

Regione
Calabria



Comune di
Mesoraca



Committente:

ESC WIND S.R.L.
Piazza Europa, 14
87100 Cosenza - Italy
P.IVA: 03884610787

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO

Titolo del Progetto:

PARCO EOLICO "MESORACA"

Elaborato:

Report shadow flickering

PROGETTO	DISCIPLINA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	SCALA
E-MES	A	-	RE	7	-

NOME FILE: **E_MES_A_RE_7_Report_shadow_flickering. pdf**

Progettazione:



Ing. Mauro Di Prete

Rev:	Prima Emissione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	APRILE 2024	PRIMA EMISSIONE	GEMSA PRO	GEMSA PRO	ESC WIND S.R.L.

Indice

1	Premessa	3
2	Cenni sul fenomeno dello shadow flickering.....	4
3	Calcolo dello shadow flickering.....	6
3.1	<i>Descrizione del contesto territoriale.....</i>	<i>6</i>
3.2	<i>Configurazione di impianto.....</i>	<i>7</i>
3.3	<i>Definizione dell'ambito di studio.....</i>	<i>9</i>
3.4	<i>Individuazione dei ricettori</i>	<i>12</i>
3.5	<i>Metodologia di calcolo del software utilizzato</i>	<i>14</i>
3.6	<i>Risultati</i>	<i>19</i>
4	Conclusioni	20
5	Appendice A	21

1 PREMESSA

Nei comuni di Mesoraca e Petilia Policastro (KR) è prevista la realizzazione di un campo eolico costituito da 14 aerogeneratori, di potenza nominale pari a 6,2 MW. L'impianto è localizzato principalmente nella parte centrale del comune di Mesoraca, una delle torri, la M05, è localizzata sul confine comunale tra Mesoraca e Petilia Policastro.

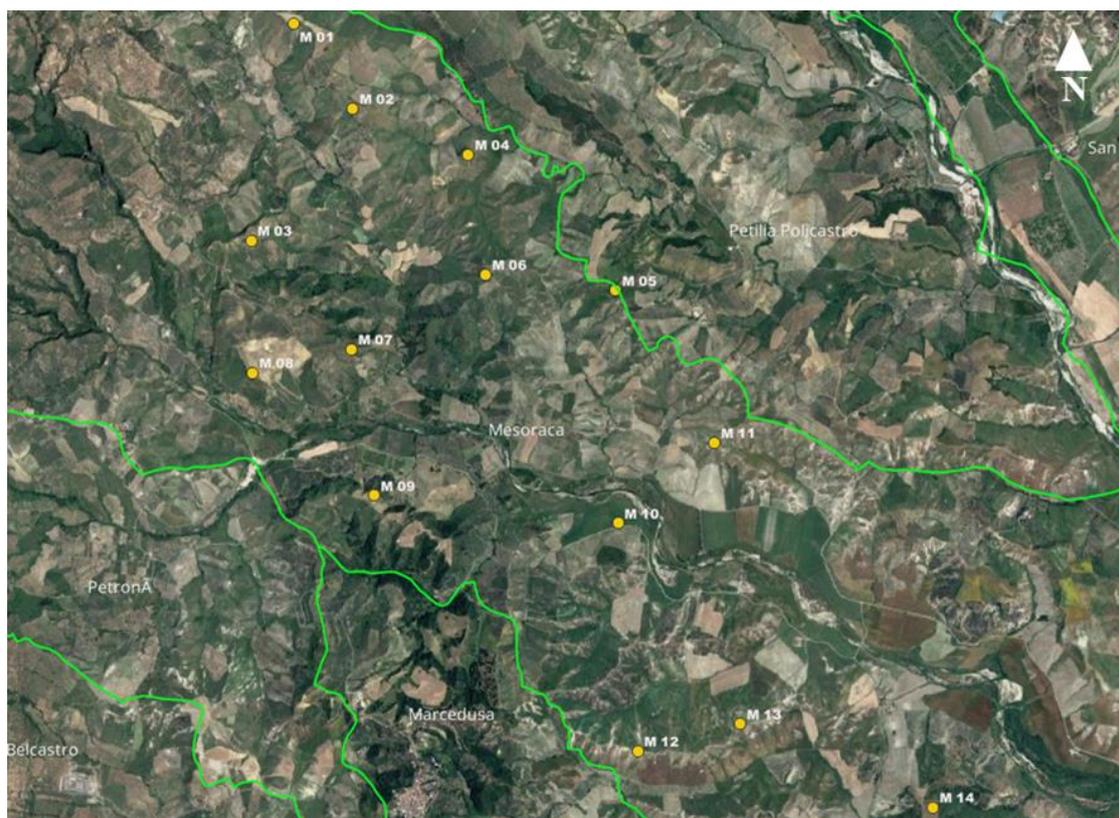


Figura 1-1 Localizzazione del campo eolico oggetto di studio

La torre dell'aerogeneratore è costituita da un tubolare tronco conico suddiviso in più sezioni per una altezza complessiva di 125 m mentre l'altezza massima dell'aerogeneratore (torre + pala) è di 206 m. Il rotore ha un diametro max pari a 162 m.

2 CENNI SUL FENOMENO DELLO SHADOW FLICKERING

Le turbine eoliche, come altre strutture fortemente sviluppate in altezza, proiettano un'ombra sulle aree adiacenti in presenza di luce solare diretta.

Il cosiddetto fenomeno del "flickering" indica l'effetto di lampeggiamento che si verifica quando le pale del rotore in movimento "tagliano" la luce solare in maniera intermittente.

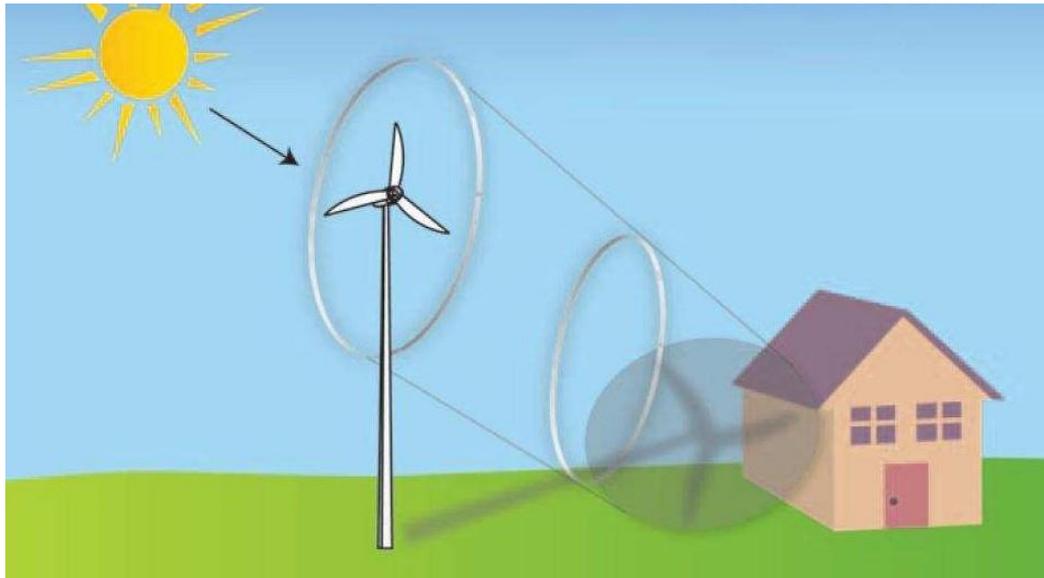


Figura 2-1 Esempio di effetto flickering

Questa variazione alternata di intensità luminosa, a lungo andare, può provocare fastidio agli occupanti delle abitazioni le cui finestre risultano esposte al fenomeno stesso. Ovviamente, tale fenomeno risulta assente sia quando il sole è oscurato da nuvole o nebbia, sia quando, in specifiche condizioni di vento, le pale del generatore non sono in rotazione.

In particolare, le frequenze che possono provocare un senso di fastidio sono comprese tra i 2,5 ed 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 di una lampada ad incandescenza sottoposta a continui sbalzi della tensione della rete di alimentazione elettrica.

