



REGIONE BASILICATA



PROVINCIA DI POTENZA



COMUNE DI PIETRAGALLA



COMUNE DI POTENZA



COMUNE DI
VAGLIO BASILICATA

Committente:

EXENERGY s.r.l.

GRvalue

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO
"PARCO EOLICO POGGIO D'ORO"

Titolo:

Relazione specialistica -
Studio sugli effetti di
shadow - flickering

Tavola:

A.8

-Progettista Architettonico/Elettromecc.:

Ing. Paolo Battistella

-Consulenza Geologica:

Dott. Geologo Viviani

-Responsabile V.I.A.:

Arch. Antonio De Maio

-Studio Paesaggistico:



N°	REVISIONE	DATA	RED.	APPR.
1	Ottimizzazione	05/2021	-	-
0	Emissione	06/2019	-	-

Data:

Maggio 2021

Committente:
EXENERGY S.r.l.
Via Principe Amedeo, 7 – 85010 Pignola (PZ)

Parco Eolico Poggio d' Oro
CALCOLO DELL'OMBRA E DEL FLICKERING
A8

A. INTRODUZIONE.....	2
B. MODELLO DI SIMULAZIONE.....	3
C. LAY-OUT.....	4
D. AEROGENERATORE.....	6
E. PUNTI SENSIBILI	8
RISULTATI	15
E.1 ANALISI COMPLESSIVA.....	15
E.2 ANALISI DETTAGLIATA.....	17
F. CONCLUSIONI	21

	Redatto	Note	Data
Rev.A	P.Battistella	Ottimizzazione	Maggio 2021
Emissione	P.Battistella		Giugno 2019

A. INTRODUZIONE

L'ombra prodotta dagli aerogeneratori può essere importante in alcuni casi. Si pensi ad esempio, alle conseguenze della formazione del ghiaccio su strade, al mancato soleggiamento di alcune colture o dell'effetto su impianti fotovoltaici.

Per quanto riguarda i punti sensibili gli effetti dello sfarfallio dell'ombra (flickering) prodotto dalla presenza delle turbine eoliche è da ritenere importante a seconda degli orientamenti delle finestre dell'edificio e dell'utilizzo degli ambienti interni.

È quindi divenuta prassi, nel caso di progettazione di un impianto eolico, verificare sia la proiezione dell'ombra delle turbine nell'area circostante sia gli effetti di flickering che essa può comportare.

In questo modo si potranno valutare eventuali conseguenze considerando la natura e l'utilizzo dell'area soggetta per procedere ad eventuali contromisure.

B. MODELLO DI SIMULAZIONE

Per la simulazione dell'ombra dell'impianto è stato utilizzato il programma "Windfarm 5.0.1.2" di Resoft LTD, codice che permette di effettuare una stima delle ore totali in cui ogni singolo edificio è coinvolto da ombra delle turbine e inoltre, tenendo conto delle statistiche locali di irraggiamento solare e di vento, degli effetti di tremolio dell'ombra ("flickering").

Per quanto riguarda la massima distanza considerata tra turbina e recettore è stata assunta conservativamente pari a 2.000m.

Gli altri parametri utilizzati per i calcoli sono:

- a) Il range giornaliero di calcolo va dall'alba al tramonto (si considera alba/tramonto quando i raggi del sole formano un angolo di 3° con l'orizzonte).
- b) Tutte le giornate sono considerate con tempo sereno. Il calcolo più realistico andrebbe eseguito considerando dati di irraggiamento solare (provenienti ad esempio da una stazione meteo);
- c) La turbina è costantemente operativa;
- d) Il piano del rotore è sempre perpendicolare alla linea che va dalla WTG al sole (ipotesi conservativa);
- e) Le case sono modellate con una finestra su ogni lato dell'edificio. La pianta è considerata quadrata con il lato 1 verso nord, 2 a est, 3 a sud e 4 a ovest;;
- f) Il modello tiene conto della geometria delle turbine e del terreno tridimensionale;
- g) L'altezza dell'osservatore è pari a 2,00m;
- h) Il modello 3D del territorio si basa su un grigliato di 25x25m;

C. LAY-OUT

Il progetto prevede l'installazione di 10 macchine di grande taglia posizionate come mostrato nell'immagine seguente.

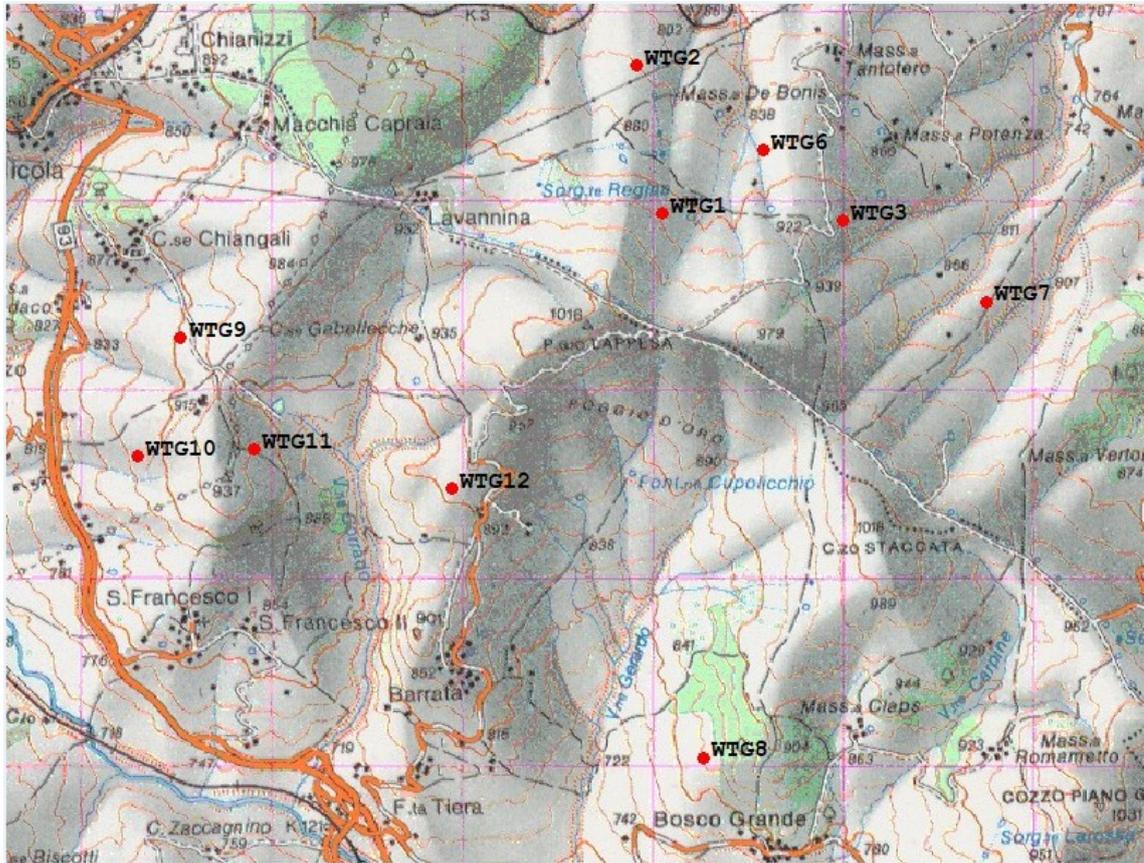


Figura 1 Lay-out 10 Vestas V136

Le coordinate UTM Wgs84 delle 10 macchine sono:

