



IRON SOLAR S.R.L.

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA MEDIANTE LO SFRUTTAMENTO DEL VENTO NEL TERRITORIO COMUNALE DI SALICE SALENTINO (LE) - VEGLIE (LE)

PROGETTO DEFINITIVO

prima emissione: ottobre 2020

REV.	DATA	DESCRIZIONE:

PROGETTAZIONE

ARCHITETTURA E PAESAGGIO



via Volga c/o Fiera del Levante Pad.129 - BARI (BA)
ing. Sebanino GIOTTA - ing. Fabio PACCAPELO
ing. Francesca SACCAROLA

VIRUSDESIGN®
arch. Vincenzo RUSSO
via Puglie n.8 - Cerignola (FG)



IMPIANTI ELETTRICI

ing. Roberto DI MONTE

GEOLOGIA

geol. Pietro PEPE

ACUSTICA

ing. Francesco PAPEO

ARCHEOLOGIA

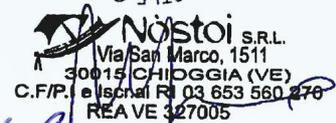
Nostoi S.r.l.

STUDIO PEDO-AGRONOMICO

dr. for. Sara MASTRANGELO

ASPETTI FAUNISTICI

dott. nat. Fabio MASTROPASQUA



SIA.ES. STUDI SPECIALISTICI
ES.6 ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI. SHADOW FLICKERING



INDICE.

1.	OBIETTIVI DELLO STUDIO	2
2.	IL PARCO EOLICO DI AVETRANA.....	2
2.1.	LOCALIZZAZIONE DEL SITO EOLICO.....	2
2.2.	CONFIGURAZIONE DI IMPIANTO	4
2.3.	CARATTERISTICHE DELL'AEROGENERATORE SELEZIONATO.....	5
3.	IL FENOMENO DELLO SHADOW FLICKERING.....	6
3.1.	CENNI SUL FENOMENO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA GENERATA DAGLI AEROGENERATORI.....	6
4.	ANALISI DEI RECETTORI	8
4.1.	POSIZIONE E DESCRIZIONE DEI RECETTORI SENSIBILI AL FENOMENO DELLO SHADOW FLICKERING	8
5.	METODOLOGIA DI ANALISI.....	10
5.1.	IL MODELLO DI CALCOLO.....	10
5.2.	CALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING	10
6.	RISULTATI DEL CALCOLO	12
6.1.	LA MAPPA DI MASSIMO OMBREGGIAMENTO	12
6.2.	LO SHADOW FLICKERING SUL RECETTORE H6.....	15
6.3.	LO SHADOW FLICKERING SUL RECETTORE H20.....	16
6.4.	LO SHADOW FLICKERING SUL CIRCUITO DI NARDÒ.....	17

1. OBIETTIVI DELLO STUDIO

Le attività principali del lavoro oggetto del presente documento sono lo studio del fenomeno dello shadow flickering dell'Impianto eolico di seguito descritto e la valutazione dell'impatto di tale fenomeno su determinati recettori. La valutazione tecnica del fenomeno è eseguita con l'ausilio di un software di simulazione specifico per la progettazione degli impianti eolici WindFarm della ReSoft, costituito da un insieme di moduli di elaborazione orientati alla simulazione di una serie di aspetti che caratterizzano le diverse fasi progettuali. Nella presente relazione è quindi riportata:

- 1) la descrizione del parco eolico in studio con le posizioni delle turbine e loro caratteristiche tecniche;
- 2) una breve descrizione tecnica del fenomeno di shadow flickering;
- 3) la descrizione dei recettori soggetti al fenomeno per i quali è stata richiesta questa analisi;
- 4) la sintesi della metodologia di analisi seguita per lo studio;
- 5) la sintesi dei risultati ottenuti, con allegati grafici analitici di dettaglio che descrivono il fenomeno su ognuno dei recettori per tutto l'anno solare.

