

REGIONE
SICILIA



PROVINCIA DI
AGRIGRENTO



PROVINCIA DI
PALERMO



Committente:

Eni Plenitude Technical Services S.r.l.
Via Dismano 1280
47522 Cesena (FC)

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO

Titolo del Progetto:

PARCO EOLICO "SAMBUCA"

Elaborato:

Report Shadow Flickering

PROGETTO	DISCIPLINA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	SCALA
W-SAM	A	RE		08	-

NOME FILE:

W-SAM-A-RE-08_Report shadow flickering

Progettazione:



Ing. Mauro Di Prete

Rev:	Prima Emissione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	12/2023	PRIMA EMISSIONE	IRIDE	GEMSA PRO	Eni Plenitude Technical Services S.r.l.

Indice

1	Premessa	3
2	Cenni sul fenomeno dello shadow flickering.....	3
3	Calcolo dello shadow flickering.....	6
3.1	<i>Descrizione del contesto territoriale.....</i>	<i>6</i>
3.1.1	<i>Configurazione di impianto.....</i>	<i>7</i>
3.2	<i>Definizione dell'ambito di studio.....</i>	<i>9</i>
3.3	<i>Individuazione dei ricettori</i>	<i>10</i>
3.4	<i>Metodologia di calcolo del software utilizzato</i>	<i>12</i>
3.5	<i>Risultati</i>	<i>19</i>
4	Conclusioni	22
5	Appendice A	24

1 PREMESSA

Nei Comuni di Sambuca di Sicilia (AG), Contessa Entellina (PA) e Santa Margherita di Belice (AG) è prevista la realizzazione di un campo eolico costituito da 20 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 4,5 MW.



Figura 1-1 Localizzazione del campo eolico oggetto di studio

La tipologia di macchina impiegata è di tipo ad asse orizzontale in cui il sostegno, ovvero una torre tubolare con altezza pari a 119 m, porta alla sua sommità la navicella, al cui lato esterno è collegata un rotore di diametro di 163 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.

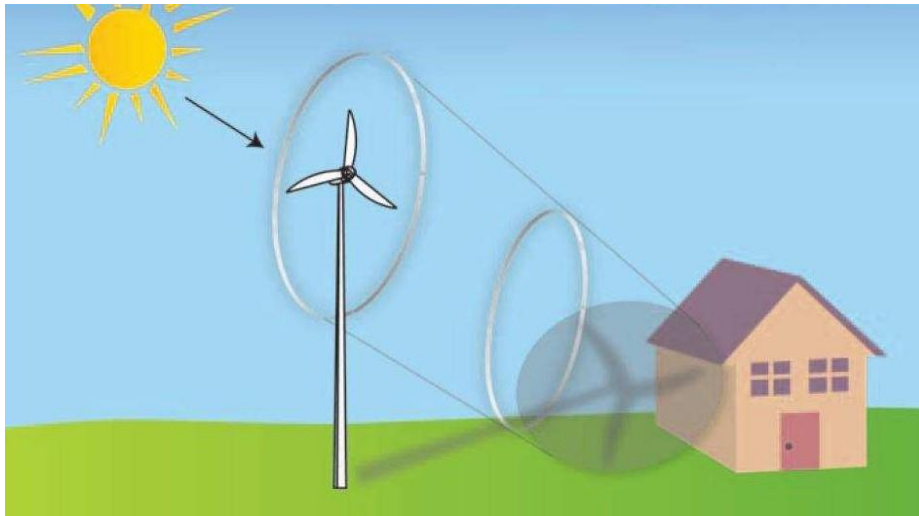


Figura 2-1 Esempio di effetto flickering

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 ricevitore – 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 ricevitore;
- l'intensità del flickering sarà minima quando l'ombra prodotta è generata all'estremità delle pale;
- maggiori distanze tra generatore e ricevitore 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 che corrisponde ad una velocità massima di circa flickering di 0,67 tagli al secondo, 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

I comuni di Sambuca di Sicilia e Santa Margherita di Belice sono situati nel territorio della provincia di Agrigento, mentre il comune di Contessa Entellina è situato nella provincia di Palermo.

Il comune di Sambuca di Sicilia si estende per 96,37 km², ha una densità abitativa di 55,27 abitanti/km² e si trova ad un'altitudine di 350 metri sul livello del mare. Il comune di Santa Margherita di Belice si estende per 67,28 km², ha una densità abitativa di 89,64 abitanti/km² e si trova ad un'altitudine di 400 metri sul livello del mare. Infine, il comune di Contessa Entellina, si estende per 136,48 km², ha una densità abitativa di 11,02 abitanti/km² e si trova ad un'altitudine di 571 metri sul livello del mare.

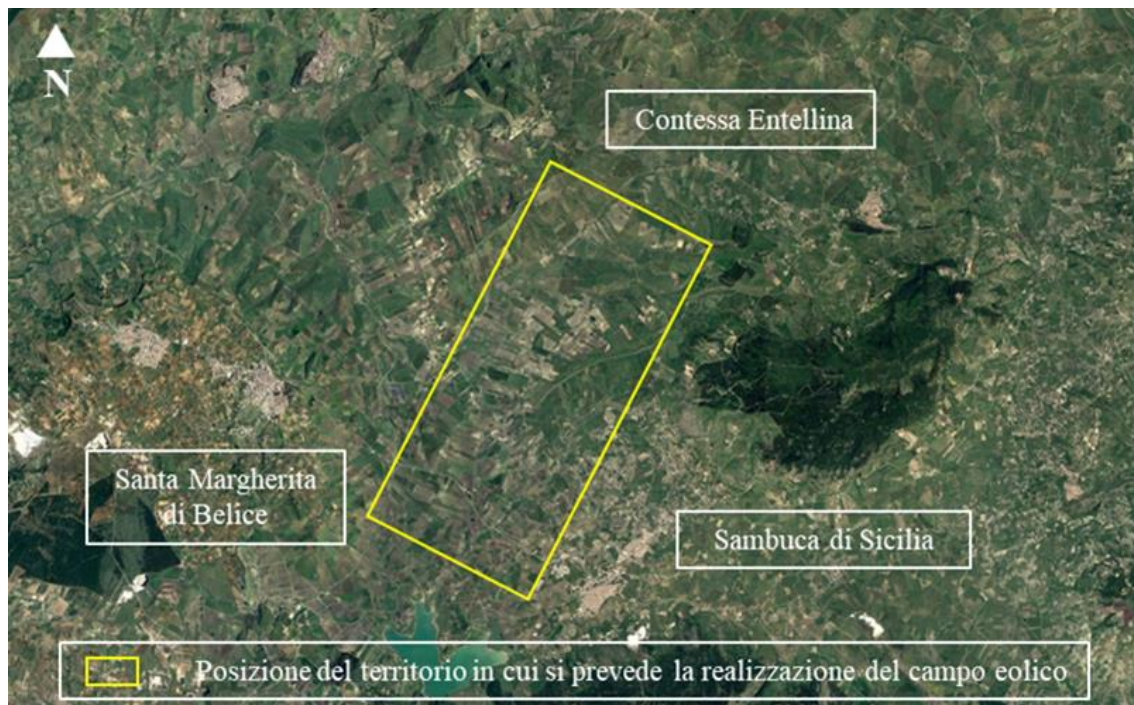


Figura 3-1 Contesto territoriale in cui si prevede l'inserimento del campo eolico

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

- a Nord Est dal centro abitato di Contessa Entellina;
- a Sud Est dal centro abitato di Sambuca di Sicilia;
- a Sud Ovest dal centro abitato di Santa Margherita di Belice oltreché dalla strada statale 683;
- ad Ovest dalla strada statale 624;
- a Sud dalla strada statale 188.

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 dal campo eolico di progetto.