V136	UTM33T Wgs84	
	Est	Nord
WTG01	570981	4508756
WTG02	570849	4509536
WTG03	571932	4508712
WTG06	571511	4509088
WTG07	572684	4508286
WTG08	571200	4505872
WTG09	568452	4508099
WTG10	568224	4507468
WTG11	568839	4507504
WTG12	569872	4507295

Figura 2 Lay-out ottimizzato

La configurazione di impianto comprende turbine con rotore di 136m, e quota mozzo di 82,00m e di 112m. Nei due casi l'altezza complessiva, altezza mozzo più pala, è di 150m e di

180m rispettivamente. Sono state verificate le distanze dalle abitazioni secondo il vincolo indicato dal PIEAR pari a 2,5 volte Hmax.

Le configurazioni delle singole turbine sono qui riportate:

V136	Torre
	Alta/Bassa
WTG01	A
WTG02	A
WTG03	A
WTG06	B
WTG07	B
WTG08	A
WTG09	B
WTG10	B
WTG11	A
WTG12	A

Figura 3 Altezza torri

D. AEROGENERATORE

La turbina eolica Vestas V136-4.0 / 4.2 MW è una turbina con regolazione del passo con imbardata attiva e rotore sopravento a tre pale. Il diametro del rotore è di 136 m e una potenza nominale di 4,0 MW. La versione scelta per il Parco Eolico Poggio d'Oro è dotata di modalità Power Optimized (PO) che eleva la potenza a 4,2 MW.

Il lay-out dell'impianto prevede l'utilizzo di due torri diverse per raggiungere due altezze mozzo differenti: 82 e 112m. Le caratteristiche delle due versioni sono riassunte nelle seguenti tabelle:

Wind Climate	IEC IIB	IEC S
Hub Height	82 m	82 m
Power Rating	4.0MW	4.2MW
Wind Speed (10 min average), V_{ave}	8.5 m/s	8.0 m/s
Weibull Scale Factor, C	9.6 m/s	8.9 m/s
Weibull Shape Factor, k	2.0	2.0
I_{ref} acc. to IEC 61400-1	0.14	0.14
Turbulence Intensity acc. to IEC 61400-1, Including Wind Farm Turbulence (@15 m/s) I_{90} (90% quantile)	15.7%	15.7%
Wind Shear, α	0.20	0.20
Inflow Angle (vertical)	8°	8°

Figura 4 Caratteristiche V136 4/4,2MW per Hh82m ¹

Wind Climate	IEC IIB	IEC IIB S
Hub Height	105/112/114 m	105/112/114 m
Power Rating	4.0MW	4.2MW
Wind Speed (10 min average), V_{ave}	8.5 m/s	8.0 m/s
Weibull Scale Factor, C	9.6 m/s	8.9 m/s
Weibull Shape Factor, k	2.0	2.0
I_{ref} acc. to IEC 61400-1	0.14	0.14
Turbulence Intensity acc. to IEC 61400-1, Including Wind Farm Turbulence (@15 m/s) I_{90} (90% quantile)	15.7%	15.7%
Wind Shear, α	0.20	0.20
Inflow Angle (vertical)	8°	8°

Figura 5 Caratteristiche V136 4/4,2MW per Hh112m ²

¹ Si veda documento "Performance Specification V136-4.0/4.2 MW 50/60 Hz (Low HH)" – Document nr. 0067-7066 V07 del 2020-04-14 – Vestas Wind System

² Si veda documento "Performance Specification V136-4.0/4.2 MW 50/60 Hz (Low HH)" – Document nr 0067-7065 V08 del 2018-08-10 – Vestas Wind System

Le caratteristiche ambientali sono compatibili con i dati di progetto ma la scelta finale della turbina dovrà essere validata da Vestas.

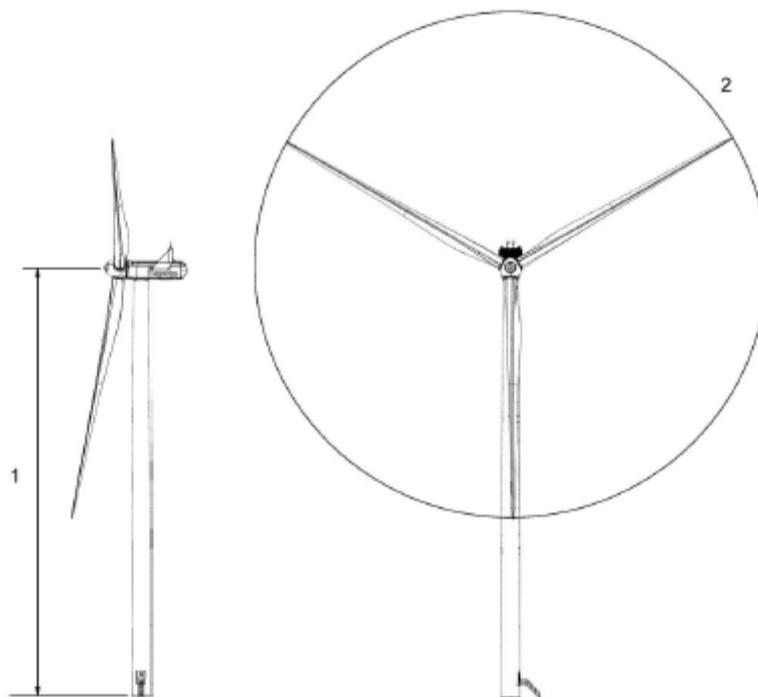


Figura 6 Dimensioni (1 Hhub altezza mozzo - 2 diametro rotore)

E. PUNTI SENSIBILI

Per la corretta individuazione dei punti, è indispensabile eseguire uno studio approfondito del territorio, valutando:

- aspetto visivo: si verifica l'attuale presenza di persone e l'utilizzo del luogo. Lo stato di conservazione/manutenzione è un fattore indicativo;
- utilizzo reale attuale: basato sulla documentazione e sulle notizie raccolte localmente;
- situazione documentale: situazione catastale e verifiche al Comune.