2. IL PARCO EOLICO DI AVETRANA

2.1. LOCALIZZAZIONE DEL SITO EOLICO

Il Sito Eolico di Avetrana oggetto del presente studio si trova in Puglia, in provincia di Taranto come raffigurato nell'ortofoto riportata nella successiva **Figura 1**.

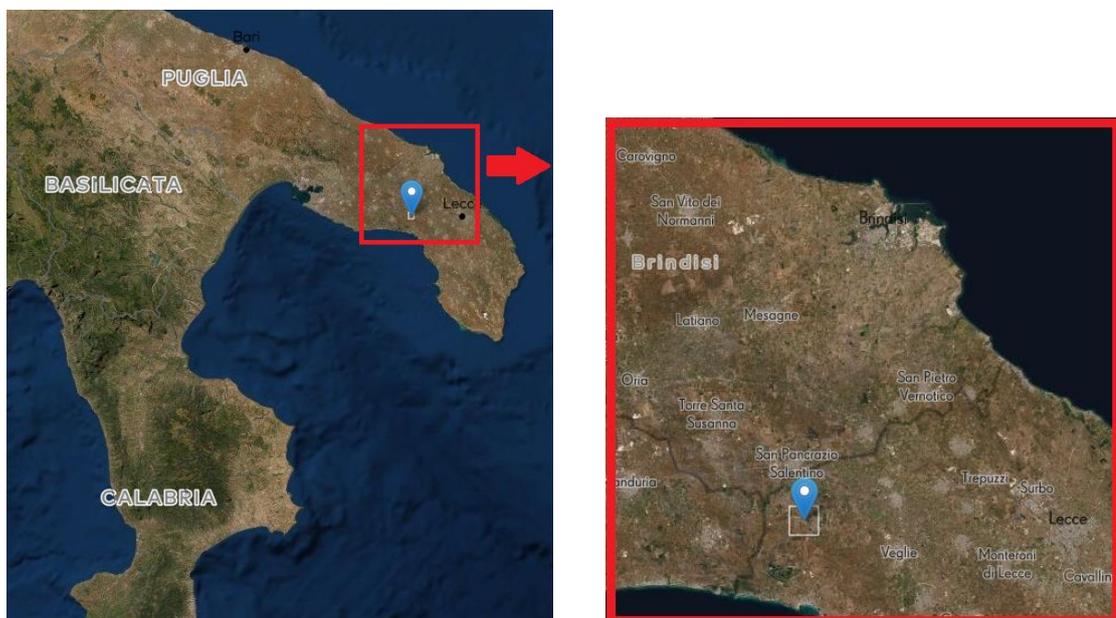


Figura 1 – Localizzazione del sito eolico in esame su stralcio ortofotoplanimetrico.

Con maggiore precisione l'area in studio è un'area rettangolare di 5 km di lato posizionata tra l'abitato di San Pancrazio Salentino a Nord ed il circuito di prova automobilistico di Nardò a Sud, come raffigurato nella successiva **Figura 2**.