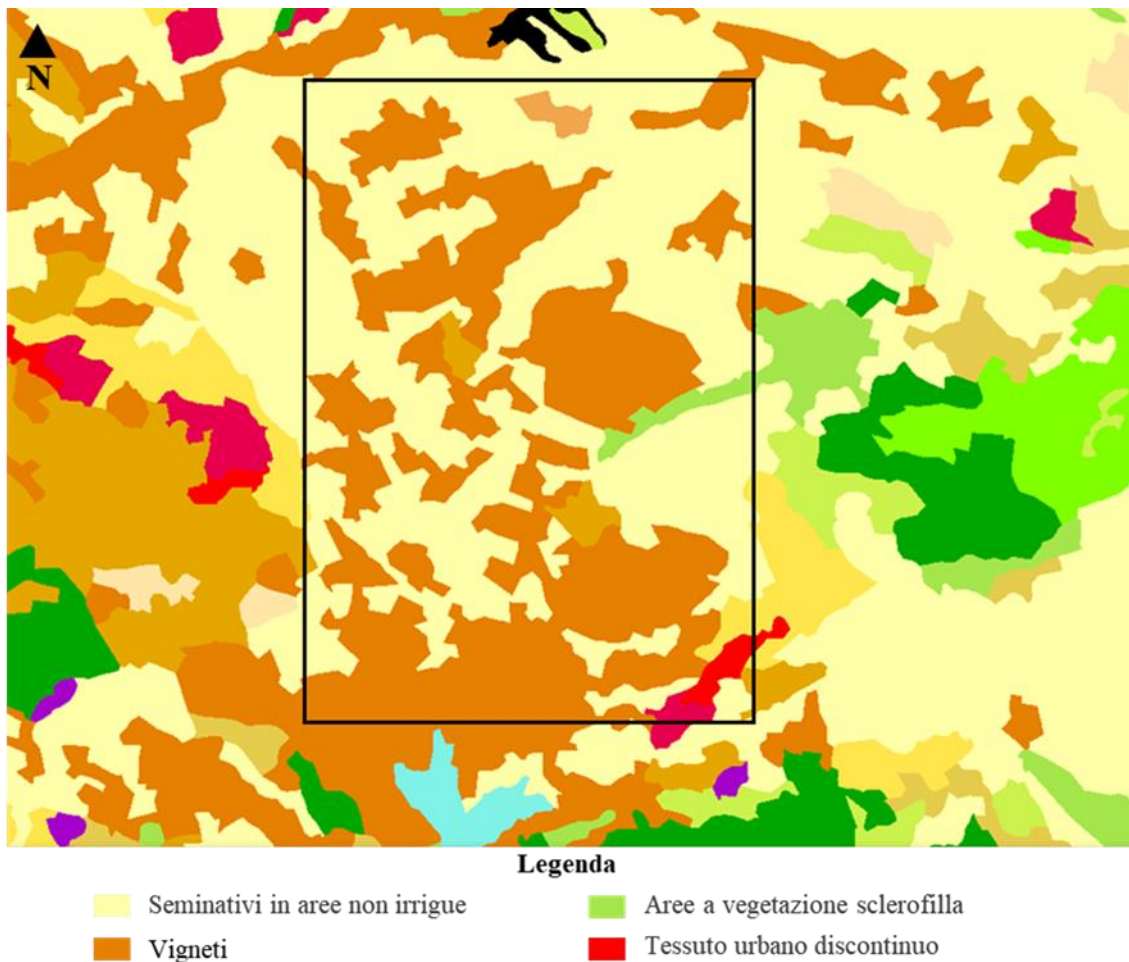


Figura 3-2 Inquadramento area di intervento su Carta uso suolo Corine Land Cover, fonte: Geo portale Regione Sicilia

Come si evince dalla figura, l'area di progetto ricade prevalentemente in terreni ad uso seminativo e vigneti, ed in minima parte da aree a vegetazione sclerofilla e da tessuto urbano discontinuo.

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 245 m e 535 m s.l.m.

3.1.1 Configurazione di impianto

Nelle seguenti tabelle vengono geolocalizzate, definite e descritte dal punto di vista tecnico le turbine la cui installazione è prevista per il campo eolico in progetto.

Turbina	Comune	Coordinate UTM		Altitudine [m]
		Long. E [m]	Lat. N [m]	
S01	Contessa Entellina	335417.00	4177748.00	487
S02	Contessa Entellina	334933.00	4177100.00	464
S03	Contessa Entellina	334123.00	4177157.00	388
S04	Contessa Entellina	335479.00	4176182.00	516
S05	Contessa Entellina	332891.00	4176003.00	361
S06	Contessa Entellina	334550.00	4174771.00	515
S07	Contessa Entellina	331802.00	4175522.00	323
S08	Contessa Entellina	333685.00	4174746.00	455
S09	Contessa Entellina	332368.00	4174045.00	427
S10	Sambuca di Sicilia	333922.00	4173948.00	535
S11	Sambuca di Sicilia	333103.00	4173643.00	503
S12	Sambuca di Sicilia	330944.00	4173154.00	288
S13	Sambuca di Sicilia	332087.00	4173020.00	422
S14	Santa Margherita di Belice	329811.00	4172313.00	281
S15	Sambuca di Sicilia	332273.00	4172066.00	342
S16	Santa Margherita di Belice	329540.00	4170743.00	282
S17	Sambuca di Sicilia	331057.00	4170800.00	265
S18	Sambuca di Sicilia	331869.00	4170442.00	276
S19	Sambuca di Sicilia	332399.00	4171074.00	297
S20	Santa Margherita di Belice	329404.00	4169651.00	247

Tabella 3-1 Coordinate geografiche puntuali turbine d'impianto

La tipologia di macchina impiegata è di tipo ad asse orizzontale in cui il sostegno, ovvero una torre tubolare con altezza pari a 119 m, porta alla sua sommità la navicella, al cui lato esterno è collegata un rotore di diametro di 163 m.



Figura 3-3 Posizione delle turbine di progetto sul territorio

Di seguito è riportata una scheda riassuntiva delle principali caratteristiche della turbina che si intendono installare di potenza nominale pari a 4,5 MW:

Potenza nominale	4,5 MW
N° pale	20
Diametro rotore	163 m
Area spazzata	19.397 m ²
Altezza mozzo rotore	119,0 m
Tipologia torre	Tubolare
Velocità di rotazione del rotore	12,6 rpm
Velocità vento di avvio	3,0 m/s
Velocità vento nominale	15,0 m/s
Velocità vento di stacco	26,0 m/s

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

3.2 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 20 singole aree, ciascuna definita per ogni aerogeneratore secondo il suddetto criterio.