La metodologia di lavoro prevede la verifica di qualsiasi costruzione che possa prevedere la permanenza di almeno quattro ore al giorno di persone.

Vista la natura del luogo e l'utilizzo agricolo del territorio la maggior parte delle costruzioni risulta essere destinata a rifugio per animali o a semplice deposito.

Il risultato dell'analisi ha definito 12 recettori individuati nella seguente immagine con la lettera R seguita da numero progressivo.

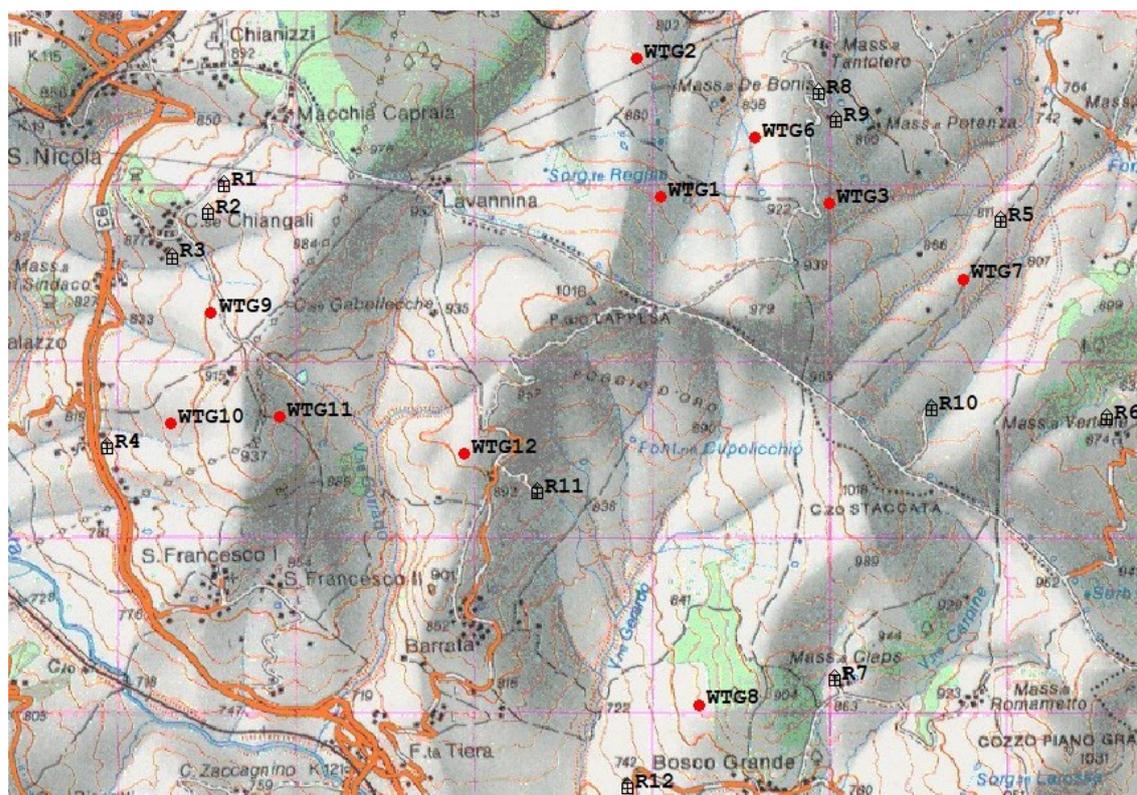
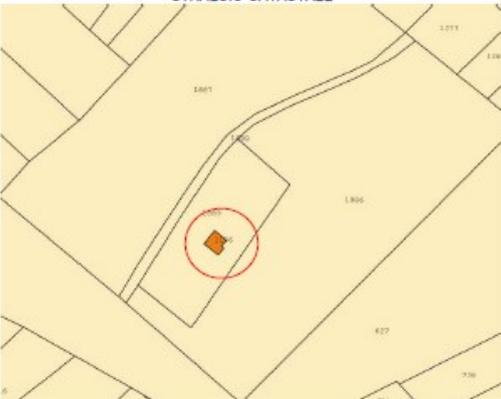


Figura 7 Indicazione Aerogeneratori (WTG) e Recettori (R)

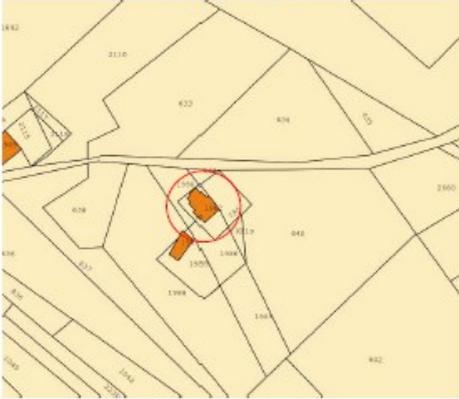
La descrizione di ogni recettore è sinteticamente esposta nelle seguenti schede che riportano: situazione catastale, coordinata, distanza dall'aerogeneratore più vicino, foto, stralcio catastale e vista su ortofoto. La selezione dei recettori è stata attentamente valutata. Si sono considerati infatti tutti gli edifici presenti con caratteristiche atte ad essere abitati. Per gli agglomerati con più edifici si è scelto sempre quello con distanza minore dalla macchina che risulta quindi il più esposto.

La descrizione di ogni recettore è sinteticamente esposta nelle seguenti schede che riportano: situazione catastale, coordinata, distanza dall'aerogeneratore più vicino, foto, stralcio catastale e vista su ortofoto.