Tuttavia, i più recenti aerogeneratori tripala operano ad una velocità di rotazione massima di 25 giri al minuto, corrispondente ad una frequenza di passaggio delle pale sulla verticale inferiore a 0,5 Hz, minore, quindi, della frequenza critica di 2,5 Hz.

Inoltre, i generatori di grande potenza (dal MW in su, come nel caso in oggetto) mediamente non superano la velocità di rotazione di 15 giri al minuto, corrispondente a frequenze di passaggio delle pale (0,25 Hz) ampiamente minori di quelle ritenute fastidiose per la maggioranza degli individui.

Studi condotti sui possibili effetti dello shadow flickering sulla salute umana raccomandano, al fine di ridurre al minimo i fastidi, una velocità di flickering non superiore a 3 tagli al secondo (Harding, 4

Aprile 2008). Nel caso di aerogeneratori tripala, tale frequenza si traduce in una velocità massima di rotazione del rotore di 60 rpm (rotazioni per minuto).

Le relazioni spaziali tra un aerogeneratore ed un ricettore sensibile, così come la direzione del vento, l'intensità del medesimo, la copertura del cielo, la posizione del sole (variabile nell'arco dell'anno) risultano essere fattori chiave per la esistenza e durata del fenomeno di shadow flickering.

Per distanze dell'ordine dei 500 m, il fenomeno in esame potrebbe verificarsi all'alba oppure al tramonto, ossia in quelle ore in cui le ombre risultano molto lunghe per effetto della piccola elevazione solare. Al di là di una certa distanza, in realtà l'ombra smette di essere un problema perché il rapporto tra lo spessore della pala ed il diametro del sole diventa molto piccolo.

Come è facile immaginare, la condizione più penalizzante corrisponde al caso in cui il piano del rotore risulta ortogonale alla congiungente ricettore – sole; infatti, in tali condizioni, l'ombra proiettata darà origine ad un cerchio di diametro pari al rotore del generatore eolico.

Sebbene il fenomeno possa essere percepito anche all'esterno, esso risulta evidente e fastidioso in quegli ambienti con finestrate rivolte verso le ombre.

In un'ottica generale e in relazione alle condizioni meteorologiche medie della penisola italiana, è possibile affermare che le aree soggette al fenomeno di shadow flickering non si estendono mai oltre i 500-1000 m dall'aerogeneratore e le zone a maggiore impatto ricadono solitamente entro i 300 m di distanza dalle macchine con durata del fenomeno dell'ordine delle 200 ore all'anno e non superiore in genere ai 20/30 minuti di durata nell'arco di una giornata.

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:

- avendo le pale una forma rastremata con lo 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 ricettore;
- 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 flickering risulterà meno intenso e distinto.

La tipologia di aerogeneratore prevista per l'installazione ha una velocità di rotazione massima di 12,6 rpm, nettamente inferiore alla frequenza massima raccomandata per la tutela della salute umana.

Tuttavia, una progettazione attenta è fondamentale per evitare questo fenomeno.

In relazione a ciò, si fa presente che, quale misura di prevenzione, già in fase di scelta delle aree sulle quali ubicare l'impianto si è cercato di localizzare gli aerogeneratori il più possibile distanti dall'area urbana oltreché dagli edifici abitativi e lavorativi.

3 CALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING

3.1 Descrizione del contesto territoriale

Il comune di Mesoraca si trova nella provincia di Crotona in Calabria. Il comune si estende per 94,79 km² e ha una densità abitativa di 60,91 abitanti/km². Il territorio comunale è formato da due parti, la prima nella parte bassa formata da un terreno pianeggiante e collinare che arriva ad una quota massima di 200m s.l.m. e la seconda parte che è formata da elevazioni dai 400m s.l.m. fino a quasi 1765m s.l.m.

Il comune di Petilia Policastro si trova nella provincia di Crotona in Calabria. Il comune si estende per 98,35 km² e ha una densità abitativa di 87,06 abitanti/km². Il territorio comunale è quasi del tutto montano, dominato dal monte Gariglione. Il nucleo urbano principale è collocato nell'alto bacino del fiume Tacina, su un contrafforte roccioso del versante orientale del monte Petto di Mandra (m 1681 s.l.m.), tra i maggiori rilievi della Sila Piccola.



Figura 3-1 Contesto territoriale in cui si prevede l'inserimento del campo eolico

Nello specifico, il contesto in cui il progetto si inserisce è delimitato:

- a Sud dal centro abitato di Marcedusa;
- a Nord-Ovest dal centro abitato di Mesoraca;
- a Nord dal centro abitato di Petilia Policastro.

Dalle indagini effettuate, la presenza antropica in questa porzione di territorio è molto ridotta se non per la presenza di alcuni agglomerati urbani posti, comunque, a distanza notevole dal campo eolico di progetto.

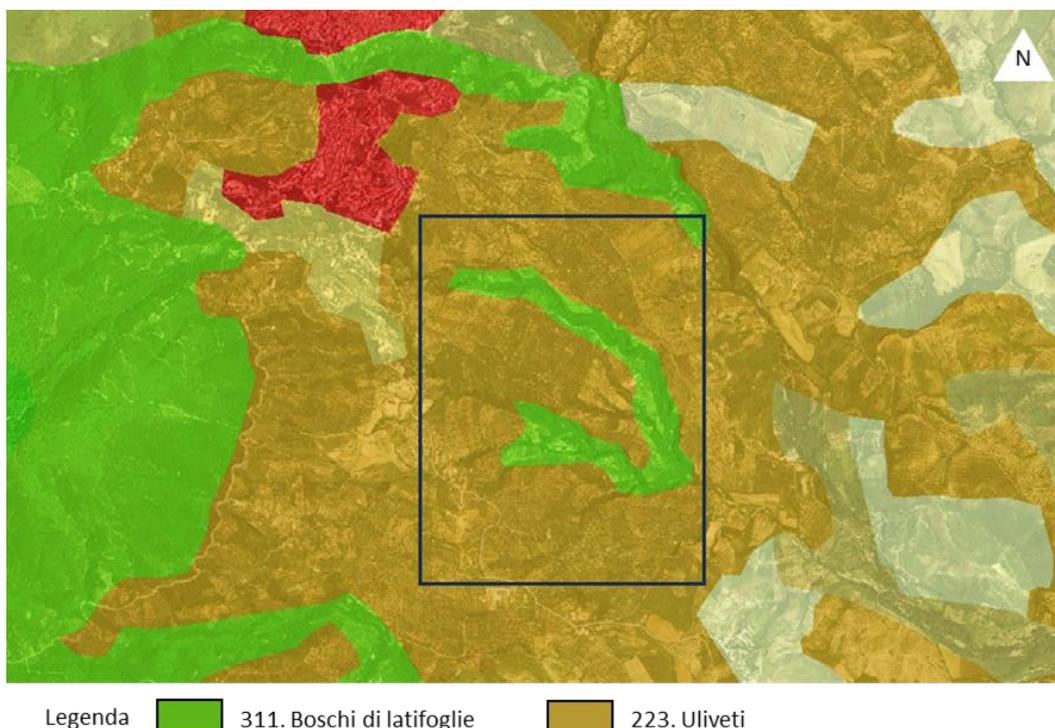


Figura 3-2 Inquadramento area di intervento su Carta uso suolo Corine Land Cover. (Fonte: Geo portale Nazionale)

In generale, l'area interessata dalla realizzazione del parco eolico è omogenea per conformazione e caratteristiche meteo-climatiche in quanto tutto l'ambito di studio ricade su territori collinari con elevazione compresa tra i 50 m e i 230 m s.l.m.

3.2 Configurazione di impianto

Nelle seguenti tabelle vengono geolocalizzati, definiti e descritti dal punto di vista tecnico gli aerogeneratori la cui installazione è prevista per il campo eolico in progetto.