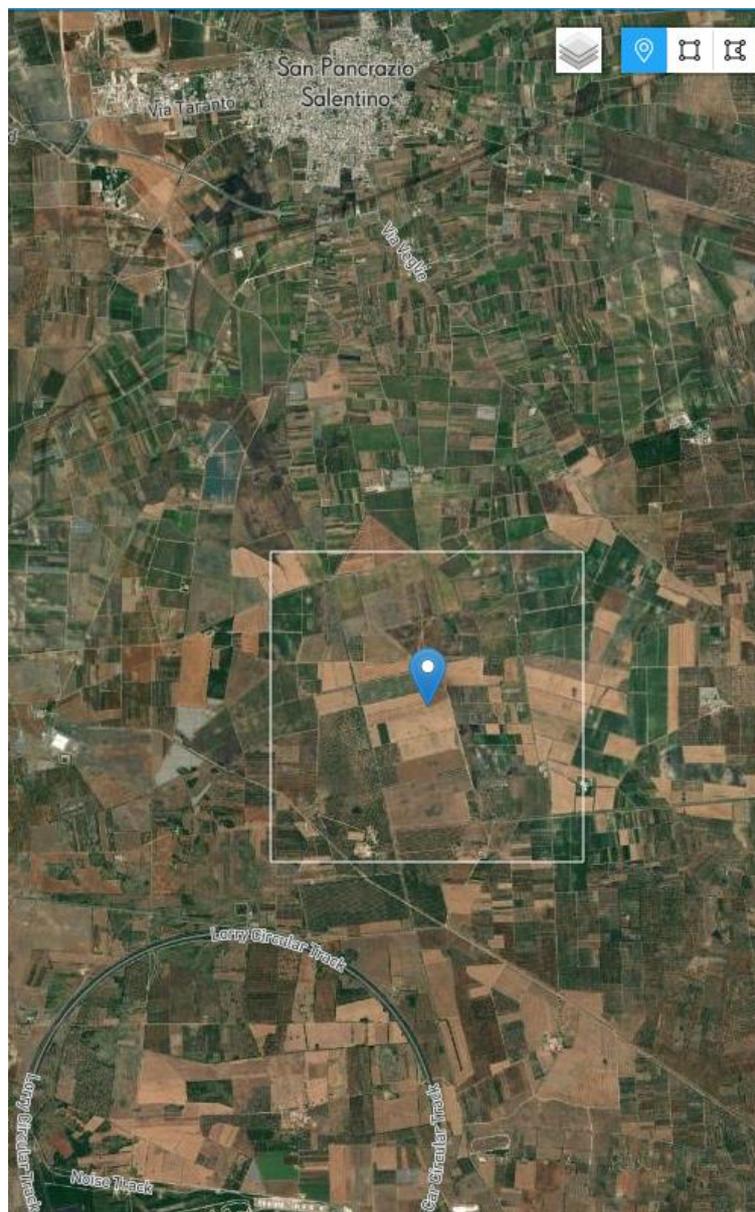


Figura 2 – Localizzazione dell'area rettangolare in studio su stralcio ortofotoplanimetrico.

Il sito è completamente pianeggiante ad una altitudine media di 60 m sul livello del mare con una ottima esposizione al vento lungo tutte le direzioni in quanto non esistono in prossimità ostacoli degni di nota. Come si deduce dall'ortofoto di **Figura 2**, l'area rettangolare di posizionamento degli aerogeneratori è caratterizzata da una complessità orografica bassa, privo di insediamenti importanti, caratterizzata dalla presenza di sporadiche case ed il cui suolo è destinato ad attività agricola, in particolare alla coltivazione cerealicola e di uliveti e vigneti. L'attuale utilizzo del terreno non sarà

pregiudicato dalla costruzione dell'impianto, poiché la superficie effettivamente occupata dall'aerogeneratore e delle opere accessorie è di poche centinaia di metri quadrati.

2.2. CONFIGURAZIONE DI IMPIANTO

L'impianto eolico oggetto dello Studio consta di 7 turbine eoliche del modello SG 6.0 - 170 con altezza mozzo pari a 165m e diametro del rotore di 170m le cui coordinate sono riportate in **Tabella 1**.

name	x	y	z	hub height	turbine type
Turbine1	739063	4474413	65	165	SG 6.0 - 170
Turbine2	738932	4473034	72	165	SG 6.0 - 170
Turbine3	740872	4472145	75	165	SG 6.0 - 170
Turbine4	741276	4472780	69	165	SG 6.0 - 170
Turbine5	741902	4472146	66	165	SG 6.0 - 170
Turbine6	741951	4471293	66	165	SG 6.0 - 170
Turbine7	742972	4474247	60	165	SG 6.0 - 170

Tabella 1 – Coordinate degli aerogeneratori previsti in WGS84 z33 e loro quota ed altezza di hub.

Nella successiva **Figura 3** viene presentato un rendering delle 7 turbine ipotizzate.