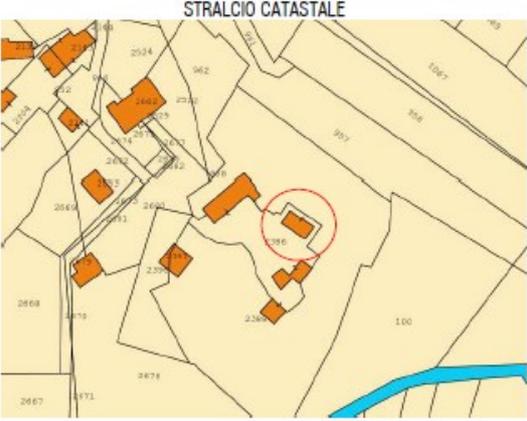
RECETTORE 1

	<p>Comune di Potenza Foglio 3 Part. 1196 Cat. A/2-C/2 Edificio accatastato abitato (Abitazione di tipo civile con magazzino e deposito)</p> <p>Coordinate WGS84 33T 568525E 4508816N</p> <p>WTG9 a 720m</p>
<p>STRALCIO CATASTALE</p> 	<p>STRALCIO SU ORTOFOTO</p> 

RECETTORE 2

	<p>Comune di Potenza Foglio 3 Part. 1982 Cat. A/3 Edificio accatastato non abitato (Abitazione di tipo economico)</p> <p>Coordinate WGS84 33T 568433E 4508659N</p> <p>WTG9 a 560m</p>
<p>STRALCIO CATASTALE</p> 	<p>STRALCIO SU ORTOFOTO</p> 

RECETTORE 3

	<p>Comune di Potenza Foglio 3 Part. 2386 Cat. A/2 – C/2 – C/6 Edificio accatastato abitato (Abitazione di tipo civile, magazzini e autorimesse)</p> <p>Coordinate WGS84 33T 568233E 4508405N (riferimento sub 3)</p> <p>WTG9 a 376m</p>
<p>STRALCIO CATASTALE</p> 	<p>STRALCIO SU ORTOFOTO</p> 

RECETTORE 4

	<p>Comune di Potenza Foglio 3 Part. 820 Cat. A/2 Abitazione civile</p> <p>Coordinate WGS84 33T 567865E 4507328N</p> <p>WTG10 a 385m</p>
<p>STRALCIO CATASTALE</p> 	<p>STRALCIO SU ORTOFOTO</p> 

RECETTORE 5

	<p>Comune di Pietragalla Foglio 60 Part. 524 Cat. A/4 Edificio accatastato non abitato (abitazione popolare)</p> <p>Coordinate WGS84 33T 572895E 4508607N</p> <p>WTG7 a 384m</p>
<p>STRALCIO CATASTALE</p> 	<p>STRALCIO SU ORTOFOTO</p> 

RECETTORE 6

	<p>Comune di Pietragalla Foglio 64 Part. 312 Cat. C/6 Edificio accatastato abitato. (Stalle, scuderie, rimesse, autorimessa)</p> <p>Coordinate WGS84 33T 573494E 4507489N</p> <p>WTG7 a 1.136m</p>
<p>STRALCIO CATASTALE</p> 	<p>STRALCIO SU ORTOFOTO</p> 

RECETTORE 7



Comune di Potenza
 Foglio 7 Part. 872 Cat. C/3 – C/6
 Edificio accatastato abitato.
 (Laboratori, Stalle, autorimessa)

Coordinate WGS84 33T
 571960E 4506008N

WTG8 a 772m

STRALCIO CATASTALE



STRALCIO SU ORTOFOTO



RECETTORE 8



Comune di Pietragalla
 Foglio 54 Part. 159 Cat. C/6
 Edificio accatastato abitato.

Coordinate WGS84 33T
 571873E 4509339N

WTG6 a 440m

STRALCIO CATASTALE



STRALCIO ORTOFOTO



RECETTORE 9

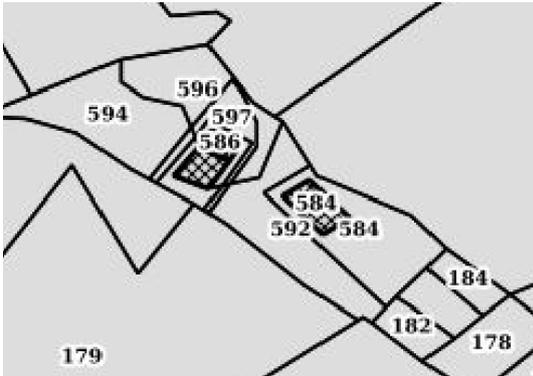


Comune di Pietragalla
Foglio 60 Part. 584 Cat.
Edificio accatastato non abitato.

Coordinate WGS84 33T
571966E 4509177N

WTG6 a 463m

STRALCIO CATASTALE



STRALCIO ORTOFOTO



RECETTORE 10



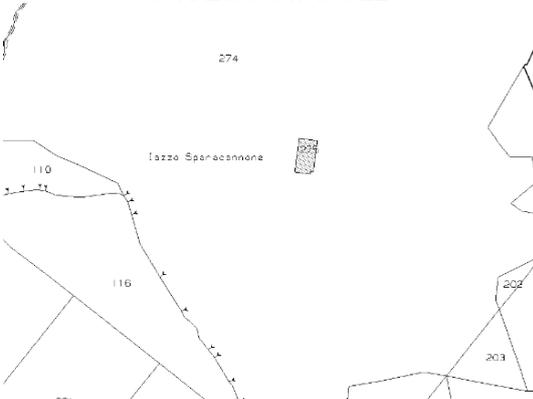
Comune di Pietragalla
Foglio 62 Part. 275 Cat. A/2

Edificio accatastato.