Aerogeneratore	Comune	Coordinate geografiche WGS-84	
		Est (m)	Nord (m)
M01	Mesoraca	657932,926	4327645,319
M02	Mesoraca	658433,421	4326947,456

Aerogeneratore	Comune	Coordinate geografiche WGS-84	
		Est (m)	Nord (m)
M03	Mesoraca	657620,515	4325882,245
M04	Mesoraca	659366,27	4326556,822
M05	Petilia Policastro	660540,672	4325488,436
M06	Mesoraca	659492,442	4325621,051
M07	Mesoraca	658407,772	4324993,937
M08	Mesoraca	657599,296	4324864,434
M09	Mesoraca	658607,11	4323831,942
M10	Mesoraca	660557,518	4323609,027
M11	Mesoraca	661326,289	4324258,447
M12	Mesoraca	660715,514	4321776,029
M13	Mesoraca	661533,057	4321994,073
M14	Mesoraca	663079,609	4321320,506

Tabella 3-1 Coordinate geografiche puntuali aerogeneratori di progetto

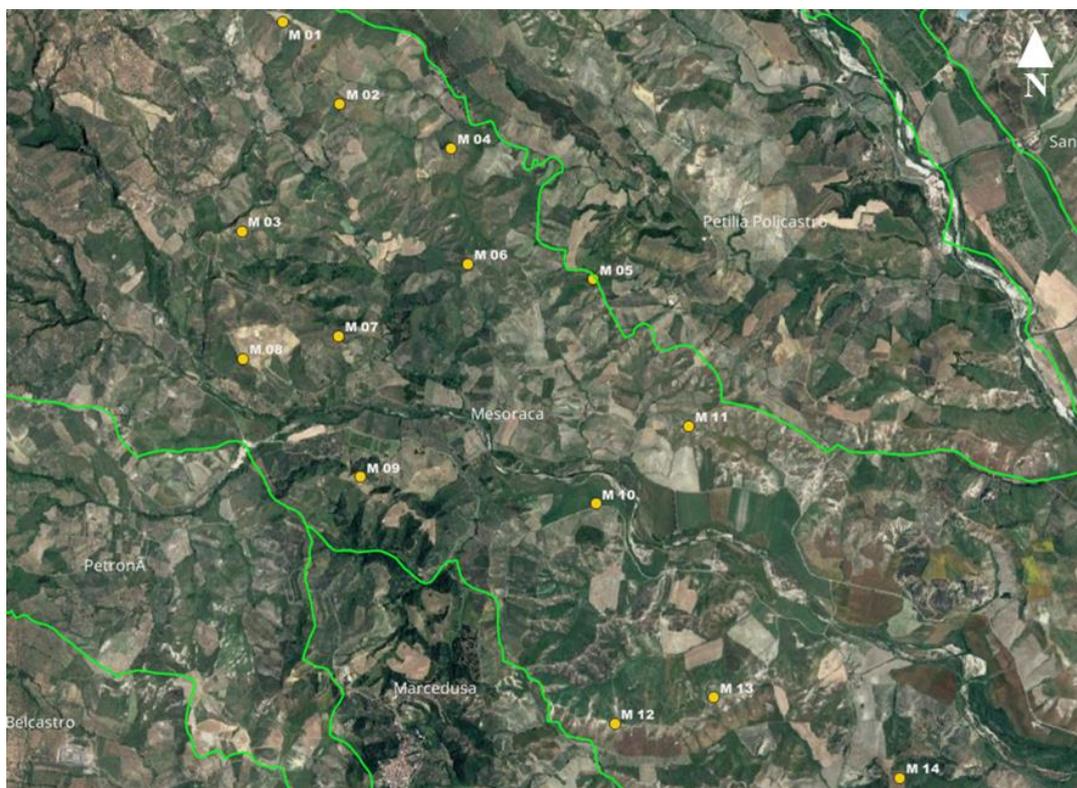


Figura 3-3 Posizione degli aerogeneratori di progetto sul territorio

Di seguito è riportata una scheda riassuntiva delle principali caratteristiche delle turbine che si intendono installare:

Potenza nominale	6,2 MW
N° aerogeneratori	14
Diametro rotore	162 m
Altezza mozzo rotore	125 m
Tipologia torre	Tubolare

Tabella 3-2 Estratto delle specifiche tecniche delle turbine che si intendono installare

3.3 Definizione dell'ambito di studio

In generale, come ambito di studio si intende la porzione di territorio che si ritiene potenzialmente interferita dalle opere in progetto nelle loro modalità di funzionamento. Di conseguenza, a ciascun aerogeneratore è stata associata un'area di potenziale interferenza dovuta al fenomeno di shadow flickering delimitata da una circonferenza avente centro nel singolo aerogeneratore e raggio pari a 1000 m.

L'ambito di studio complessivo (cfr. Figura 3-4) del parco eolico in progetto è quindi definito dall'involuppo delle 14 singole aree, ciascuna definita per ogni aerogeneratore secondo il suddetto criterio.



Figura 3-4 Ambito di studio shadow flickering per il campo eolico in progetto

In questo caso il progetto si inserisce in un contesto in cui sono presenti altri aerogeneratori esistenti. Al fine di escludere eventuali effetti cumulativi associati al fenomeno di shadow flickering, sono state individuate le turbine attualmente in esercizio ed è stata misurata la distanza di 1000 m che intercorre tra quest'ultime ed il margine dell'ambito di studio precedentemente definito.

Di seguito si riporta la localizzazione del campo eolico già presente nel comune di Petronà e del campo eolico in fase di autorizzazione situato nei comuni di Mesoraca e Marcedusa.