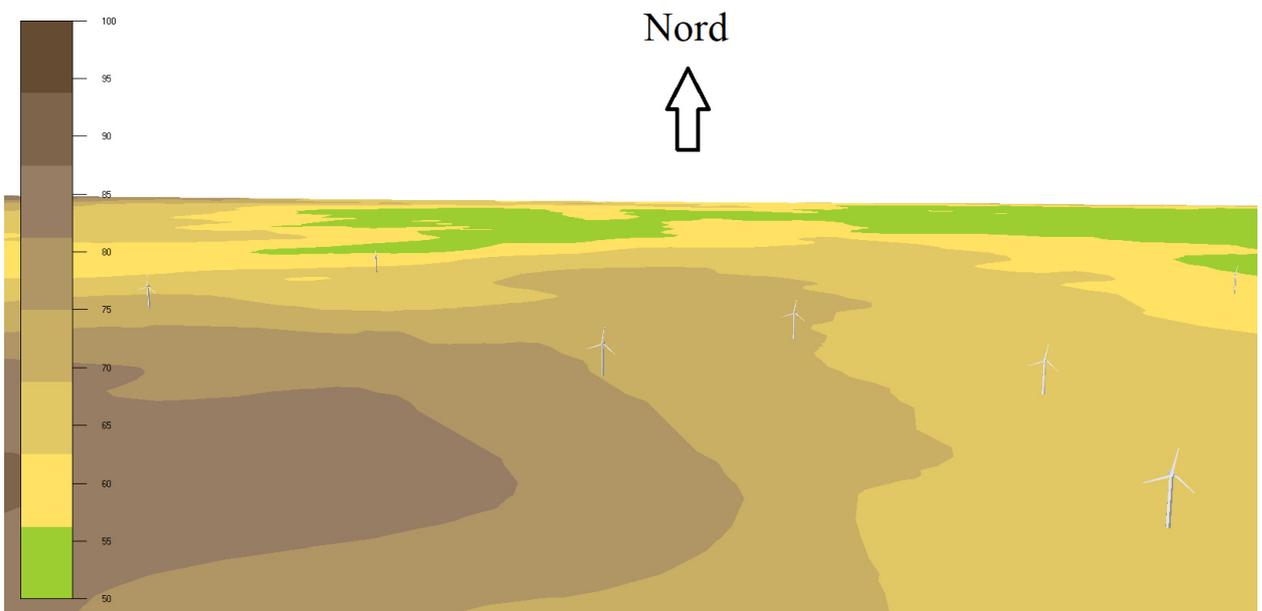


Figura 3 – Rappresentazione prospettica degli aerogeneratori su carta di livello in falsi colori.

2.3. CARATTERISTICHE DELL'AEROGENERATORE SELEZIONATO

Nel Parco Eolico di Avetrana è prevista l'installazione di turbine del costruttore Siemens Gamesa modello SG 6.0 di 170m di diametro con altezza mozzo pari a 165m e potenza nominale pari a 6,0 MW.

In **Tabella 2** è riportata la curva di potenza e di spinta relativa alla densità standard dell'aria pari a 1,225 kg/m³.

VELOCITÀ VENTO [m/s]	POTENZA ELETTRICA [kW] $\rho_{aria}=1.225 \text{ kg/m}^3$	COEFFICIENTE DI SPINTA AERODINAMICA $\rho_{aria}=1.225 \text{ kg/m}^3$
3.0 = Cut in	89	0.914
3.5	176	0.859
4.0	325	0.841
4.5	520	0.830
5.0	756	0.821
5.5	1039	0.816
6.0	1375	0.814
6.5	1772	0.813
7.0	2232	0.813
7.5	2760	0.811
8.0	3350	0.803
8.5	3976	0.783
9.0	4582	0.742
9.5	5097	0.679
10.0	5476	0.602
10.5	5720	0.523
11.0	5861	0.450
11.5	5934	0.387
12.0	5970	0.334
12.5	5987	0.291
13.0	5994	0.256
13.5	5998	0.227
14.0	6000	0.202
14.5	6000	0.181
15.0	6000	0.163
15.5	6000	0.148
16.0	6000	0.134
16.5	6000	0.123
17.0	6000	0.113
17.5	6000	0.104
18.0	6000	0.097
18.5	6000	0.090
19.0	6000	0.084
19.5	6000	0.079
20.0	6000	0.075
20.5	5898	0.064
21.0	5788	0.059
21.5	5678	0.054
22.0	5568	0.050
22.5	5458	0.046
23.0	5348	0.043
23.5	5237	0.039
24.0	5128	0.037
24.5	5017	0.034
25.0 = cut out	4907	0.032

Tabella 2 – Curva di potenza e di spinta della turbina SG 6.0 - 170.