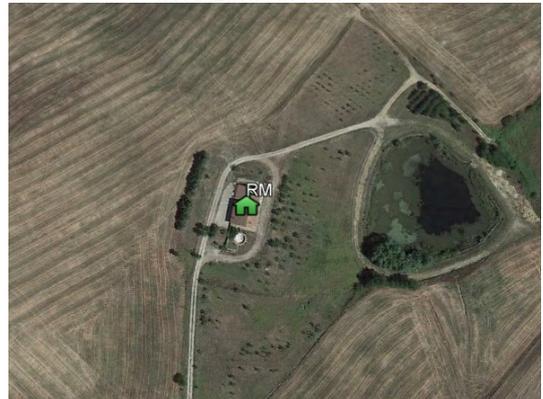
Coordinate WGS84 33T
572504E 4507545N

WTG7 a 762m

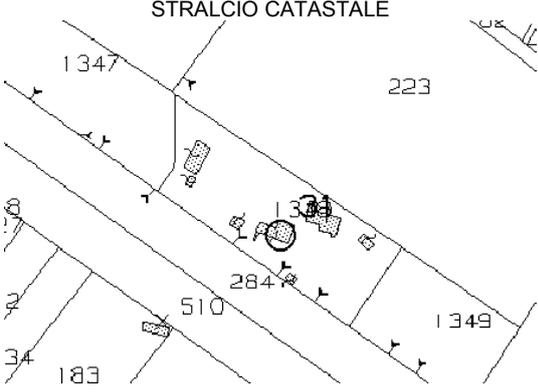
STRALCIO CATASTALE



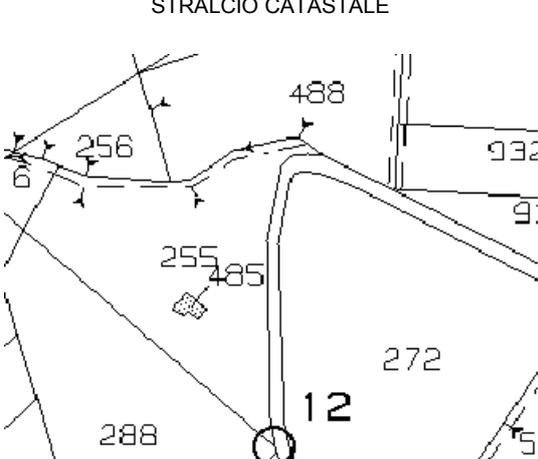
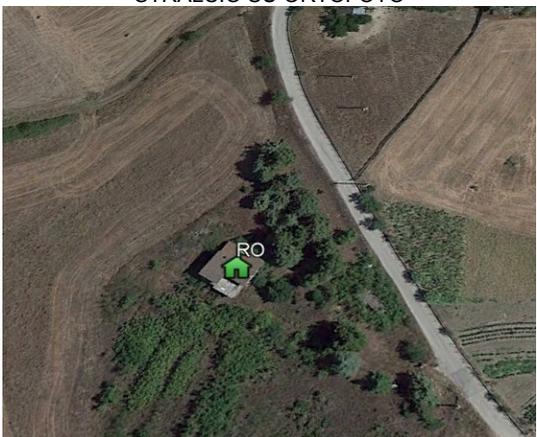
STRALCIO ORTOFOTO



RECETTORE 11

	<p>Comune di Potenza Foglio 6 Part.1348 Cat. Edificio accatastato.</p> <p>Coordinate WGS84 33T 570285E 4507073N</p> <p>WTG12 a 468m</p>
<p>STRALCIO CATASTALE</p> 	<p>STRALCIO ORTOFOTO</p> 

RECETTORE 12

	<p>Comune di Potenza Foglio 7 Part.485 Edificio accatastato non abitato.</p> <p>Coordinate WGS84 33T 570796E 4505399N</p> <p>WTG8 a 622m</p>
<p>STRALCIO CATASTALE</p> 	<p>STRALCIO SU ORTOFOTO</p> 

RISULTATI

E.1 Analisi complessiva

I risultati della simulazione eseguita con il codice di calcolo è illustrata nella seguente immagine:

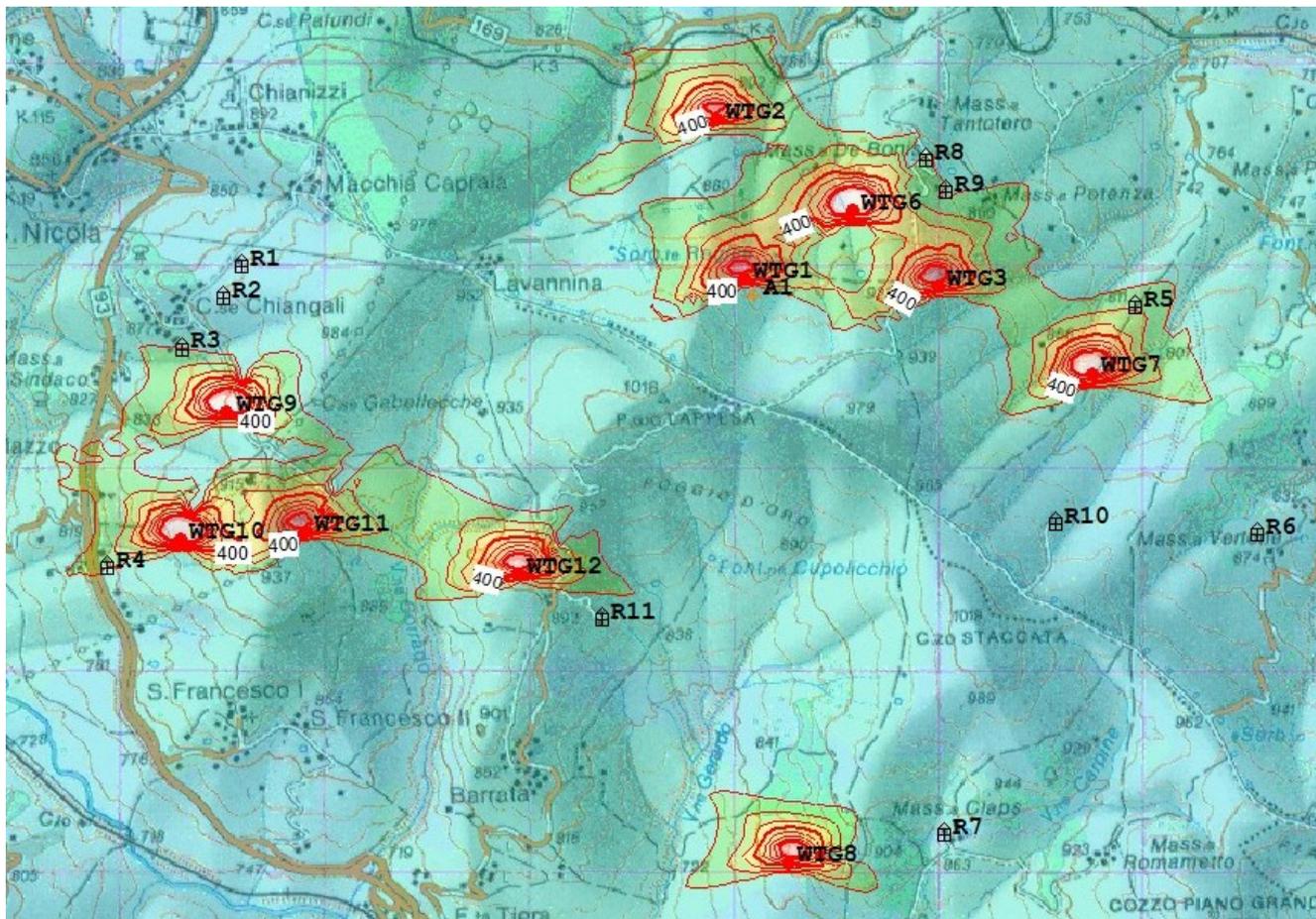


Figura 8 Risultati calcolo durata ombreggiamento.

La figura riporta sul terreno le curve che corrispondono a eguale numero di ore annue di ombra calcolate con le ipotesi illustrate nei precedenti paragrafi. La prima curva definisce l'area con più di 100 ore d'ombra/anno e le successive (interne) sono tracciate ogni 100ore aggiuntive.