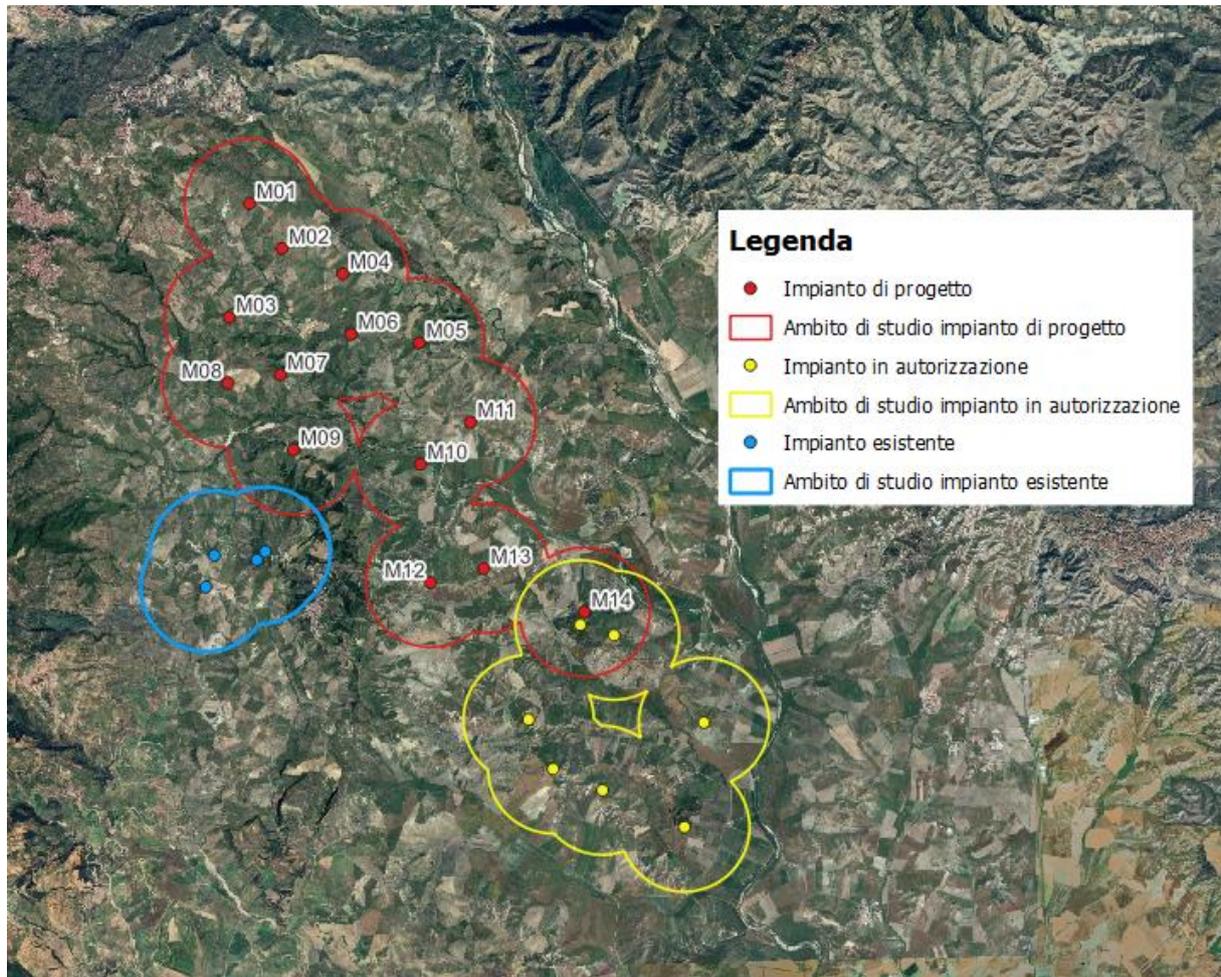


Figura 3-5 Localizzazione campo eolico esistente e campo eolico in autorizzazione

3.4 Individuazione dei ricettori

Ai fini della previsione degli impatti indotti sulle abitazioni dall'impianto eolico in progetto, sono stati censiti i ricettori presenti nel raggio di 1 km dagli aerogeneratori. Distanza oltre la quale si può ipotizzare essere nullo il fenomeno di shadow flickering.

I ricettori sono stati individuati calcolando l'involuppo delle circonferenze di raggio pari a 1 km con centro geometrico corrispondente alle coordinate geografiche degli aerogeneratori, precedentemente indicate (vedi Tabella 3-1).

Sono stati quindi censiti un totale di 203 edifici, dei quali 19 risultano essere adibiti ad uso residenziale, 1 commerciale, 1 industriale ed il restante risultano essere ruderi, box o depositi agricoli classificati come "Altri ricettori".

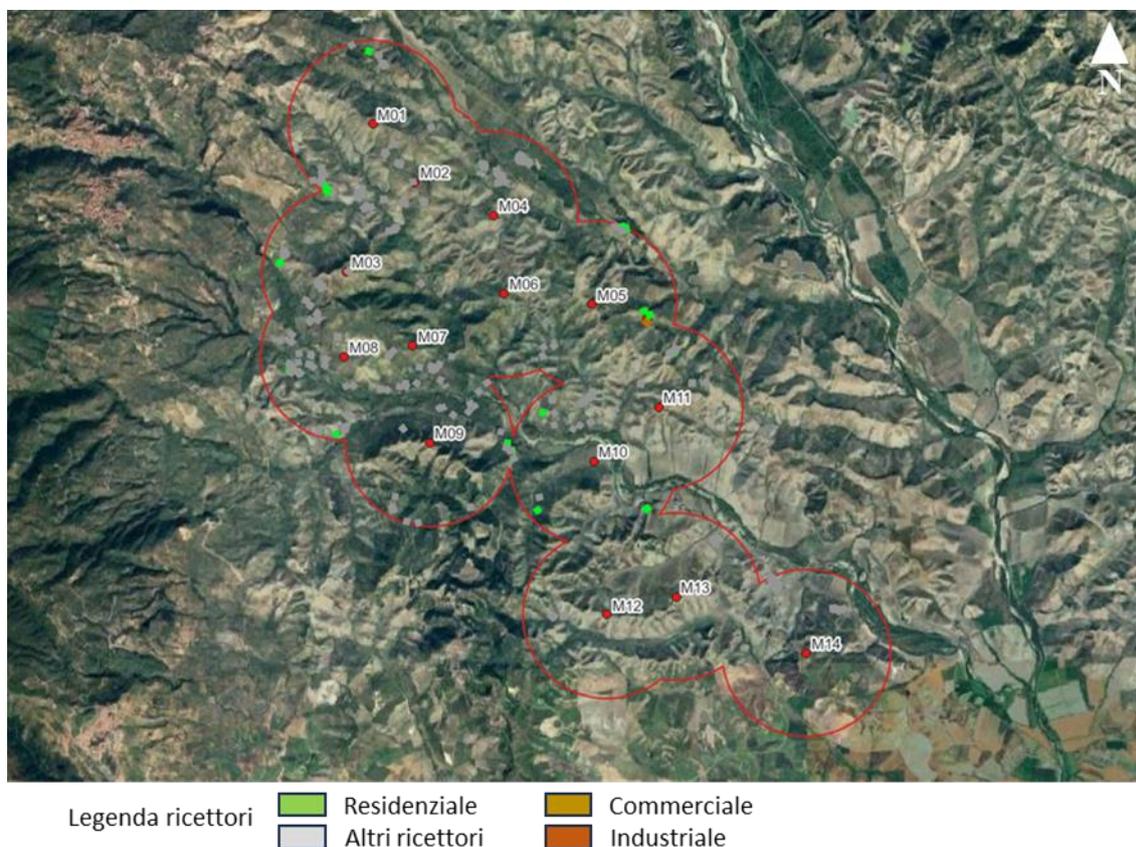


Figura 3-6 Censimento dei ricettori all'interno dell'ambito di studio dell'impianto di progetto

Sebbene il fenomeno possa essere percepito anche all'esterno, esso risulta evidente e fastidioso in quegli ambienti abitativi o lavorativi con finestrate che si trovano sul prolungamento della direttrice sole-turbina, per questo motivo, si è considerato nella simulazione la presenza di finestre di altezza 1 metro e larghezza 1 metro posizionate ad altezza dal suolo di 2 metri e disposte su tutte le facciate degli edifici.

Per lo stesso motivo, seppur censiti per completezza, sono stati esclusi dall'analisi i ricettori classificati come "Altri ricettori", commerciali ed industriali in quanto non sensibili al fenomeno indagato.

In considerazione della presenza dell'impianto eolico esistente e di quello in autorizzazione sopra descritti, è stata definita un'area di potenziale interferenza tra tali impianti sovrapponendo le due aree di inviluppo delle circonferenze aventi centro nel singolo aerogeneratore e raggio pari a 1000 m. Da tale sovrapposizione è stato possibile individuare la zona in cui sono possibili effetti cumulativi del fenomeno di ombreggiamento e, conseguentemente, determinare quali recettori potrebbero subirne gli effetti.

Dalla Figura 3-7 si evince come nell'intersezione dell'ambito di studio di progetto con i due ambiti di studio degli eolici esistenti e in autorizzazione non siano presenti ricettori residenziali potenzialmente sensibili ad eventuali effetti cumulativi prodotti dalla presenza dei diversi impianti eolici. Pertanto, a tal proposito non sono state fatte ulteriori analisi.