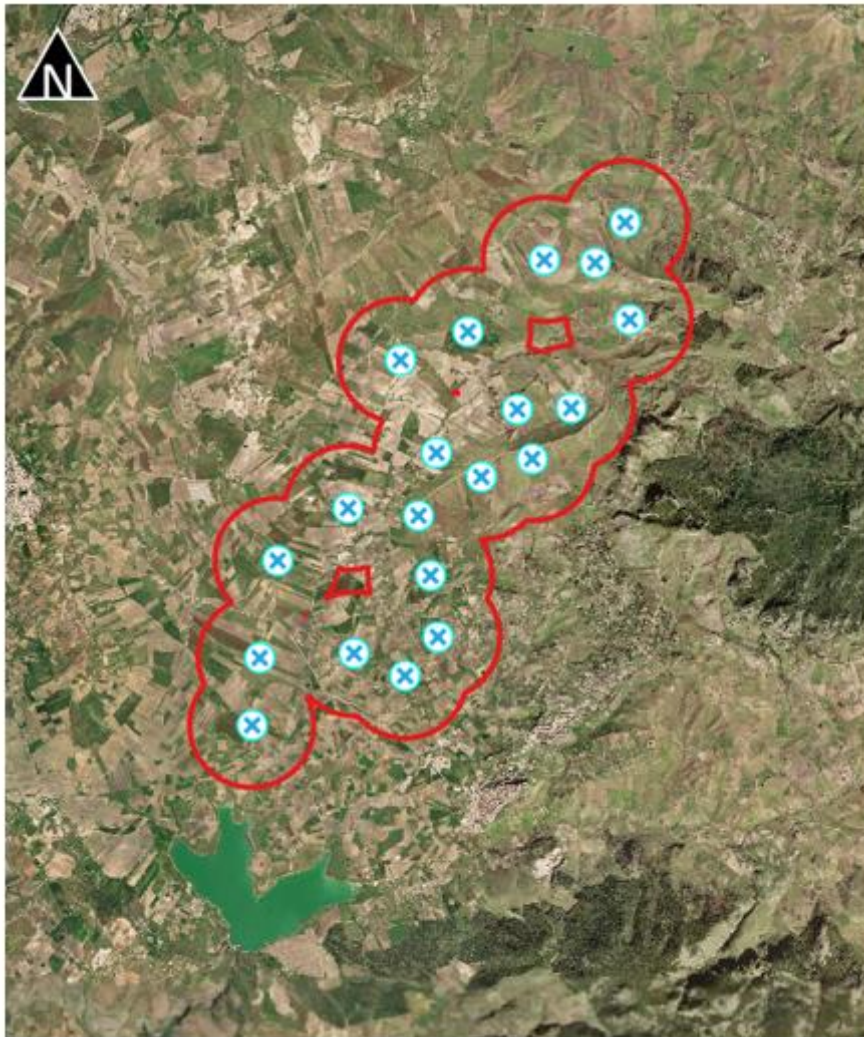


Figura 3-4 Ambito di studio shadow flickering per il campo eolico in progetto

3.3 Individuazione dei ricettori

Ai fini della previsione degli impatti indotti sulle abitazioni e sugli edifici lavorativi dall'impianto eolico in progetto, sono stati censiti i ricettori presenti nel raggio di 1km 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 1km con centro geometrico corrispondente alle coordinate geografiche delle turbine, precedentemente indicate (vedi Tabella 3-1).

Per snellire il modello di calcolo, considerato che il software di analisi WindFarm R5 non è in grado di tenere conto delle zone d'ombra prodotte reciprocamente da edifici ravvicinati, le quali di fatto annullano il fenomeno di shadow flickering dovuto alle turbine, nel caso di più edifici molto ravvicinati tra loro si prendono in considerazione i soli ricettori perimetrali.

Sono stati quindi censiti un totale di 288 edifici, i quali risultano essere adibiti ad uso residenziale ed altra destinazione d'uso. In particolare, dal censimento risultano 39 edifici residenziali e un edificio ad uso commerciale e 248 edifici ad altro uso.

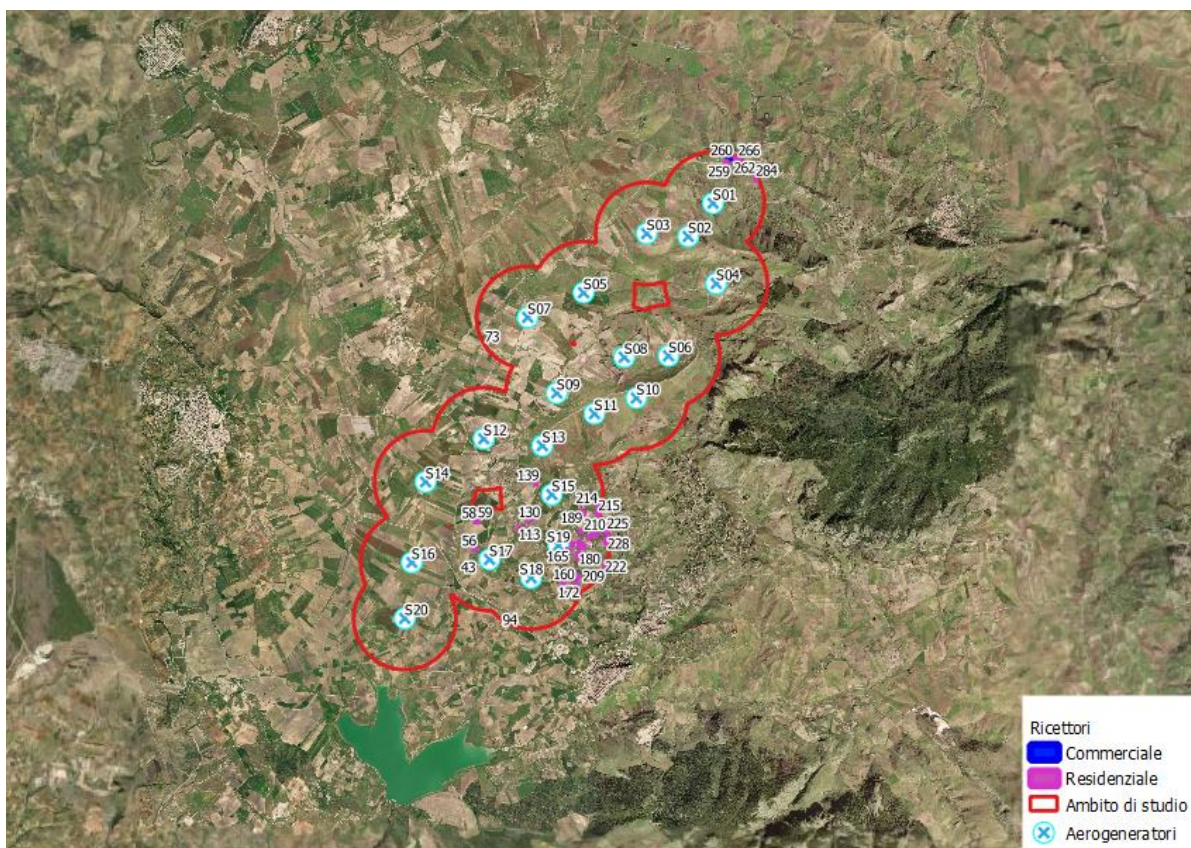


Figura 3-5 Censimento dei ricettori all'interno dell'ambito di studio

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 ad altra destinazione d'uso** in quanto non sensibili al fenomeno indagato.

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 3-6 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.

3.4 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.

- l'altimetria della zona simulata (formato GTH, vedi Figura 3-8);
- 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.

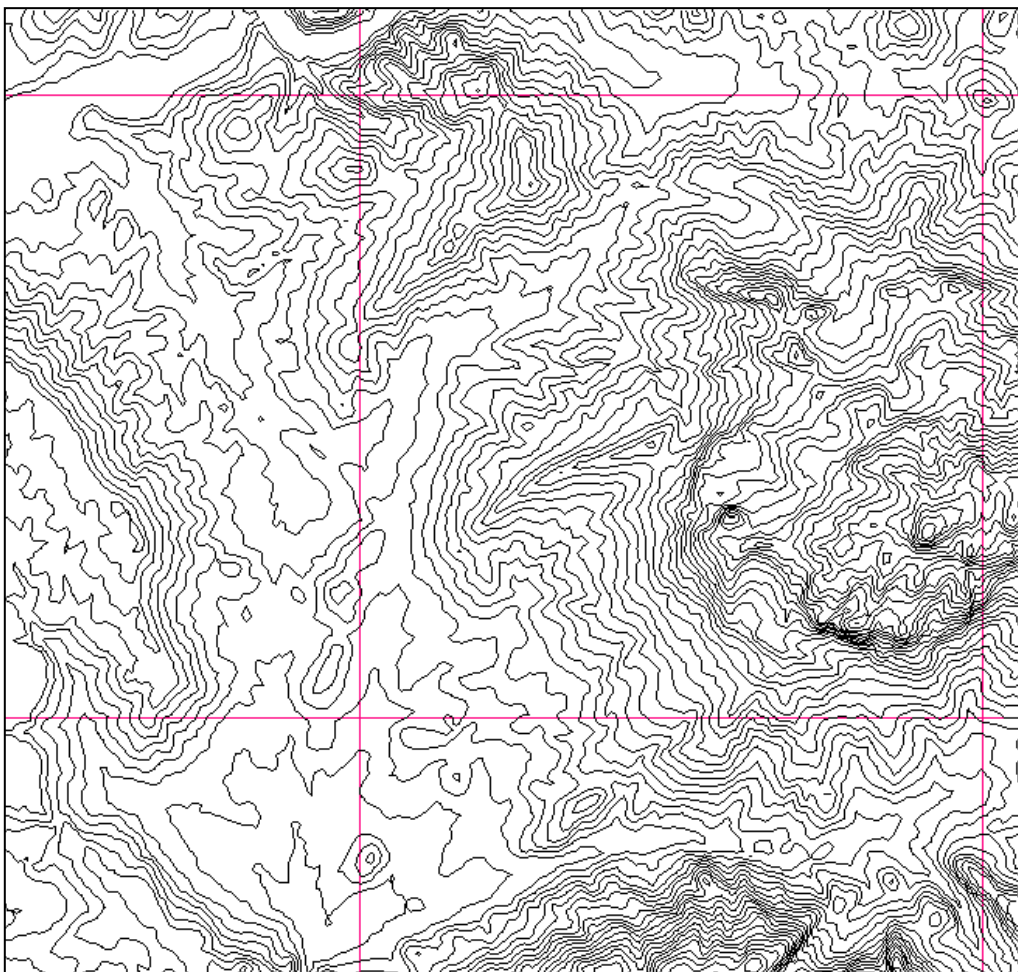


Figura 3-8 Esempio di curve di livello del terreno in WindFarm

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.

```

Project : SAMBUCA
Run Name : sambuca.WFK
Title :
Time : 11:37:24, 23 Oct 2023