3. IL FENOMENO DELLO SHADOW FLICKERING

3.1. CENNI SUL FENOMENO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA GENERATA DAGLI AEROGENERATORI

Lo “shadow flickering” (letteralmente ombreggiamento intermittente) è l'espressione comunemente impiegata per descrivere l'effetto stroboscopico delle ombre proiettate dalle pale rotanti degli aerogeneratori eolici allorché il sole si trova alle loro spalle come rappresentato schematicamente nella successiva **Figura 4**.

Il fenomeno si traduce in una variazione alternata di intensità luminosa che, a lungo andare, può provocare fastidio agli occupanti delle abitazioni le cui finestre risultano esposte al fenomeno stesso. Il fenomeno, ovviamente, risulta assente sia quando il sole è oscurato da nuvole o nebbia, sia quando, in assenza 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 a causa di continui sbalzi della tensione della rete di alimentazione elettrica.

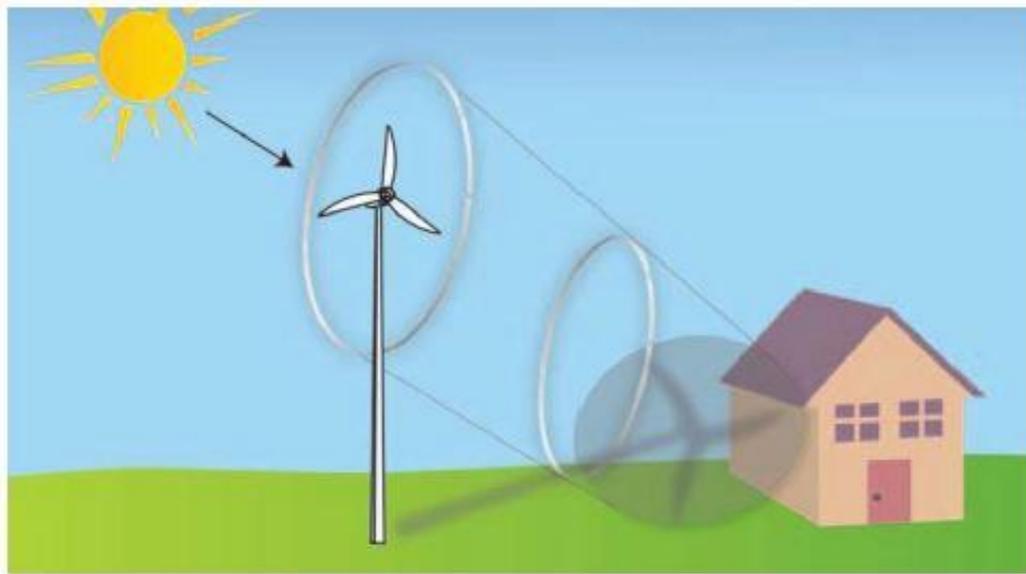


Figura 4 – Rappresentazione schematica del fenomeno dello shadow flickering.