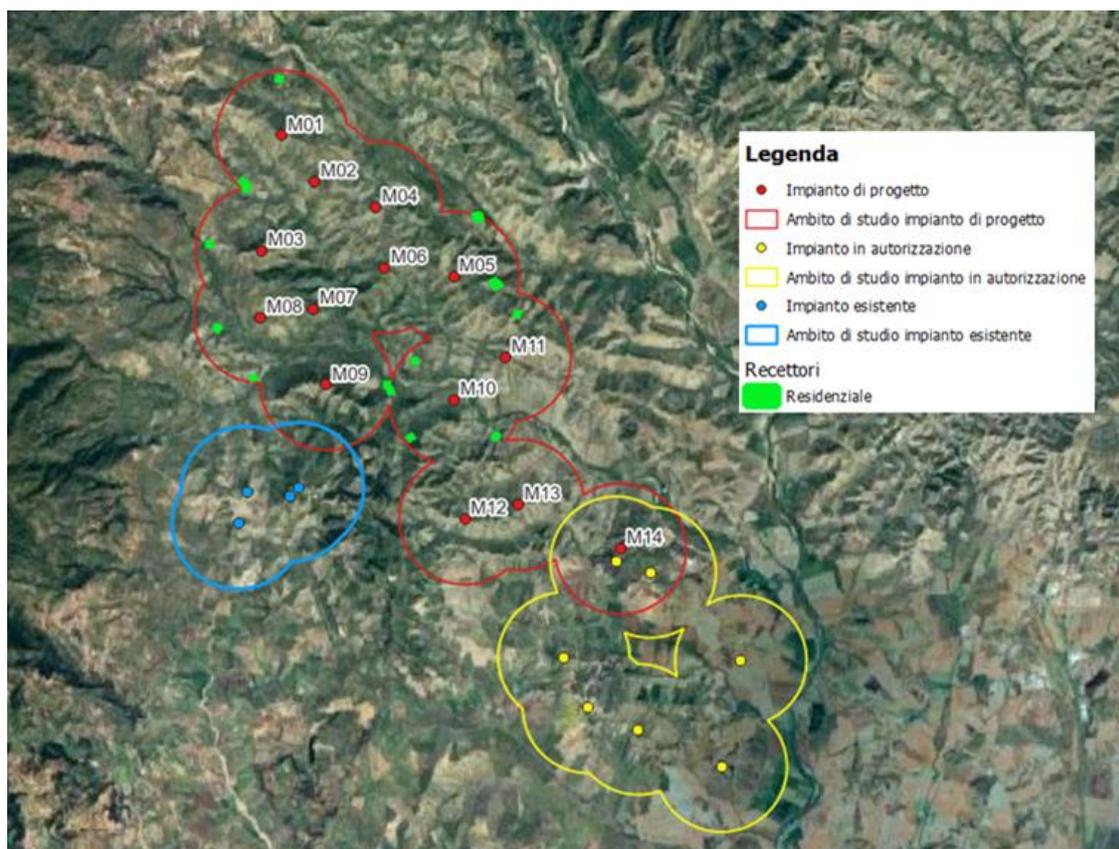


Figura 3-7 Intersezione ambiti di studio

In Appendice A sono riportati i riferimenti geografici, l'uso in atto dei fabbricati, la distanza dall'aerogeneratore più vicino e l'orientamento delle finestre ipotizzato. Le celle evidenziate in tabella

rappresentano i ricettori per i quali è stata eseguita l'analisi dell'interferenza da shadow flickering in quanto a destinazione d'uso residenziale.



Figura 3-8 Esempio di identificazione dell'orientamento delle finestre dei ricettori

Data l'entità dei ricettori in studio, è stata ipotizzata una disposizione fissa delle finestre rispetto al nord pari a 0, 90, 180 e 270 gradi. In questo modo sono state prese in considerazione tutte le possibili esposizioni delle finestrate al fenomeno di shadow flickering, rendendo i risultati dell'analisi ancor più cautelativi e completi.

3.5 Metodologia di calcolo del software utilizzato

L'analisi dell'impatto da shadow flickering prodotto da un campo eolico è realizzata, generalmente, attraverso l'impiego di specifici applicativi che modellano il fenomeno in esame. I pacchetti software impiegati per la progettazione di impianti eolici contengono moduli specifici per il calcolo e l'analisi del fenomeno di flickering.

L'analisi si basa sull'impiego di un modello digitale del terreno dell'area oggetto di progettazione, sulle posizioni (E, N, quota) degli aerogeneratori e dei ricettori sensibili, nonché sui dati che correlano la posizione del sole nell'arco dell'anno con le condizioni operative delle turbine nello stesso arco di tempo.

Al fine di calcolare la posizione relativa del sole nell'arco di un anno rispetto al parco eolico ed ai ricettori è necessario definire la longitudine, la latitudine ed il fuso orario dell'area interessata dal progetto.

Nello specifico, la valutazione tecnica è stata eseguita con l'ausilio del software WindFarm 5 della ReSoft Ltd, software di simulazione specifico per la progettazione di impianti eolici.



Figura 3-9 Stralcio dell'area di studio in Windfarm: ricettori (verde) e aerogeneratori (rosso)

Il Software consente di analizzare la posizione del sole nell'arco di un anno per identificare i tempi in cui ogni turbina può proiettare ombre sulle finestre degli edifici vicini. In particolare, il modello permette di:

- calcolare il potenziale per le ombre intermittenti alle finestre delle abitazioni;
- creare mappe di impatto potenziale che mostrano le ore d'ombra intermittente per l'intero parco eolico o per le singole macchine (curve di isodurata) nell'arco dell'anno.

Il software utilizza una serie di dati di input caratterizzanti quali:

- l'altimetria della zona simulata (formato GTH, vedi Figura 3-10);
- la disposizione geografica delle turbine e dimensione geometrica dei loro componenti (torre e pale);
- la disposizione geografica dei ricettori sensibili al fenomeno indagato (abitazioni/edifici lavorativi e relative finestre);
- la latitudine e longitudine dell'area interessata.

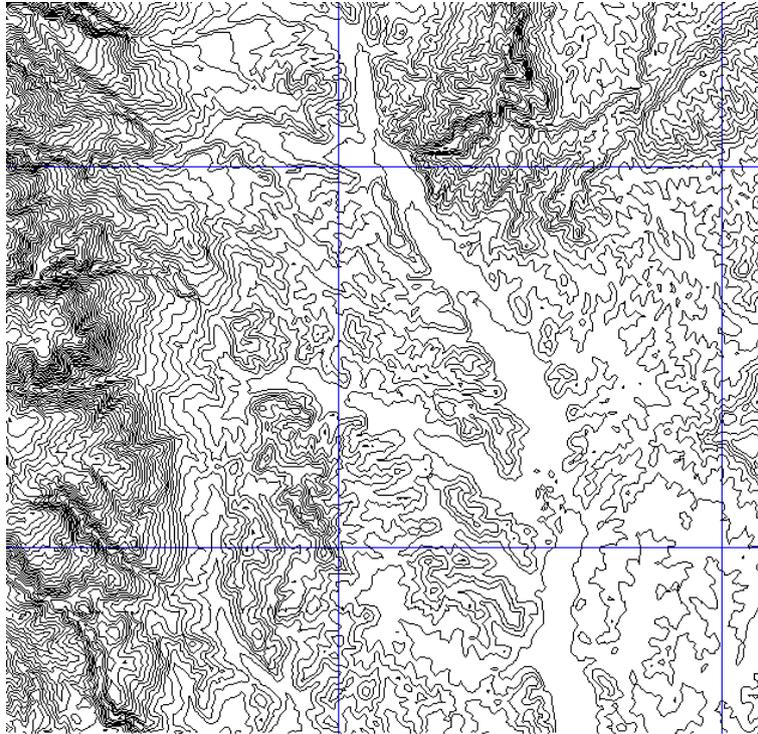


Figura 3-10 Esempio di curve di livello del terreno in WindFarm

Sulla base di questi dati il software calcola il numero di ore annue di esposizione allo shadow flickering per ciascun nodo del grigliato che copre l'intera area, nonché il numero di ore di esposizione per gli ambienti abitativi/lavorativi attraverso le finestre.