```

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	328813	4172352	51	0.65	0.51	26.07
2	328819	4172292	53	0.66	0.52	27.44
3	328836	4172344	53	0.67	0.52	27.45
4	328842	4172279	55	0.67	0.53	28.96
5	328840	4172298	54	0.67	0.53	28.46
6	328853	4172325	55	0.68	0.52	28.71
7	328857	4172350	53	0.68	0.54	28.38
8	328874	4172349	54	0.69	0.54	29.36
9	328903	4171509	0	0.00	0.00	0.00
10	329051	4168892	0	0.00	0.00	0.00
11	329068	4169128	0	0.00	0.00	0.00
12	329079	4169272	0	0.00	0.00	0.00
13	329123	4170398	16	0.05	0.03	0.55
14	329151	4169008	0	0.00	0.00	0.00
15	329183	4168955	0	0.00	0.00	0.00
16	329210	4170366	27	0.15	0.11	2.86
17	329217	4170325	28	0.16	0.11	3.13
18	329290	4170534	28	0.18	0.13	3.61
19	329309	4170289	32	0.17	0.12	3.87
20	329340	4172850	115	0.88	0.59	68.08
21	329352	4168742	0	0.00	0.00	0.00
22	329479	4169472	0	0.00	0.00	0.00
23	329807	4169304	0	0.00	0.00	0.00
24	329972	4169130	0	0.00	0.00	0.00
25	330016	4169728	130	1.01	0.56	72.37
26	330117	4171123	154	1.31	0.72	111.16
27	330151	4171042	99	1.48	0.97	96.12
28	330158	4171032	96	1.50	0.99	95.19
29	330162	4171024	94	1.51	1.01	94.96
30	330186	4170996	87	1.55	1.07	93.41
31	330265	4170018	105	0.71	0.43	44.87
32	330271	4169999	104	0.71	0.42	43.76
33	330389	4171021	90	1.63	1.02	91.48
34	330395	4171242	113	1.73	1.09	123.33
35	330424	4172551	128	1.21	0.60	76.82
36	330437	4170345	179	0.63	0.47	84.23
37	330439	4172815	156	0.79	0.53	83.07
38	330469	4171254	202	1.79	0.76	153.80

Figura 3-9 Esempio di output elaborato tramite WindFarm5

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

- coordinate geografiche baricentriche (UTM): 324200,00 m - Est, 4165600,00 m-Nord;
- coordinate geografiche delle turbine considerate (vedi Tabella 3-1);
- coordinate geografiche dei ricettori considerati e disposizione delle finestre;
- risoluzione di calcolo: 20 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: 163 m,
 - altezza torre: 119 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).

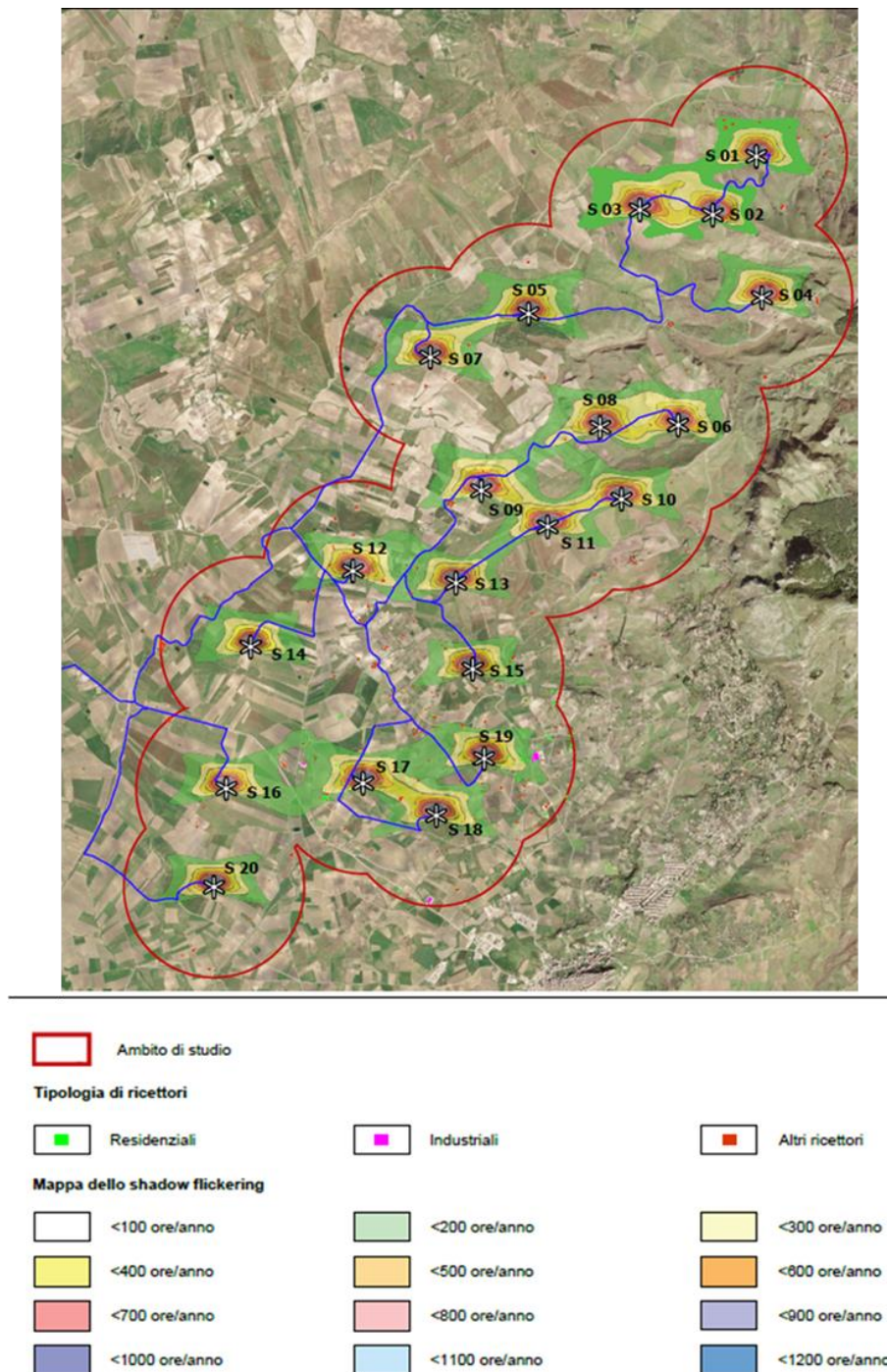


Figura 3-10 Stralcio della carta con l'output restituito dal software WindFarm

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 Palinuro), si è stimato che l'impianto eolico sarà in funzione per circa il 60% del tempo nell'arco dell'anno, corrispondente a 2633 ore.

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.

3.5 Risultati

La seguente tabella riassume i risultati dell'analisi eseguita, sui 38 ricettori residenziali e 1 ricettore commerciale (R260), secondo la metodologia di calcolo descritta nel paragrafo precedente.