I più recenti aerogeneratori tripala operano tutti ad una velocità di rotazione inferiore ai 35 giri al minuto, corrispondente ad una frequenza di passaggio delle pale sulla verticale inferiore a 1,75 Hz, minore, quindi, della frequenza critica di 2,5 Hz. Inoltre, i generatori di grande potenza (dal MW in su) raramente superano la velocità di rotazione di 20 giri al minuto, corrispondente a frequenze di passaggio delle pale ampiamente minori di quelle ritenute fastidiose per la maggioranza degli individui. Generatori eolici di grandissime dimensioni (come quello oggetto di studio e descritto nel precedente Capitolo 2) non superano i 10 giri al minuto: in particolare l'aerogeneratore prescelto Siemens Gamesa modello SG

6.0 di 170m di diametro è caratterizzato da una velocità di rotazione di soli 8,5 giri al minuto corrispondente ad una frequenza di passaggio delle pale sulla verticale inferiore a 0,5 Hz, molto minore, quindi, della frequenza critica di 2,5 Hz. Non esistono attualmente studi che dimostrino come frequenze così basse possano dar luogo a senso di fastidio. Tuttavia, in virtù del principio di precauzione, si presuppone che anche frequenza così basse possano provocare disturbi a soggetti particolarmente sensibili.

Ricordiamo che la possibilità e la durata dell'effetto stroboscopico delle ombre proiettate dalle pale rotanti degli aerogeneratori eolici dipendono da una serie di condizioni ambientali, tra cui:

- la posizione del sole;
- l'ora del giorno;
- il giorno dell'anno;
- le condizioni atmosferiche ambientali;
- la posizione della turbina eolica rispetto ad un recettore sensibile.

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. Viceversa, la condizione di minore impatto corrisponde a quella nella quale la congiungente ricettore – sole giace nel piano del rotore: condizione quest'ultima che proietta una striscia di ombra che si allunga e si contrae ritmicamente (il cosiddetto "colpo di frusta"). Ciononostante, sempre in soggetti particolarmente sensibili non si può escludere che anche questa seconda condizione di minore impatto d'ombra rappresenti in ogni caso una fonte di disturbo. Ne consegue che la posizione del rotore e quindi in definitiva la direzione di provenienza del vento risulta assolutamente non determinante in termini di entità del disturbo. Pertanto, la direzione di provenienza del vento risulta per i nostri scopi del tutto irrilevante.

Le relazioni spaziali tra un aerogeneratore ed un ricettore (come un'abitazione) risulta essere sicuramente il fattore chiave per la durata del fenomeno di *shadow flickering*. Si può senz'altro affermare che la maggiore durata del fenomeno espresso in ore annue si ha per distanze dell'ordine dei 300 m dall'aerogeneratore ovvero per distanze simili a quelle di gettata della pala in caso di rottura accidentale e dunque in zone nelle quali in teoria non dovrebbero essere situate abitazioni o in ogni caso esserci attività lavorative. A distanze superiori ai 500m dall'aerogeneratore il fenomeno appare confinato alla mattina oppure al pomeriggio. ovvero in quelle ore in cui le ombre risultano molto lunghe per effetto della piccola elevazione solare. Al di là di una certa distanza l'ombra smette di essere un problema perché il rapporto tra lo spessore della pala ed il diametro del sole diventa molto piccolo. In generale, essendo le pale degli oggetti di larghezza di qualche metro l'area soggetta a *shadow flickering* non si estende generalmente oltre i 2,0 km. Nel particolare caso in esame, l'aerogeneratore prescelto presenta una pala avente "corda" di 4,5m. Dunque, sempre in considerazione del principio di precauzione sopracitato si ritiene che l'area soggetta a *shadow flickering* termini ad una distanza di 3,5 km dalla turbina. Ovviamente, ad una tale distanza il fenomeno si verificherà solo in corrispondenza dell'alba o del tramonto ed in misura appena percettibile.

4. ANALISI DEI RECETTORI

4.1. POSIZIONE E DESCRIZIONE DEI RECETTORI SENSIBILI AL FENOMENO DELLO SHADOW FLICKERING

L'analisi di shadow flickering di cui al presente studio è stata elaborata per specifici n. 2 recettori nell'intorno dell'impianto. Altri potenziali recettori sono stati esclusi dal calcolo di simulazione poiché allo stato attuale risultano ruderi non abitati e sostanzialmente privi di caratteristiche minime di abitabilità o agibilità. I recettori vengono pertanto nel seguito identificati anche con il più generico termine inglese di "house" ovvero casa. In particolare, nella **Tabella 3** seguente sono riportate le coordinate dei due recettori considerati nello studio (denominati H6 ovvero "house" 6 ed H20 ovvero "house" 20).