SUMMARY OF MERGED SHADOW TIMES ON EACH HOUSE FROM ALL TURBINES						
House	Easting	Northing	Days per year	Max hours per day	Mean hours per day	Total hours
1	656832	4325988	129	0.80	0.35	44.51
2	656943	4324706	179	0.92	0.66	118.55
3	656953	4324694	177	0.93	0.67	118.11
4	657191	4325476	0	0.00	0.00	0.00
5	657340	4326941	48	0.60	0.47	22.40
6	657391	4326864	79	0.63	0.40	31.73
7	657390	4326838	80	0.63	0.40	32.32
8	657501	4323938	45	0.59	0.45	20.42
9	657518	4325101	198	2.27	1.53	302.29
10	657887	4328516	0	0.00	0.00	0.00
11	658033	4324476	76	0.73	0.63	47.97
12	658253	4324504	39	0.51	0.43	16.69
13	658888	4324167	134	1.68	1.01	135.97
14	659533	4323833	117	0.97	0.56	66.08
15	659587	4323739	117	1.01	0.60	70.58
16	659889	4323028	0	0.00	0.00	0.00
17	659952	4324195	154	0.60	0.35	54.53
18	660520	4324080	119	0.81	0.54	64.31
19	660890	4326416	82	0.44	0.27	22.46
20	660928	4326390	78	0.43	0.27	20.74
21	661154	4325405	136	1.09	0.74	100.10
22	661187	4325354	143	0.95	0.74	106.09
23	661187	4323043	0	0.00	0.00	0.00
24	661220	4325358	145	0.94	0.66	95.34
25	661513	4324915	0	0.00	0.00	0.00

Figura 3-11 Esempio di output elaborato tramite WindFarm5

Per l'esecuzione della simulazione sono stati fissati i seguenti parametri:

- coordinate geografiche baricentriche (UTM): 659675 m - Est, 4324325 m-Nord;
- coordinate geografiche delle turbine considerate (vedi Tabella 3-1);
- coordinate geografiche dei ricettori considerati e disposizione delle finestre;
- risoluzione di calcolo: 10 m;
- raggio d'influenza massimo: 1 km dal punto di installazione dell'aerogeneratore;
- altezza del punto di vista dell'osservatore: 2 m;
- parametri turbina (cfr. Tabella 3-2):
 - diametro rotore: 162 m,
 - altezza torre: 125 m,
 - larghezza media della pala: 3 m.

Il modello numerico utilizzato, produce in output una mappa di impatto, e prende in considerazione un caso molto cautelativo, relativo ad una configurazione puramente teorica, che vede la costante e contemporanea presenza dei fattori di attivazione del fenomeno, ossia sole scevro da nubi (potenzialità di generare ombre) e velocità del vento superiore a quella di cut-in (rotore in moto).

Di seguito vengono riportate tutte le ipotesi utilizzate per il calcolo del fenomeno di shadow flickering effettuato tramite il software WindFarm:

- il sole splende per tutta la giornata, dall'alba al tramonto (cioè, si è sempre in assenza di copertura nuvolosa);
- il piano di rotazione delle pale è sempre perpendicolare alla direttrice sole - aerogeneratore (ovvero l'aerogeneratore "insegue" il sole);
- gli aerogeneratori sono sempre operativi;
- non sono presenti alberi o altri ostacoli che, intercettando l'ombra degli aerogeneratori, riducano o annullino l'effetto di flickering.

Ciò considerato si evince che i risultati ai quali si perverrà sono estremamente cautelativi, trattandosi di una stima puramente teorica. Allo scopo di pervenire a valori più realistici, prossimi al caso reale, è stato corretto il dato di output prendendo in considerazione l'eliofania locale e le ore stimate di funzionamento dell'impianto eolico nell'arco dell'anno.

Nel caso in analisi, sapendo che il tempo in cui il sole permane al di sopra dell'orizzonte nell'arco dell'anno è di circa 4380 ore; tenendo conto dell'eliofania media locale (3669 h/anno), ovvero il numero di ore in cui il cielo è libero da nubi durante il giorno e a partire dalle registrazioni anemometriche relative alla stazione meteorologica più vicina all'area di studio e climaticamente compatibile, ovvero quella di Crotona (KR), si è stimato che l'impianto eolico sarà in funzione per circa il 60% del tempo nell'arco dell'anno, corrispondente a 2633 ore.

Nella seguente figura è riportato uno stralcio della mappa ottenuta dal software Windfarm; si sottolinea che tale mappa è stata realizzata utilizzando i dati output relativi al caso peggiore.

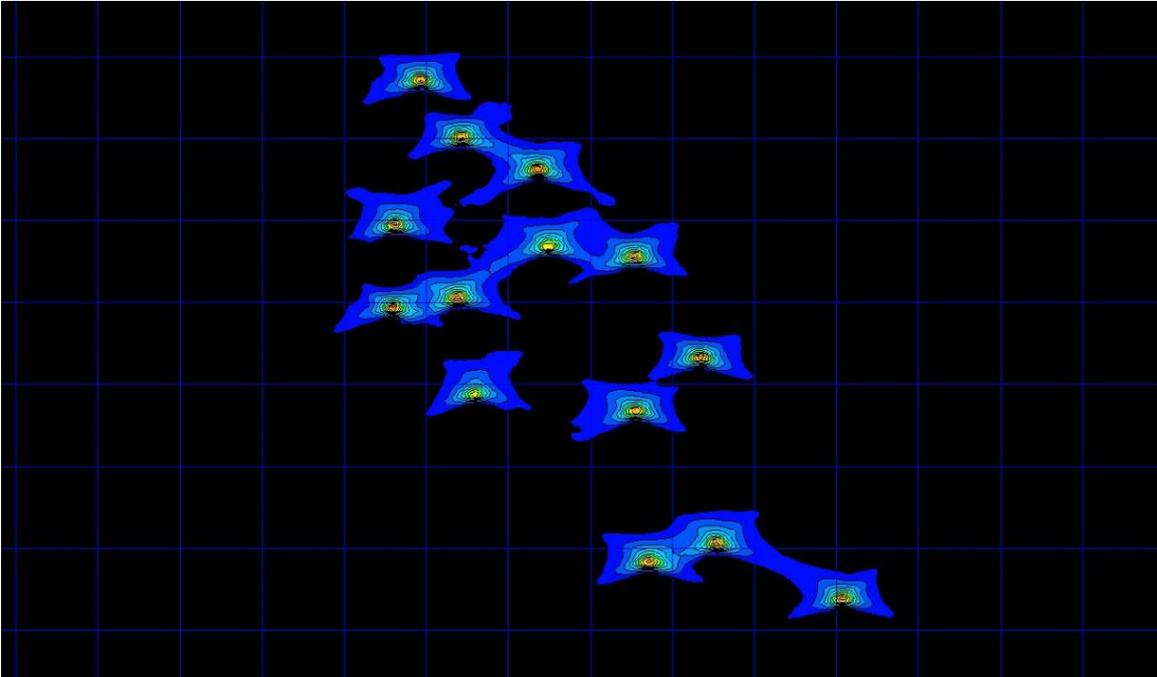


Figura 3-12 Stralcio dell'output restituito dal software WindFarm

In definitiva, i valori calcolati dal modello numerico (ore di ombreggiamento intermittente all'anno) sono desunti in funzione della probabilità composta di avere contemporaneamente l'occorrenza di rotore in moto (vento) e sole libero da nubi (ombre), fenomeni, questi ultimi, stocasticamente indipendenti.

3.6 Risultati

La seguente tabella riassume i risultati dell'analisi eseguita considerando il parco eolico di progetto, sui 19 ricettori residenziali preliminarmente individuati, secondo la metodologia di calcolo descritta nel paragrafo precedente.

Ricettore	Caso peggiore		Caso reale [ore/anno]
	Giorni /anno	Ore /anno	
R1	129	45	27
R8	179	119	71
R10	177	118	71
R49	48	22	13
R56	79	32	19
R57	80	32	19
R59	45	20	12
R78	0	0	0
R144	117	66	40
R146	117	71	42
R153	0	0	0
R156	154	55	33
R177	82	22	13
R180	78	21	12
R182	136	100	60
R184	143	106	64
R186	0	0	0
R188	145	95	57
R190	0	0	0

Tabella 3-3 Risultati di calcolo – Impianto di progetto

Nella Tabella 3-3 vengono riportati il numero di giorni e di ore in cui è fisicamente possibile che il fenomeno si presenti (caso peggiore) e il valore reale atteso di ore l'anno in cui il fenomeno potrebbe presentarsi (caso reale). A tal proposito è importante sottolineare che anche il caso reale, calcolato tenendo conto dell'eliofania locale e delle ore di funzionamento dell'impianto, è comunque un valore cautelativo in quanto nella stima non si è tenuto conto degli effetti mitigativi dovuti al piano di rotazione delle pale non sempre ortogonale alla direttrice sole-finestra e all'eventuale presenza di ostacoli e/o vegetazione interposti tra il sole e la finestra.