Ricettore	Caso peggiore		Caso reale [ore/anno]
	Giorni /anno	Ore /anno	
R43	207	160,58	96
R56	212	266,29	160
R58	180	61,03	37
R59	191	64,56	39
R73	102	30,62	18
R94	0	0	0
R113	70	42,55	26
R130	80	58,04	35
R139	154	208,16	125
R160	95	91,39	55
R165	209	237,29	142
R168	271	346,04	208
R172	74	47,69	29
R176	152	78,68	47
R177	87	40,29	24
R180	253	197,99	119
R182	169	160,6	96
R183	231	191,12	115
R186	131	138,96	83
R189	35	14,48	9
R192	220	157,88	95
R195	31	11,46	7
R196	216	141,77	85
R205	131	80,7	48
R209	42	16,36	10
R210	108	56,06	34
R213	114	56,12	34
R214	76	42,37	25
R215	126	65,23	39
R222	121	59,29	36
R223	102	31,13	19
R225	111	34,98	21

Ricettore	Caso peggiore		Caso reale [ore/anno]
	Giorni /anno	Ore /anno	
R228	108	28,93	17
R257	0	0	0
R259	0	0	0
R260	0	0	0
R262	0	0	0
R264	0	0	0
R266	0	0	0

Tabella 3-3 Risultati di calcolo

In particolare, 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 39 ricettori analizzati quelli interessati dal fenomeno di Shadow Flickering sono 32, in particolare si verifica un superamento delle 100 ore su 5 dei ricettori. Per i 2 ricettori che mostrano i superamenti più alti sono stati elaborati i calendari dell'ombra che riporta in maniera grafica i periodi dell'anno in cui è possibile il verificarsi del fenomeno (condizioni caso peggiore).

Al fine di garantire una più chiara comprensione di tali grafici, prima di effettuarne la disamina, si riporta una guida alla lettura degli stessi:

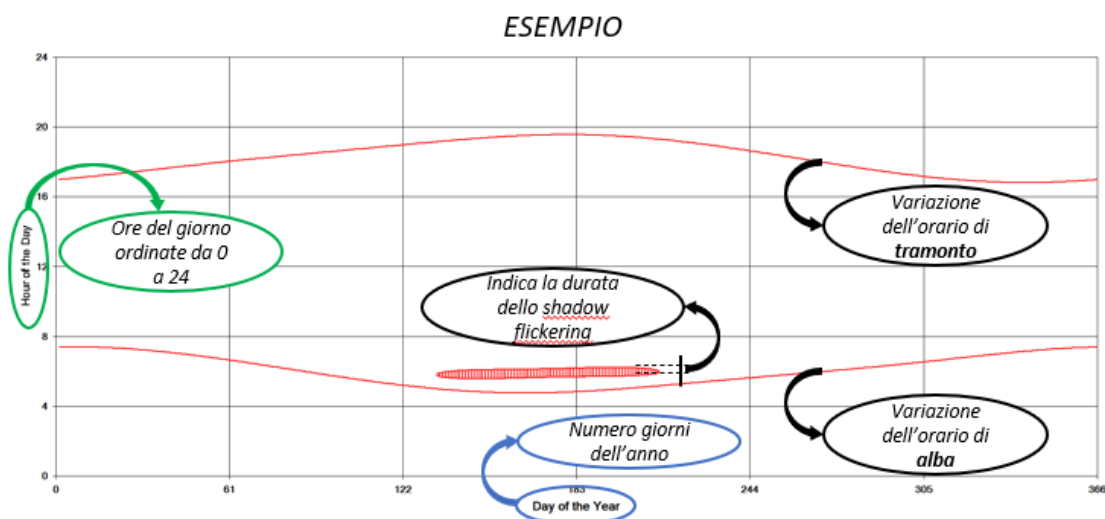


Figura 3-11 Esempio di output grafico dei risultati di simulazione del fenomeno di shadow flickering

Le curve di colore rosso indicano l'ora dell'alba e del tramonto mentre le aree campite il periodo in cui è possibile che il fenomeno si verifichi.

Inoltre, sull'asse delle ascisse sono riportati i giorni dell'anno e su quello delle ordinate l'ora del giorno (ora solare).

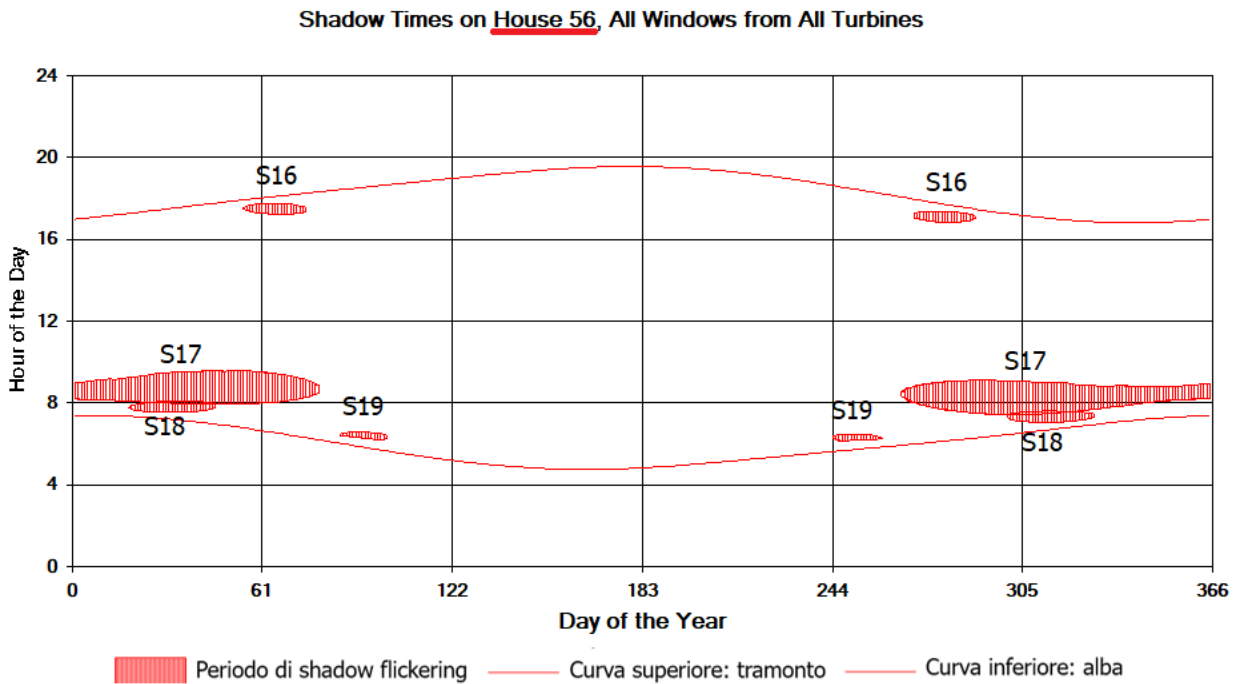


Figura 3-12 Periodi di shadow flickering per il recettore R56

Per quanto riguarda il ricettore R56, di seguito si riportano le turbine eoliche che generano potenziale interferenza in relazione al fenomeno dello shadow flickering ed i relativi periodi temporali di riferimento:

- **S16** dal 24/02 al 15/03 tra le 17:00 e le 17:30 e dal 27/09 al 17/10 tra le 16:49 e le 17:22
- **S17** dal 1/01 al 19/03 tra le 7:55 e le 8:30 e dal 23/09 al 31/12 tra le 7:30 e le 8:10
- **S18** dal 18/01 al 15/02 tra le 7:32 e le 7:45 e dal 27/10 al 24/11 tra le 7:02 e le 7:18
- **S19** dal 27/03 al 11/04 tra le 6:14 e le 6:24 e dal 01/09 al 17/09 tra le 6:08 e le 6:13

