	R35	31
18	R23	55
17	R8	150
15	R6	70
13	R22	76
12	R21	69
11	R20	75
10	R19	93
9	R18	49
8	R17	58
7	R16	80
6	R14	93
5	R12	52
4	R9	91

**Tabella 4**-Ore di ombreggiamento caso worst case


Il dettaglio del calcolo è possibile visionarlo nel report allegato alla relazione denominato *“Report ombreggiamento SG170”*.

Nel momento in cui nel calcolo, verrà considerato anche la percentuale annua di giorni nuvolosi l'impatto in termini di ore di ombreggiamento annua risulterà minore dei risultati ottenuti. Ulteriori indagini andranno condotte al fine di verificare che i recettori sensibili che subiscono più ombreggiamento non abbiano schermi naturali quali alberi o costruzioni varie che riducono l'impatto stesso, allo stesso tempo bisognerà verificare il posizionamento degli infissi qualora non fossero rivolti verso le turbine che porterebbe l'impatto ad annullarsi. Qualora questi recettori sensibili evidenzino problematiche derivanti da questo impatto è possibile che lo sviluppatore pianifichi di piantare alberi addizionali allo scopo di schermare l'ombreggiamento.

Per le motivazioni di cui sopra, 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, ovvero il numero di ore di cielo libero da nubi durante il giorno, come meglio specificato nel capitolo 4.

Per l'area in esame tale valore di soleggiamento corrisponde a circa 2400 h/yr (rispetto alle 4380h/yr considerate nel worst - case). I risultati del calcolo possono, ragionevolmente, essere abbattuti del 45.2 %,




 <b>edp renewables</b>	PARCO EOLICO CAMPOMARINO (CB) STUDIO EVOLUZIONE DELLE OMBRE SHADOW FLICKERING	Feb 2022
--	--	----------

pari al complemento a 1 del rapporto  $2400/4380 = 54.8 \%$ . In altri termini, rispetto al WORST CASE, la probabilità di occorrenza del fenomeno di shadow flickering si riduce, per l'area in esame, al 54.8 % che corrisponde proprio alla probabilità che il disco solare risulti libero da nubi. Tutto ciò non tiene conto di altri fattori che potrebbero diminuire o annullare del tutto l'effetto flickering sul recettore, come la presenza di alberi interposti tra turbina e recettore e/o posizionamento delle abitazioni e dei propri infissi rispetto alla fonte, la presenza del vento (fattore indispensabile per la formazione del fenomeno dello sfarfallio).

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 riferimento alla presenza del sole. Per tale motivo, il calcolo nel caso real-case, è comunque da considerarsi molto cautelativo in quanto nella simulazione vengono comunque utilizzate le condizioni al contorno del worst - case indicate nel capitolo 4. I nuovi valori, alla luce delle considerazioni appena fatte, sono stati riportati nella seguente tabella:

Id	RICETTORI	WAST-CASE	REAL-CASE	Percentuale riferita alle ore diurne annuali – WAST CASE	Percentuale riferita alle ore diurne annuali – REAL CASE
		OMBREGGIAMENTO [h/yr]	OMBREGGIAMENTO [h/yr]	%	%
19	R35	31	17	0,7	0,4
18	R23	55	30	1,3	0,7
17	R8	150	82	3,4	1,9
15	R6	70	38	1,6	0,9
13	R22	76	42	1,7	1,0
12	R21	69	38	1,6	0,9
11	R20	75	41	1,7	0,9
10	R19	93	51	2,1	1,2
9	R18	49	27	1,1	0,6
8	R17	58	32	1,3	0,7
7	R16	80	44	1,8	1,0
6	R14	93	51	2,1	1,2
5	R12	52	28	1,2	0,6
4	R9	91	50	2,1	1,1

**Tabella 6**-Ore di ombreggiamento e percentuali rispetto a 4380 h/anno giornaliere

 <b>edp renewables</b>	<p>PARCO EOLICO CAMPOMARINO (CB) STUDIO EVOLUZIONE DELLE OMBRE SHADOW FLICKERING</p>	<p>Feb 2022</p>
--	--	-----------------

## 8. CONCLUSIONI

Il lavoro è stato svolto in due distinte fasi, di cui la prima tramite software idonei al calcolo delle effetto di shadow-flickering il quale ha portato alla luce che 6 ricettori su 20 sono esterni al cono d'ombra. La seconda fase di studio, ha cercato in modo empirico di avvicinarsi ad un caso reale con condizioni al contorno identiche (come ad esempio considerare qualsiasi edificio trasparente, dato da non sottovalutare), considerando in aggiunta il solo fattore nuvolosità. Tale studio ha portato ad una drastica diminuzione del monte ore/annuo, che nel peggiore dei casi porterebbe mediamente un effetto giornaliero pari a 0.22h/gg.

Si aggiunge che nel presente studio non è stato considerato l'ombreggiamento dato dalle alberature presenti nei cortili dei fabbricati e non è stato studiato il posizionamento delle aperture finestrate. Queste ulteriori ipotesi potrebbero addirittura eliminare completamente alcuni edifici tra la lista dei ricettori se gli stessi fossero sprovvisti di apertura ad Ovest o ad Est (massimo allungamento delle curva di ombreggiamento), o fossero già ombreggiati naturalmente.

In ogni caso, la Società si impegna, se dovessero nascere delle precise e puntuali criticità, a mitigare l'effetto stroboscopico presso il recettore, intervenendo con piantumazioni di alberi schermanti e/o attraverso l'installazione di pensiline in prossimità delle aperture finestrate più esposte.