Sempre dalla Tabella 3-3 si evince che dei 19 ricettori analizzati quelli interessati dal fenomeno di shadow flickering sono 15, e nessuno presenta un superamento delle 100 ore/anno, per tale motivo l'interferenza della componente in esame può ritenersi trascurabile.

4 CONCLUSIONI

A seguito di quanto descritto nei paragrafi precedenti si può concludere che, pur considerando una stima cautelativa, in quanto non si è tenuto conto degli effetti mitigativi dovuti al piano di rotazione delle pale non sempre ortogonale alla direttrice sole-finestra e all'eventuale presenza di ostacoli e/o vegetazione interposti tra il sole e la finestra, il fenomeno dello shadow flickering si può verificare su 15 dei 19 ricettori considerati ai fini dell'analisi (vedi Tabella 3-3).

L'incidenza di tale fenomeno sulla qualità della vita può ritenersi trascurabile in quanto, il valore di durata simulato ed atteso del fenomeno è per tutti i casi inferiore al valore di riferimento pari a 100 ore l'anno.

Se si rapporta tale valore a quello di eliofania media locale dell'area (3669 ore/anno) si avrebbe un'incidenza percentuale del fenomeno mediamente dell'1%.

A tali considerazioni va altresì sottolineato che:

- la velocità massima di rotazione della turbina è 12,6 rotazioni al minuto, quindi nettamente inferiore a 60 rpm, frequenza massima raccomandata al fine di ridurre al minimo i fastidi e soddisfare le condizioni di benessere;
- le turbine in progetto sono lontane dai ricettori residenziali analizzati, essendo le distanze comprese tra 500 m e 985 m, tutti i ricettori sono localizzati a più di 500 metri di distanza. In tali circostanze l'effetto dell'ombra è trascurabile poiché il rapporto tra lo spessore della pala e la distanza dal ricettore è molto ridotto.

Stante tutto quanto sopra riportato è possibile concludere come l'interferenza della componente in esame, relativa allo shadow flickering, sui ricettori presi in considerazione possa considerarsi trascurabile.

5 APPENDICE A

Ricettore	Tipologia	Distanza da aerogeneratore [m]	Coordinate UTM	
			Long E [m]	Lat N [m]
R1	Residenziale	795,77	656831,77	4325987,80
R2	Altri ricettori	788,93	656836,76	4325972,43
R3	Altri ricettori	786,12	656837,68	4325059,19
R4	Altri ricettori	770,99	656876,56	4326084,63
R5	Altri ricettori	782,76	656876,72	4326126,13
R6	Altri ricettori	761,61	656892,23	4326105,07
R7	Altri ricettori	663,87	656940,29	4324784,19
R8	Residenziale	675,04	656943,02	4324706,38
R9	Altri ricettori	657,63	656950,26	4324758,48
R10	Residenziale	668,69	656952,70	4324693,95
R11	Altri ricettori	669,31	656957,80	4324673,48
R12	Altri ricettori	656,84	656966,68	4325041,17
R13	Altri ricettori	650,67	656972,16	4324691,01
R14	Altri ricettori	675,48	656976,60	4325126,21
R15	Altri ricettori	630,77	656979,66	4324746,44
R16	Altri ricettori	590,56	657034,41	4324692,22
R17	Altri ricettori	553,60	657050,05	4324795,13
R18	Altri ricettori	583,15	657052,10	4324662,84
R19	Altri ricettori	542,18	657058,39	4324901,56
R20	Altri ricettori	576,71	657060,53	4324658,71
R21	Altri ricettori	556,95	657079,00	4324665,73
R22	Altri ricettori	909,66	662738,32	4322163,71
R23	Altri ricettori	620,92	663396,91	4321854,23
R24	Altri ricettori	627,02	663421,89	4321845,86
R25	Altri ricettori	593,39	657136,72	4325538,65
R26	Altri ricettori	638,32	663465,36	4321829,09
R27	Altri ricettori	435,56	657173,18	4324774,22
R28	Altri ricettori	589,51	657176,71	4326270,26
R29	Altri ricettori	592,52	657187,42	4325290,39
R30	Altri ricettori	591,55	657190,93	4325475,56
R31	Altri ricettori	404,97	657194,95	4324886,91
R32	Altri ricettori	398,32	657201,13	4324875,61

Ricettore	Tipologia	Distanza da aerogeneratore [m]	Coordinate UTM	
			Long E [m]	Lat N [m]
R33	Altri ricettori	671,22	657209,72	4324317,84
R34	Altri ricettori	977,89	657223,96	4326971,80
R35	Altri ricettori	394,48	657224,68	4324740,83
R36	Altri ricettori	608,26	657272,52	4325383,36
R37	Altri ricettori	376,17	657278,40	4325725,85
R38	Altri ricettori	360,44	657281,93	4325758,66
R39	Altri ricettori	551,89	657282,91	4325316,63
R40	Altri ricettori	942,76	657280,86	4323977,08
R41	Altri ricettori	949,40	657290,52	4323966,64
R42	Altri ricettori	349,62	657305,91	4325729,74
R43	Altri ricettori	363,81	657315,67	4325683,68
R44	Altri ricettori	904,40	657319,21	4326981,03
R45	Altri ricettori	920,52	657321,90	4326956,83
R46	Altri ricettori	828,84	657328,52	4327078,16
R47	Altri ricettori	803,64	657329,26	4327114,82
R48	Altri ricettori	837,97	657335,59	4327057,63
R49	Residenziale	921,17	657339,80	4326940,52
R50	Altri ricettori	330,83	657340,93	4325705,39
R51	Altri ricettori	844,73	657340,57	4327043,08
R52	Altri ricettori	848,11	657345,07	4327034,00
R53	Altri ricettori	335,36	657344,93	4325691,15
R54	Altri ricettori	256,38	657366,12	4324757,86
R55	Altri ricettori	224,23	657377,59	4324830,85
R56	Residenziale	951,12	657391,11	4326863,60
R57	Residenziale	972,54	657390,05	4326838,40
R58	Altri ricettori	944,59	657424,92	4326848,97
R59	Residenziale	931,55	657500,51	4323938,14
R60	Altri ricettori	250,47	657517,52	4325101,18
R61	Altri ricettori	875,64	657593,30	4323988,82
R62	Altri ricettori	840,27	657609,28	4324024,22
R63	Altri ricettori	352,99	657615,96	4324511,83
R64	Altri ricettori	699,29	657618,43	4324165,41
R65	Altri ricettori	26,63	657646,87	4325886,01

Ricettore	Tipologia	Distanza da aerogeneratore [m]	Coordinate UTM	
			Long E [m]	Lat N [m]
R66	Altri ricettori	711,04	657674,06	4324157,33
R67	Altri ricettori	974,62	657683,63	4328587,52
R68	Altri ricettori	360,54	657702,62	4324519,02
R69	Altri ricettori	699,25	657752,17	4326789,85
R69	Altri ricettori	701,78	657745,57	4326808,36
R71	Altri ricettori	695,68	657762,90	4326762,06
R72	Altri ricettori	685,93	657770,34	4326771,89
R73	Altri ricettori	630,38	657807,40	4326873,38
R74	Altri ricettori	675,25	657833,54	4326637,44
R75	Altri ricettori	653,53	657850,83	4326651,33
R76	Altri ricettori	635,72	657863,43	4326665,94
R77	Altri ricettori	634,10	657872,51	4326651,71
R78	Residenziale	871,40	657887,15	4328515,52
R79	Altri ricettori	616,00	657893,71	4326650,53
R80	Altri ricettori	298,53	657894,66	4326000,42
R81	Altri ricettori	596,38	657915,33	4326652,07
R82	Altri ricettori	831,50	658006,53	4328473,56
R83	Altri ricettori	581,95	658032,83	4324476,22
R84	Altri ricettori	735,19	658046,29	4328371,71
R85	Altri ricettori	420,23	658065,75	4326743,97
R86	Altri ricettori	382,55	658070,76	4327288,47
R87	Altri ricettori	715,08	658077,68	4328345,60
R88	Altri ricettori	370,15	658083,91	4327307,37
R89	Altri ricettori	388,94	658086,48	4327287,97
R90	Altri ricettori	607,08	658107,88	4324466,11
R91	Altri ricettori	658,40	658121,97	4326367,38
R92	Altri ricettori	310,60	658122,78	4324870,45
R93	Altri ricettori	903,61	658171,05	4323040,51
R94	Altri ricettori	240,68	658175,38	4324931,33
R95	Altri ricettori	614,88	658192,16	4326381,89
R96	Altri ricettori	757,69	658200,73	4323192,44
R97	Altri ricettori	361,93	658206,96	4327408,89
R98	Altri ricettori	579,21	658213,74	4326411,53