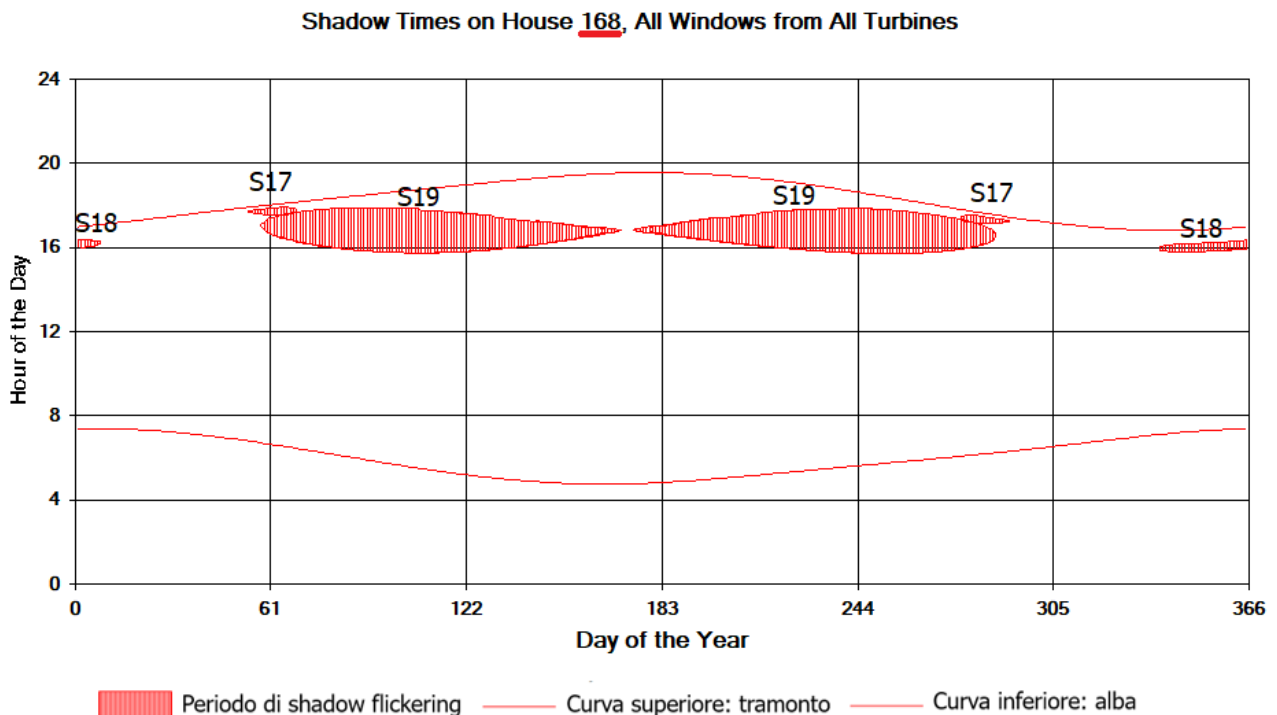


Figura 3-13 Periodi di shadow flickering per il recettore R168

Per quanto riguarda il ricettore R56, di seguito si riportano le turbine eoliche che generano potenziale interferenza in relazione al fenomeno dello shadow flickering ed i relativi periodi temporali di riferimento:

- **S17** dal 23/02 al 10/03 tra le 17:32 e le 17:42 e dal 3/10 al 18/10 tra le 17:07 e le 17:17
- **S18** dal 01/01 al 08/01 tra le 15:57 e le 16:08 e dal 04/12 al 31/12 tra le 15:47 e le 16:08
- **S19** dal 28/02 al 14/10 tra le 15:42 e le 16:48

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 32 dei 39 fabbricati considerati ai fini dell'analisi (vedi Tabella 3-3).

L'incidenza di tale fenomeno sulla qualità della vita può ritenersi trascurabile per 34 su 39 dei ricettori in quanto, il valore di durata simulato ed atteso del fenomeno è sempre inferiore al valore di riferimento pari ad 100 ore l'anno.

Per quanto riguarda invece i ricettori R56, R139, R165, R168 e R163 risulta esserci un superamento delle 100 ore limite, da una prima analisi foto interpretativa tutti i ricettori risultano essere circondati da alberature, inoltre la durata giornaliera risulta essere in media sempre inferiore ai 30 minuti al giorno, quindi l'impatto è da considerarsi basso.

Se si riporta la media delle ore di shadow flickering causato dal parco eolico su tutti i ricettori a quello di eliofania media locale dell'area (3669 ore/anno) si avrebbe un'incidenza percentuale del fenomeno dell'1,36%.

Per il ricettore R168 e R56 l'incidenza è rispettivamente 5,66% e 4,36%

A tali considerazioni va altresì sottolineato che:

- la velocità 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, essendo le distanze comprese tra 104 m e 988 m con la maggioranza dei ricettori 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 recettore è molto ridotto.

Stante tutto quanto sopra riportato è possibile concludere come l'interferenza tra la componente in esame, relativa allo shadow flickering, sui ricettori presi in considerazione possa considerarsi bassa. Per i ricettori soggetti a superamento verrà effettuato un monitoraggio in fase di funzionamento per verificare l'effettivo impatto causato dal funzionamento delle pale.

5 APPENDICE A

Ricettore	Tipologia	Distanza da aerogeneratore [m]	Coordinate UTM	
			Long E [m]	Lat N [m]
R1	Altri ricettori	694,23	328813,49	4172352,97
R2	Altri ricettori	700,13	328819,76	4172292,26
R3	Altri ricettori	675,08	328836,57	4172344,69
R4	Altri ricettori	676,17	328842,90	4172279,60
R5	Altri ricettori	679,46	328840,71	4172298,60
R6	Altri ricettori	664,46	328853,91	4172325,95
R7	Altri ricettori	659,99	328857,08	4172350,16
R8	Altri ricettori	645,08	328874,11	4172349,23
R9	Altri ricettori	777,34	328903,21	4171509,01
R10	Altri ricettori	751,19	329051,24	4168892,81
R11	Altri ricettori	517,24	329068,65	4169128,27
R12	Altri ricettori	372,34	329079,14	4169272,40
R13	Altri ricettori	385,16	329123,39	4170398,39
R14	Altri ricettori	632,03	329151,13	4169008,38
R15	Altri ricettori	678,53	329183,77	4168955,31
R16	Altri ricettori	400,36	329210,73	4170366,87
R17	Altri ricettori	435,03	329217,39	4170325,69
R18	Altri ricettori	231,67	329290,21	4170534,46
R19	Altri ricettori	483,76	329309,81	4170289,47
R20	Altri ricettori	491,55	329340,08	4172850,82
R21	Altri ricettori	900,32	329352,73	4168742,22
R22	Altri ricettori	189,56	329479,56	4169472,64
R23	Altri ricettori	527,07	329807,65	4169304,55
R24	Altri ricettori	767,37	329972,95	4169130,52
R25	Altri ricettori	612,87	330016,23	4169728,66
R26	Altri ricettori	684,71	330117,27	4171123,60
R27	Altri ricettori	677,84	330151,48	4171042,78
R28	Altri ricettori	679,17	330158,79	4171032,71

Ricettore	Tipologia	Distanza da aerogeneratore [m]	Coordinate UTM	
			Long E [m]	Lat N [m]
R29	Altri ricettori	679,43	330162,49	4171024,74
R30	Altri ricettori	678,70	330186,16	4170996,47
R31	Altri ricettori	919,31	330265,00	4170018,06
R32	Altri ricettori	925,78	330271,51	4169999,23
R33	Industriale	687,62	330389,51	4171021,66
R34	Altri ricettori	788,33	330395,61	4171242,86
R35	Altri ricettori	651,49	330424,12	4172551,27
R36	Altri ricettori	764,65	330437,49	4170345,15
R37	Altri ricettori	500,10	330439,20	4172815,69
R38	Altri ricettori	737,01	330469,90	4171254,15
R39	Altri ricettori	364,17	330504,28	4172935,48
R40	Altri ricettori	591,60	330529,18	4171077,55
R41	Altri ricettori	391,65	330566,86	4172883,39
R42	Altri ricettori	494,52	330584,02	4170641,48
R43	Residenziale	424,68	330638,02	4170644,43
R44	Altri ricettori	771,24	330635,68	4170149,82
R45	Altri ricettori	433,19	330654,91	4170621,49
R46	Altri ricettori	402,04	330661,06	4170684,50
R47	Altri ricettori	480,68	330679,62	4170498,56
R48	Altri ricettori	31,98	330685,64	4173219,16
R49	Altri ricettori	452,13	330692,29	4170526,34
R50	Altri ricettori	167,56	330722,74	4173432,38
R51	Altri ricettori	967,09	330728,64	4171988,26
R52	Altri ricettori	143,01	330733,22	4173400,81
R53	Altri ricettori	460,76	330746,81	4173733,80
R54	Altri ricettori	977,87	330737,95	4171988,49
R55	Altri ricettori	769,08	330739,34	4170098,12
R56	Residenziale	352,15	330757,81	4171000,78
R57	Altri ricettori	814,90	330771,25	4170032,89