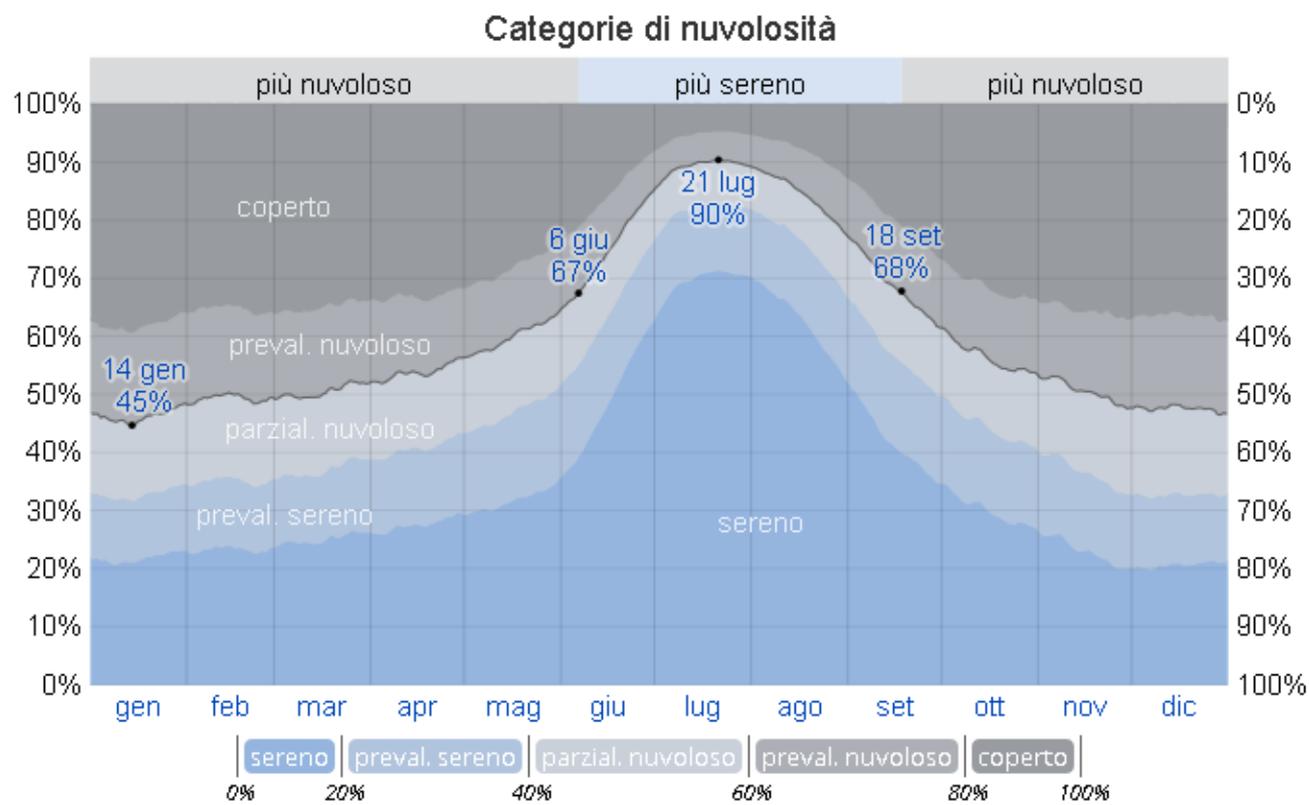
La scala cromatica permette una lettura più immediata, riconoscendo le zone verdi con un ombra tra 100 e 200 ore/anno per poi salire fino a oltre 800 ore nella parte bianca centrale.

Si può notare come le macchine con torri più basse abbiano una zona centrale più estesa.

Il riferimento di 400ore, evidenziato con una linea continua rossa, corrisponde a mediamente a 1h06' giornalieri nelle quali si ha potenzialmente l'effetto.

Considerando che la nuvolosità su Potenza è statisticamente indicata con il 40% dell'anno (vedi successiva immagine tratta da it.weatherspark.com) l'effetto si manifesta

effettivamente solo nel 60% delle giornate (ovvero in quelle con cielo sereno o poco nuvoloso).



La percentuale di tempo trascorso in ciascuna fascia di copertura nuvolosa, categorizzata secondo la percentuale di copertura nuvolosa del cielo.

E.2 Analisi dettagliata

Per quanto riguarda invece i punti sensibili, l'effetto del flickering è da considerare caso per caso. I risultati riassuntivi sono riportati, per ogni recettore, nella seguente tabella.

Recettori soggetti al fenomeno ombra/flickering	Ore di ombra/flickering massime teoriche per anno [hh:mm]	Giorni per anno in cui è presente l'ombra	Tempo massimo giornaliero di ombra/flickering [hh:mm]	Ore di ombra attese per anno considerando nuvolosità [hh:mm]
3	103:12:00	94	01:18	61:55:12
4	128:06:00	143	01:16	76:51:36
5	194:24:00	256	01:19	116:38:24
8	127:54:00	183	01:13	76:44:24
9	115:48:00	210	01:08	69:28:48
11	10:30:00	50	00:19	6:18:00

Tabella 1 Risultati per i due punti di calcolo

La tabella riassume in maniera schematica i risultati del calcolo, riportando per ogni edificio i seguenti valori:

- Valori massimi teorici di ombra/flickering nell'anno ipotizzando cielo sempre sereno con pale sempre in movimento;
- Numero giornate nel quale è prevista l'ombra nell'anno ipotizzando cielo sempre sereno;
- Tempo massimo giornaliero di ombra/flickering;
- Ore di ombra attese (considerando la probabilità di cielo nuvoloso nelle varie stagioni) .