Ricettore	Tipologia	Distanza da aerogeneratore [m]	Coordinate UTM	
			Long E [m]	Lat N [m]
R99	Altri ricettori	303,55	658236,99	4327178,88
R100	Altri ricettori	513,81	658252,59	4324504,12
R101	Altri ricettori	282,44	658256,03	4327167,23
R102	Altri ricettori	277,06	658286,44	4326712,59
R103	Altri ricettori	358,05	658293,94	4324005,50
R104	Altri ricettori	276,06	658299,27	4326706,18
R105	Altri ricettori	283,31	658320,05	4326687,82
R106	Altri ricettori	487,60	658324,21	4324513,55
R107	Altri ricettori	457,66	658323,57	4324544,09
R108	Altri ricettori	975,88	658336,09	4322894,45
R109	Altri ricettori	21,95	658412,51	4326954,13
R110	Altri ricettori	450,42	658453,68	4324545,86
R111	Altri ricettori	962,06	658471,90	4322879,43
R112	Altri ricettori	268,68	658488,16	4324737,56
R113	Altri ricettori	750,68	658505,94	4325738,17
R114	Altri ricettori	246,47	658530,21	4326720,78
R115	Altri ricettori	270,22	658549,98	4326703,67
R116	Altri ricettori	685,36	658627,44	4327604,78
R117	Altri ricettori	325,47	658625,94	4324752,41
R118	Altri ricettori	371,96	658640,42	4324703,72
R119	Altri ricettori	372,15	658672,00	4324731,86
R120	Altri ricettori	384,44	658687,63	4324730,36
R121	Altri ricettori	383,44	658721,71	4324773,77
R122	Altri ricettori	433,02	658725,61	4324248,43
R123	Altri ricettori	526,95	658737,48	4324582,88
R124	Altri ricettori	452,46	658767,73	4324254,93
R125	Altri ricettori	483,28	658873,60	4324865,24
R126	Altri ricettori	436,86	658887,67	4324166,81
R127	Altri ricettori	594,56	659069,54	4324205,66
R128	Altri ricettori	908,97	659092,31	4323063,30
R129	Altri ricettori	668,05	659091,69	4324291,81
R130	Altri ricettori	677,60	659095,90	4324301,22
R131	Altri ricettori	687,32	659140,14	4324265,86

Ricettore	Tipologia	Distanza da aerogeneratore [m]	Coordinate UTM	
			Long E [m]	Lat N [m]
R132	Altri ricettori	848,20	659191,23	4324446,96
R133	Altri ricettori	603,34	659247,33	4327148,33
R134	Altri ricettori	985,44	659288,23	4324551,35
R135	Altri ricettori	688,56	663524,13	4321846,36
R136	Altri ricettori	530,42	659404,41	4327085,87
R137	Altri ricettori	491,71	659418,52	4327045,75
R138	Altri ricettori	386,52	659417,95	4326939,87
R139	Altri ricettori	472,19	659459,03	4327019,81
R140	Altri ricettori	856,82	659453,75	4323963,63
R141	Altri ricettori	417,42	659489,80	4326955,54
R142	Altri ricettori	415,77	659515,15	4326945,02
R143	Altri ricettori	912,72	659518,12	4323776,07
R144	Residenziale	925,85	659532,96	4323833,01
R145	Altri ricettori	974,12	659576,80	4323739,16
R146	Residenziale	979,33	659586,85	4323738,95
R147	Altri ricettori	950,87	659607,35	4323645,54
R148	Altri ricettori	737,44	659678,27	4327225,01
R149	Altri ricettori	776,69	659692,73	4327261,57
R150	Altri ricettori	743,41	659713,05	4327214,39
R151	Altri ricettori	747,30	659787,48	4327174,11
R152	Altri ricettori	764,84	659787,61	4327195,15
R153	Residenziale	885,80	659888,56	4323028,39
R154	Altri ricettori	774,02	659911,65	4323182,45
R155	Altri ricettori	854,99	659948,04	4324872,16
R156	Residenziale	842,68	659951,62	4324194,69
R157	Altri ricettori	771,58	659961,82	4324978,27
R158	Altri ricettori	896,75	660060,18	4324355,23
R159	Altri ricettori	642,95	660072,80	4321758,51
R160	Altri ricettori	883,26	660069,98	4324345,53
R161	Altri ricettori	674,72	660084,16	4324991,60
R162	Altri ricettori	644,71	660085,07	4324047,71
R163	Altri ricettori	744,10	660091,11	4324188,81
R164	Altri ricettori	517,22	660198,47	4321762,38

Ricettore	Tipologia	Distanza da aerogeneratore [m]	Coordinate UTM	
			Long E [m]	Lat N [m]
R165	Altri ricettori	462,93	660309,14	4323999,69
R166	Altri ricettori	463,46	660391,89	4324041,88
R167	Altri ricettori	722,32	660424,88	4324319,07
R168	Altri ricettori	722,06	660443,33	4324322,00
R169	Altri ricettori	757,13	660492,09	4324363,33
R170	Altri ricettori	782,10	660518,93	4324390,17
R171	Altri ricettori	472,75	660520,00	4324080,28
R172	Altri ricettori	807,52	660538,66	4324436,54
R173	Altri ricettori	969,74	660805,72	4326421,25
R174	Altri ricettori	505,85	660820,94	4324235,96
R175	Altri ricettori	969,12	660839,77	4326410,24
R176	Altri ricettori	958,10	660881,75	4326383,77
R177	Residenziale	990,68	660889,80	4326415,56
R178	Altri ricettori	964,61	660895,96	4326385,23
R179	Altri ricettori	955,36	660905,09	4326371,56
R180	Residenziale	980,67	660927,68	4326389,51
R181	Altri ricettori	349,93	661115,49	4324537,76
R182	Residenziale	618,81	661153,88	4325405,40
R183	Industriale	674,53	661192,50	4325314,90
R184	Residenziale	659,63	661186,52	4325354,32
R185	Commerciale	679,10	661185,06	4325274,11
R186	Residenziale	846,21	661186,98	4323043,48
R187	Altri ricettori	693,60	661218,85	4325342,97
R188	Residenziale	691,24	661219,53	4325358,17
R189	Altri ricettori	666,21	661463,13	4324910,45
R190	Residenziale	683,01	661513,12	4324915,41
R191	Altri ricettori	721,26	661527,99	4324950,94
R192	Altri ricettori	491,58	661724,16	4324547,16
R193	Altri ricettori	631,06	661883,55	4324554,58
R194	Altri ricettori	813,26	661981,90	4322672,25
R195	Altri ricettori	808,94	662002,94	4322652,55
R196	Altri ricettori	853,16	662019,63	4322694,89
R197	Altri ricettori	997,60	662660,34	4322225,73

Ricettore	Tipologia	Distanza da aerogeneratore [m]	Coordinate UTM	
			Long E [m]	Lat N [m]
R198	Altri ricettori	918,15	662677,80	4322146,06
R199	Altri ricettori	928,75	662678,11	4322157,99
R200	Altri ricettori	948,54	662679,29	4322180,43
R201	Altri ricettori	872,81	662706,67	4322109,63
R202	Altri ricettori	845,78	662716,94	4322084,58
R203	Altri ricettori	872,52	662743,57	4322125,72