Ricettore	Tipologia	Distanza da aerogeneratore [m]	Coordinate UTM	
			Long E [m]	Lat N [m]
R58	Residenziale	765,46	330791,01	4171541,04
R59	Residenziale	762,48	330826,20	4171551,68
R60	Altri ricettori	543,25	330848,85	4170295,86
R61	Altri ricettori	437,63	330939,04	4172708,26
R62	Altri ricettori	387,28	330946,61	4173555,37
R63	Altri ricettori	661,70	330986,90	4173861,22
R64	Altri ricettori	963,19	331006,55	4172179,09
R65	Altri ricettori	540,72	331013,94	4172607,41
R66	Altri ricettori	346,18	331030,16	4171180,57
R67	Altri ricettori	575,32	331044,27	4172582,26
R68	Altri ricettori	182,74	331062,56	4171016,51
R69	Altri ricettori	695,64	331067,11	4174988,78
R70	Altri ricettori	803,35	331071,92	4173969,36
R71	Altri ricettori	415,45	331100,64	4175501,96
R72	Altri ricettori	916,60	331104,70	4174092,66
R73	Residenziale	559,09	331105,61	4175142,70
R74	Altri ricettori	401,43	331111,28	4172777,13
R75	Altri ricettori	425,99	331115,37	4172758,20
R76	Altri ricettori	640,16	331154,91	4170059,06
R77	Altri ricettori	795,96	331168,40	4172093,62
R78	Altri ricettori	772,40	331192,37	4172123,61
R79	Altri ricettori	361,54	331180,52	4175652,93
R80	Altri ricettori	599,86	331211,13	4171431,50
R81	Altri ricettori	363,15	331239,68	4175762,63
R82	Altri ricettori	274,37	331248,95	4175595,49
R83	Altri ricettori	333,35	331276,21	4173052,68
R84	Altri ricettori	720,49	331268,71	4172295,83
R85	Altri ricettori	681,10	331306,42	4172303,12
R86	Altri ricettori	566,07	331306,76	4172713,66

Ricettore	Tipologia	Distanza da aerogeneratore [m]	Coordinate UTM	
			Long E [m]	Lat N [m]
R87	Altri ricettori	361,48	331317,54	4175827,35
R88	Altri ricettori	664,96	331327,29	4172314,73
R89	Altri ricettori	745,89	331347,60	4171767,37
R90	Altri ricettori	731,26	331354,69	4171781,99
R91	Altri ricettori	608,56	331370,40	4172113,68
R92	Altri ricettori	743,09	331374,68	4171733,16
R93	Altri ricettori	327,18	331382,12	4175223,63
R94	Residenziale	912,01	331450,66	4169620,74
R95	Altri ricettori	547,22	331462,37	4172364,71
R96	Altri ricettori	99,40	331468,18	4170619,87
R97	Altri ricettori	99,86	331480,42	4170642,81
R98	Altri ricettori	609,29	331481,57	4171810,54
R99	Altri ricettori	556,63	331494,28	4172452,65
R100	Altri ricettori	558,66	331501,20	4171878,39
R101	Altri ricettori	654,15	331515,64	4171705,23
R102	Altri ricettori	521,03	331524,27	4172426,14
R103	Altri ricettori	242,65	331541,10	4173224,93
R104	Altri ricettori	916,47	331554,85	4169570,75
R105	Altri ricettori	603,87	331576,07	4171715,48
R106	Altri ricettori	288,86	331588,79	4172913,64
R107	Altri ricettori	295,23	331599,60	4172895,43
R108	Altri ricettori	568,52	331601,53	4171494,30
R109	Altri ricettori	462,28	331612,12	4171881,60
R110	Altri ricettori	552,58	331619,46	4172603,32
R111	Altri ricettori	478,51	331623,59	4171342,72
R112	Altri ricettori	511,33	331616,37	4171399,73
R113	Residenziale	504,57	331626,26	4171411,86
R114	Altri ricettori	124,37	331654,77	4173194,37
R115	Altri ricettori	468,22	331656,76	4171393,04

Ricettore	Tipologia	Distanza da aerogeneratore [m]	Coordinate UTM	
			Long E [m]	Lat N [m]
R116	Altri ricettori	124,66	331653,92	4173169,47
R117	Altri ricettori	278,07	331670,27	4170835,75
R118	Altri ricettori	319,82	331682,50	4170174,73
R119	Altri ricettori	423,27	331699,88	4171373,85
R120	Altri ricettori	314,52	331754,75	4175203,46
R121	Altri ricettori	538,81	331751,07	4171620,18
R122	Altri ricettori	325,43	331779,21	4175856,00
R123	Industriale	958,19	331782,63	4169479,90
R124	Industriale	910,95	331797,47	4169512,64
R125	Altri ricettori	330,27	331786,05	4171053,76
R126	Altri ricettori	527,63	331792,96	4171638,50
R127	Altri ricettori	564,82	331803,20	4174952,82
R128	Altri ricettori	872,79	331812,80	4176436,66
R129	Altri ricettori	391,12	331818,10	4171806,24
R130	Residenziale	435,55	331825,95	4171556,52
R131	Altri ricettori	332,80	331840,10	4171424,35
R132	Altri ricettori	404,53	331848,44	4171532,89
R133	Altri ricettori	308,94	331875,88	4171427,37
R134	Altri ricettori	390,61	331879,67	4171786,39
R135	Altri ricettori	379,52	331885,16	4170057,98
R136	Altri ricettori	166,33	331932,19	4172335,33
R137	Altri ricettori	211,01	331944,68	4171956,14
R138	Altri ricettori	115,44	331966,93	4172295,17
R139	Residenziale	369,64	331959,73	4172277,32
R140	Altri ricettori	395,53	331986,67	4170057,32
R141	Altri ricettori	125,65	332029,12	4173905,72
R142	Altri ricettori	35,00	332049,10	4171211,75
R143	Altri ricettori	63,40	332052,84	4172149,95
R144	Altri ricettori	366,52	332081,60	4175275,15

Ricettore	Tipologia	Distanza da aerogeneratore [m]	Coordinate UTM	
			Long E [m]	Lat N [m]
R145	Altri ricettori	843,74	332100,39	4169620,77
R146	Altri ricettori	408,56	332121,09	4171677,67
R147	Altri ricettori	712,51	332129,99	4169772,66
R148	Altri ricettori	350,99	332141,04	4170828,01
R149	Altri ricettori	241,02	332157,01	4171440,80
R150	Altri ricettori	957,06	332208,81	4169541,14
R151	Altri ricettori	428,24	332215,15	4175666,88
R152	Altri ricettori	441,84	332233,54	4175658,30
R153	Altri ricettori	416,21	332293,14	4170404,64
R154	Altri ricettori	206,45	332320,87	4171853,19
R155	Altri ricettori	264,75	332371,20	4170805,75
R156	Altri ricettori	353,46	332369,47	4170719,13
R157	Altri ricettori	209,48	332385,60	4174263,33
R158	Altri ricettori	519,95	332392,90	4170413,67
R159	Altri ricettori	406,26	332404,46	4171485,46
R160	Residenziale	630,77	332500,16	4170346,04
R161	Altri ricettori	746,58	332529,35	4170082,52
R162	Altri ricettori	750,91	332544,75	4176876,82
R163	Altri ricettori	199,80	332566,51	4174113,59
R164	Altri ricettori	351,58	332580,38	4171881,03
R165	Residenziale	200,94	332587,57	4170982,73
R166	Altri ricettori	368,36	332588,27	4170749,65
R167	Altri ricettori	428,97	332610,94	4172338,85
R168	Residenziale	264,31	332672,99	4171103,12
R169	Altri ricettori	423,87	332695,38	4172149,57
R170	Altri ricettori	449,49	332722,13	4172203,04
R171	Altri ricettori	345,73	332717,54	4170927,90
R172	Residenziale	822,27	332750,77	4170321,12
R173	Altri ricettori	781,70	332758,88	4170371,70