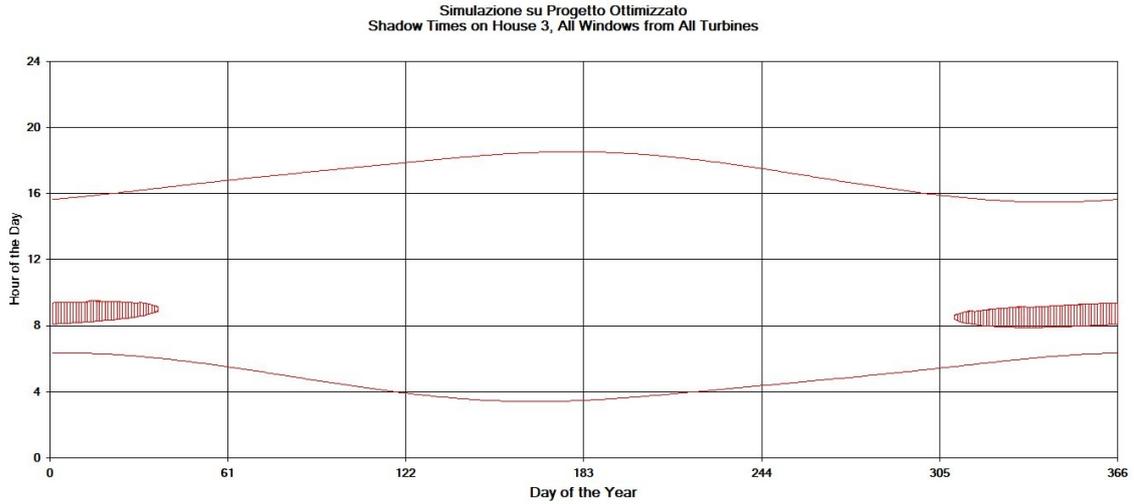
Nei seguenti grafici viene presentato, per i recettori soggetti al fenomeno, l'andamento orario e stagionale.

Il grafico porta in ordinata l'orario (mattina in basso e sera in alto) ed in ascissa i giorni dell'anno (a sinistra abbiamo il capodanno, segue inverno, primavera, estate nella parte centrale, per concludersi con autunno e inverno).

Le due righe continue indicano l'orario del sorgere del sole (in basso) e del tramonto (in alto).

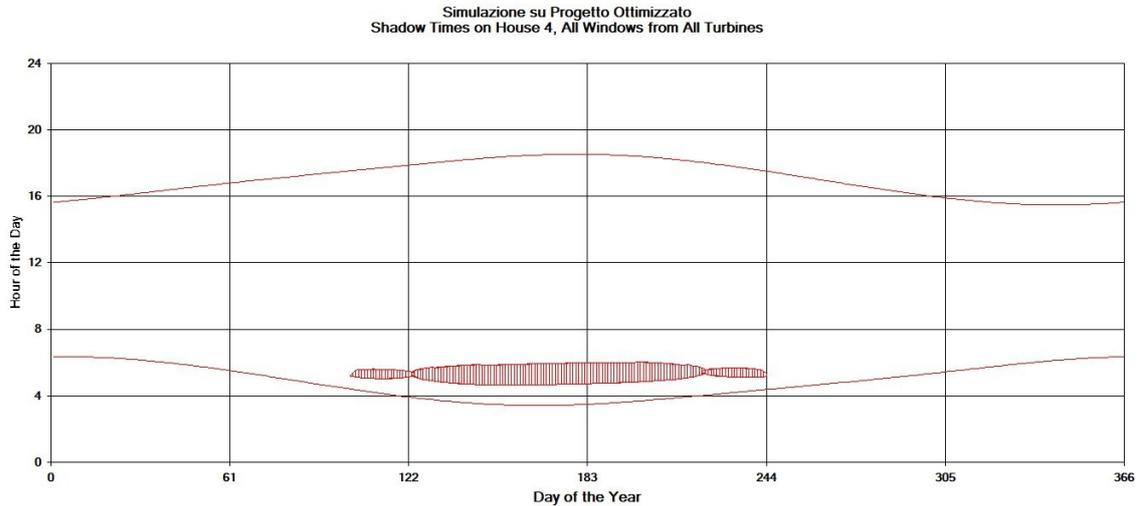
Le aree tratteggiate indicano la presenza del fenomeno.

RECETTORE 3



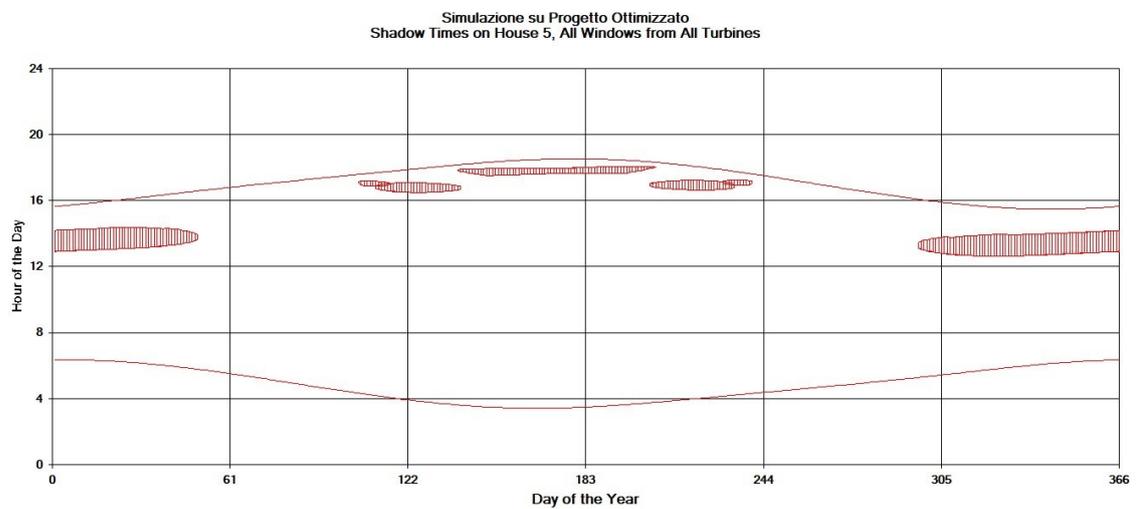
Periodo invernale in mattinata.