Recettore	x	y
H6	739528	4473236
H20	742785	4475039

Tabella 3 – Coordinate dei recettori previsti in WGS84 z33.

Il perché come recettori si individuino generalmente abitazioni è legato al fatto che, sebbene il fenomeno dello *shadow flickering* possa essere percepito ovviamente anche all'esterno, esso risulta più evidente e fastidioso in ambienti chiusi provvisti di finestrate. In più, in quegli ambienti dotati di finestrate che si trovano orientate proprio sul prolungamento della direttrice sole-turbina il fenomeno dello shadow flickering sarà particolarmente rilevante, mentre risulterà sicuramente meno impattante (o addirittura nullo) per quegli ambienti con finestrate il cui orientamento si discosta dal prolungamento della direttrice sole-turbina. Conseguentemente, una corretta valutazione del fenomeno del flickering non può prescindere dall'esatto orientamento delle finestrate. Con riferimento all'analisi in esame, il proponente ha suggerito di considerare l'esposizione EST per le finestrate di entrambi i recettori.

In particolare, il recettore H6 appare essere un'abitazione di tipo economico connessa ad un piccolo fabbricato per funzioni produttive relative alle attività agricole. Invece, il recettore H20 corrisponde alla Masseria "Doppio Passo", opificio dedito alla produzione vitivinicola.

Nella **Figura 5** di pagina seguente viene proposta la disposizione dei 7 aerogeneratori previsti e dei due recettori su stralcio cartografico IGM 1:25000.