Ricettore	Tipologia	Distanza da aerogeneratore [m]	Coordinate UTM	
			Long E [m]	Lat N [m]
R174	Altri ricettori	921,87	332762,43	4170178,11
R175	Altri ricettori	569,89	332767,51	4170631,73
R176	Residenziale	427,79	332777,67	4170849,33
R177	Residenziale	698,32	332776,47	4170473,63
R178	Altri ricettori	797,08	332775,38	4170363,72
R179	Altri ricettori	566,72	332790,54	4170654,45
R180	Residenziale	414,44	332794,97	4170930,39
R181	Altri ricettori	962,65	332798,91	4170164,53
R182	Residenziale	401,92	332806,56	4171136,24
R183	Residenziale	404,64	332814,11	4171068,40
R184	Altri ricettori	576,95	332815,97	4170667,49
R185	Altri ricettori	507,86	332822,96	4170785,64
R186	Residenziale	509,19	332837,03	4171354,82
R187	Altri ricettori	677,47	332837,32	4171680,66
R188	Altri ricettori	530,80	332846,63	4170779,46
R189	Residenziale	661,87	332855,82	4171734,50
R190	Altri ricettori	602,75	332855,06	4170673,80
R191	Altri ricettori	678,71	332860,32	4171717,47
R192	Residenziale	466,26	332873,84	4171062,44
R193	Altri ricettori	506,24	332887,18	4176573,81
R194	Altri ricettori	537,74	332896,38	4170843,76
R195	Residenziale	715,70	332896,57	4171699,84
R196	Residenziale	503,74	332910,23	4171054,18
R197	Altri ricettori	882,62	332913,88	4172689,43
R198	Altri ricettori	897,60	332926,94	4172686,77
R199	Industriale	528,00	332936,03	4171083,90
R200	Industriale	529,05	332937,04	4171053,79
R201	Altri ricettori	799,10	332937,98	4170475,08
R202	Industriale	544,41	332974,11	4171101,68

Ricettore	Tipologia	Distanza da aerogeneratore [m]	Coordinate UTM	
			Long E [m]	Lat N [m]
R203	Altri ricettori	929,62	332967,73	4170329,36
R204	Altri ricettori	713,69	332982,36	4171494,74
R205	Residenziale	609,57	333002,77	4171224,73
R206	Altri ricettori	652,91	333057,71	4171054,88
R207	Altri ricettori	511,73	333070,66	4175292,39
R208	Altri ricettori	852,69	333085,45	4170544,42
R209	Residenziale	901,03	333083,48	4170473,07
R210	Residenziale	735,10	333103,56	4171315,05
R211	Altri ricettori	860,41	333111,13	4170572,64
R212	Altri ricettori	915,62	333130,31	4171635,49
R213	Residenziale	761,49	333137,50	4171294,92
R214	Residenziale	903,58	333153,88	4171831,81
R215	Residenziale	971,39	333178,80	4171688,22
R216	Altri ricettori	802,26	333175,53	4170847,32
R217	Altri ricettori	852,40	333184,24	4171423,19
R218	Altri ricettori	830,44	333212,55	4170883,81
R219	Altri ricettori	820,51	333223,61	4171143,68
R220	Altri ricettori	930,75	333262,71	4171434,93
R221	Altri ricettori	255,63	333298,92	4174615,12
R222	Residenziale	988,80	333305,84	4170658,36
R223	Residenziale	922,28	333326,27	4171151,18
R224	Altri ricettori	970,77	333338,87	4170815,88
R225	Residenziale	972,55	333346,07	4171334,31
R226	Altri ricettori	977,57	333349,79	4171315,11
R227	Altri ricettori	976,13	333351,86	4171306,58
R228	Residenziale	961,99	333361,09	4171225,58
R229	Altri ricettori	737,52	333626,20	4173109,61
R230	Altri ricettori	548,46	333702,10	4177821,03
R231	Altri ricettori	595,49	333912,72	4175324,75

Ricettore	Tipologia	Distanza da aerogeneratore [m]	Coordinate UTM	
			Long E [m]	Lat N [m]
R232	Altri ricettori	595,35	334028,34	4173279,63
R233	Altri ricettori	637,74	334059,57	4173251,26
R234	Altri ricettori	919,29	334097,96	4178157,13
R235	Altri ricettori	50,36	334244,51	4174778,32
R236	Altri ricettori	317,63	334405,11	4177356,61
R237	Altri ricettori	800,51	334465,36	4175885,80
R238	Altri ricettori	573,45	334471,13	4174136,19
R239	Altri ricettori	904,69	334637,59	4173380,32
R240	Altri ricettori	607,00	334639,86	4175382,69
R241	Altri ricettori	787,93	334670,56	4173688,43
R242	Altri ricettori	516,54	334763,69	4178263,71
R243	Altri ricettori	278,69	335057,88	4178153,09
R244	Altri ricettori	124,94	335054,92	4177054,83
R245	Altri ricettori	182,45	335063,50	4178052,90
R246	Altri ricettori	224,50	335064,81	4178091,72
R247	Altri ricettori	185,07	335083,91	4178068,39
R248	Altri ricettori	748,00	335150,59	4178630,32
R249	Altri ricettori	727,90	335158,09	4178606,69
R250	Altri ricettori	231,56	335158,58	4178106,46
R251	Altri ricettori	741,10	335170,95	4178617,95
R252	Altri ricettori	383,74	335315,23	4175827,15
R253	Altri ricettori	375,44	335449,35	4178127,08
R254	Altri ricettori	932,60	335475,65	4174631,86
R255	Altri ricettori	863,96	335513,55	4175303,58
R256	Altri ricettori	253,01	335625,76	4175966,92
R257	Residenziale	832,85	335680,81	4178549,35
R258	Altri ricettori	606,07	335699,82	4177189,97
R259	Residenziale	819,61	335681,89	4178529,41
R260	Commerciale	915,16	335735,25	4178614,63

Ricettore	Tipologia	Distanza da aerogeneratore [m]	Coordinate UTM	
			Long E [m]	Lat N [m]
R261	Altri ricettori	483,11	335783,74	4178070,62
R262	Residenziale	936,82	335823,25	4178602,03
R263	Altri ricettori	923,04	335831,55	4178577,25
R264	Residenziale	958,22	335856,83	4178607,98
R265	Altri ricettori	492,28	335880,43	4177951,35
R266	Residenziale	985,80	335910,92	4178610,12
R267	Altri ricettori	994,56	335908,65	4178617,80
R268	Altri ricettori	935,71	335949,17	4178525,79
R269	Altri ricettori	642,12	335988,79	4178047,92
R270	Altri ricettori	595,65	335999,97	4177608,07
R271	Altri ricettori	960,06	336016,62	4178510,11
R272	Altri ricettori	703,99	336025,78	4177381,59
R273	Altri ricettori	628,57	336032,22	4177603,64
R274	Altri ricettori	799,10	336052,93	4178241,15
R275	Altri ricettori	575,09	336063,02	4176229,87
R276	Altri ricettori	596,92	336086,65	4176165,63
R277	Altri ricettori	607,17	336091,86	4176129,82
R278	Altri ricettori	775,79	336165,94	4177970,90
R279	Altri ricettori	748,75	336173,88	4177776,64
R280	Altri ricettori	794,27	336187,98	4177965,11
R281	Altri ricettori	814,40	336193,18	4175775,46
R282	Altri ricettori	797,88	336204,89	4177573,25
R283	Altri ricettori	814,28	336223,22	4177579,17
R284	Residenziale	947,62	336249,13	4178215,73
R285	Altri ricettori	916,70	336267,34	4178100,11
R286	Altri ricettori	917,93	336335,70	4177865,52
R287	Altri ricettori	991,86	336355,25	4177414,11
R288	Altri ricettori	954,77	336375,17	4177792,75