RECETTORE 4



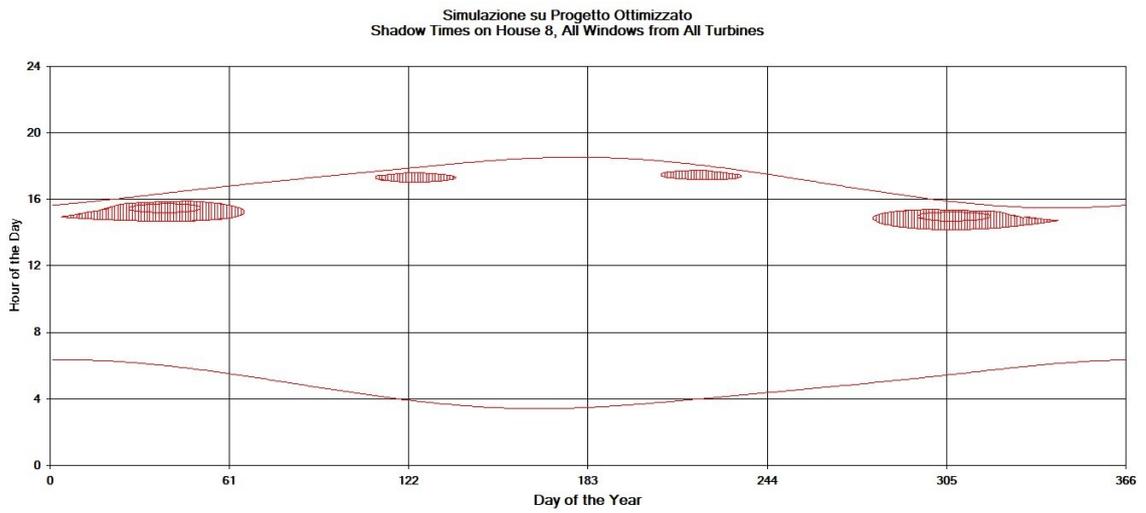
Mattina periodo estivo

RECETTORE 5



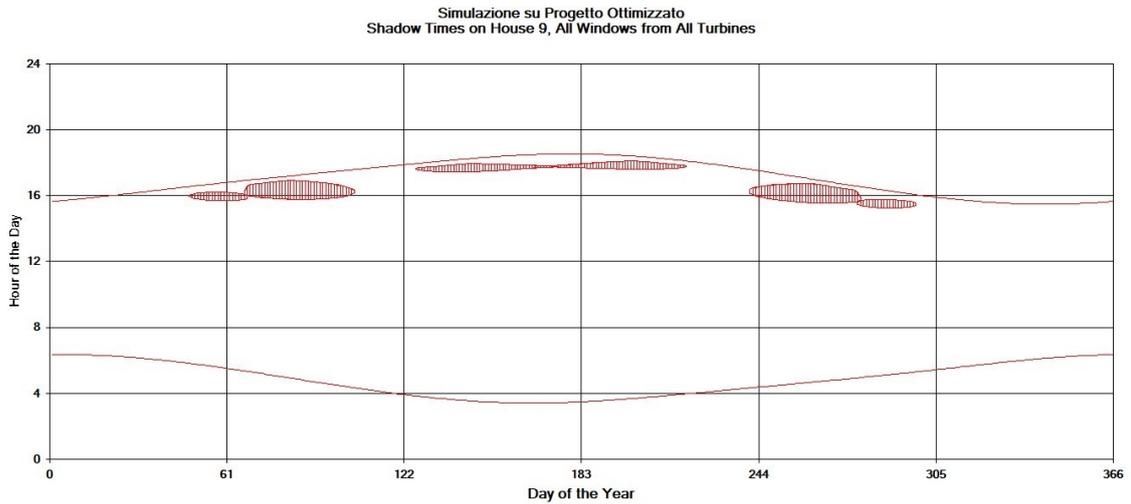
Periodi serali distribuiti. In estate brevi periodi.

RECETTORE 8



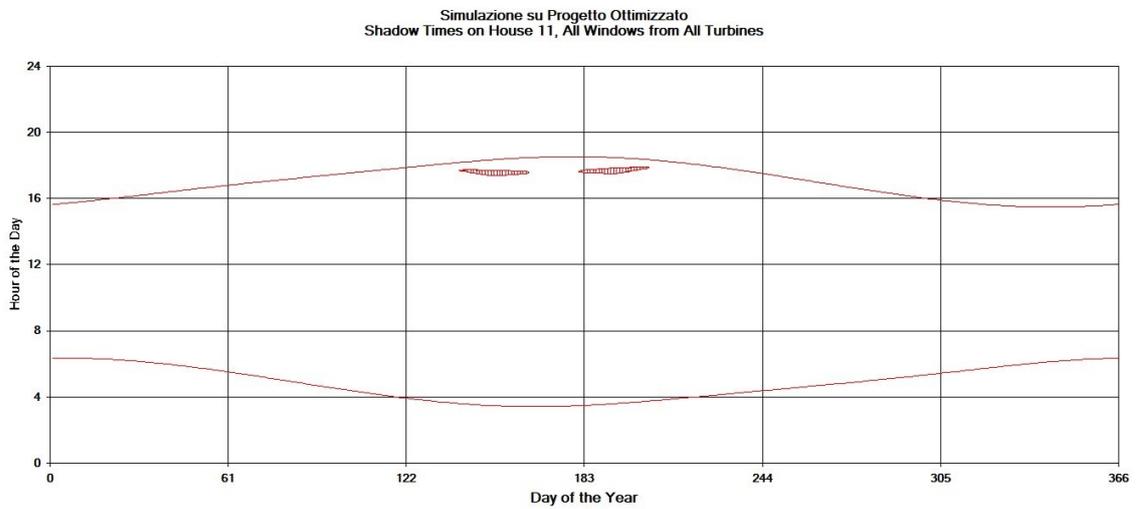
Ore serali. In estate brevi durate.

RECETTORE 9



Ore serali, brevi durate.

RECETTORE 11



Effetto trascurabile

L'edificio 5 è l'unico che ha la presenza di ombra di una certa consistenza durante le serate causata dalla WTG 7 e WTG3.

Nella realtà si può supporre che nel periodo invernale l'effetto sia notevolmente ridotto dalla presenza di nuvole, mentre in estate durante la sera si registrano normalmente calme di vento con conseguente fermata della macchina e annullamento dell'effetto.

In ogni caso se il disturbo fosse accertato, il costruttore si impegna a programmare la macchina all'arresto nell'intervallo individuato per evitare qualsiasi tipo di disturbo.

Per gli altri recettori il disturbo è limitato nel tempo e quasi sempre si manifesta nel periodo invernale concentrato nella mattinata e quindi in periodi/orari nel quale il disturbo arrecato è minimo.

F. CONCLUSIONI

I risultati dell'analisi di impatto di ombra e flickering evidenziano che l'impianto eolico non provoca effetti negativi per nessun centro urbano.

La verifica ha evidenziato che alcuni punti sensibili sono soggetti a brevi periodi di ombra/flickering ma per quasi tutti i punti il problema è solo nel periodo invernale e nelle ore mattutine, quindi in periodi nei quali gli abitanti sono impegnati nelle attività lavorative e quindi l'impatto risulta minimo.

In ogni caso, individuato il disturbo, il proprietario dell'impianto si impegna a procedere con opportune azioni di mitigazione per minimizzare l'eventuale disturbo.

Si può inoltre apprezzare come il parco eolico non risulti responsabile dell'ombra sulle strade di collegamento limitrofe al parco e quindi non si ha nessun effetto negativo, quale la formazione di ghiaccio nel periodo invernale, nella viabilità circostante.