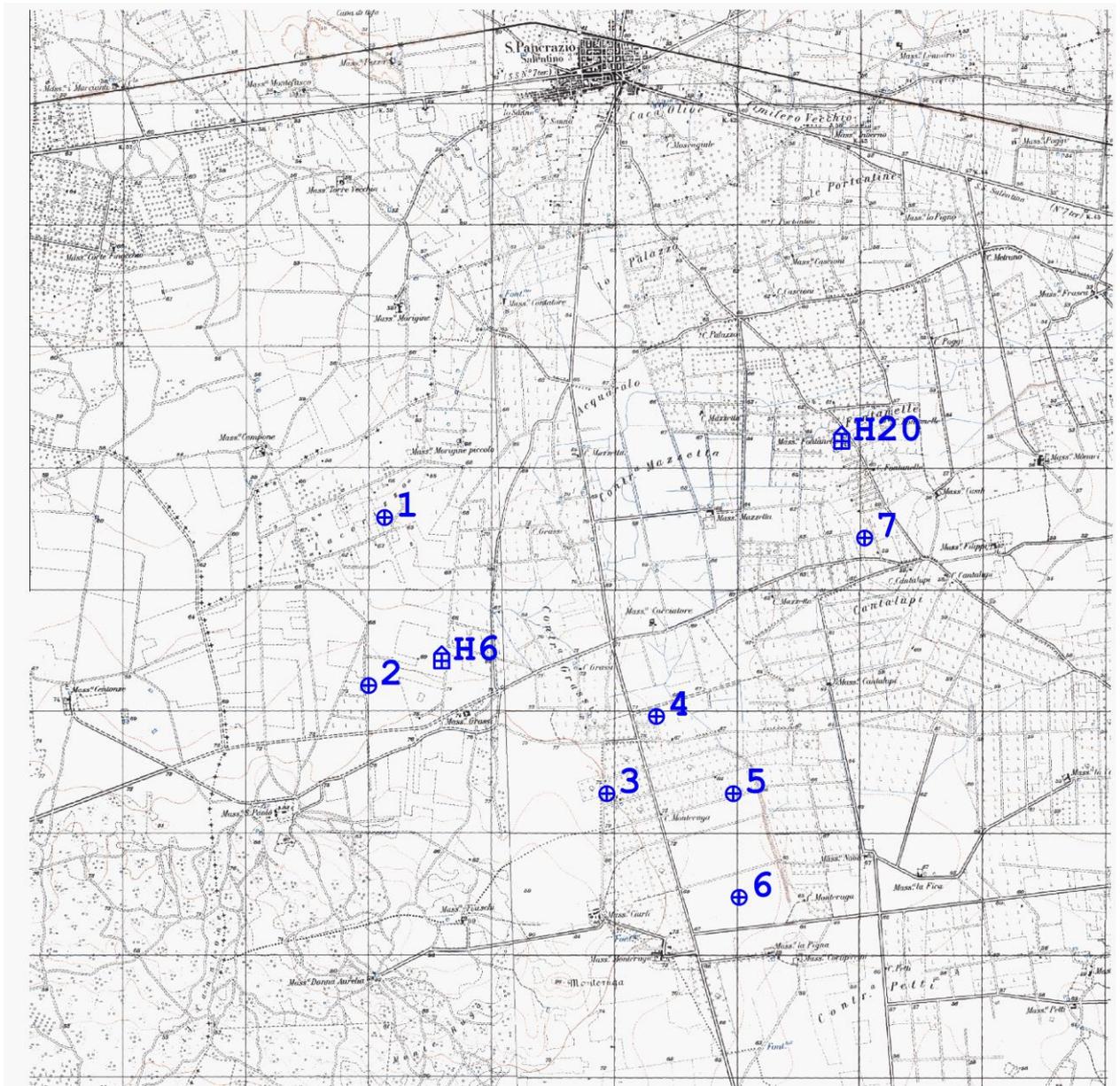


Figura 5 – Individuazione degli aerogeneratori e dei recettori su stralcio cartografico IGM 1:25000.

Per quanto riguarda la dimensione delle superfici vetrate da considerare nel calcolo, trattandosi di edifici che non presentano grandi finestrature (generalmente comprese tra il 10% ed il 20% della intera superficie esterna) si considera un'altezza di 3m per una larghezza di 3m.

5. METODOLOGIA DI ANALISI

5.1. IL MODELLO DI CALCOLO

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 è stato impiegato il modulo shadow flickering del software WindFarm 4 (ReSoft Limited©). Esso 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 delle abitazioni vicine. In particolare, il modello permette di

- calcolare il potenziale per le ombre intermittenti alle finestre delle abitazioni;
- mostrare un calendario grafico degli eventi di flickering;
- mostrare un elenco dettagliato di ciascun evento di ombreggiamento (ora di inizio, di fine, durata del fenomeno, aerogeneratore/i coinvolti, etc.);
- 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.

Al di là di una certa distanza l'ombra smette di essere un problema perché il rapporto tra lo spessore della pala e il diametro del sole diventa talmente piccolo che l'ombra proiettata risulta appena percettibile. Poiché non vi è un valore generalmente accettato per questa distanza massima, WindFarm permette di specificare il limite in metri o multipli del diametro della turbina o dell'altezza della pala stessa. Per quanto detto nel Capitolo precedente, tale distanza massima è fissata per il nostro caso a 3500m.

5.2. CALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING

Per l'esecuzione della valutazione tecnica il software WindFarm ha utilizzato una serie di dati di input caratterizzanti quali:

- l'altimetria della zona simulata;
- la latitudine e longitudine dell'area interessata;

- la disposizione geografica delle turbine e dimensione geometrica dei loro componenti (torre e pale);
- la disposizione geografica dei "recettori sensibili" (abitazioni e relative finestre);
- l'orientamento del rotore rispetto al recettore;
- la proiezione dell'ombra rispetto ai recettori.

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

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

- coordinate geografiche baricentriche (UTM-WGS84 z33): 740490E, 4474170N
- coordinate geografiche delle turbine considerate (vedi **Tabella 1**)
- coordinate geografiche dei recettori considerati (vedi **Tabella 3**)
- esposizione EST delle finestre verticali
- dimensioni di ciascuna finestra: 3 m x 3 m
- estensione area simulata: 15 km x 15 km (225 km²)
- risoluzione di calcolo: 60 m
- raggio d'influenza massimo: 3,5 km dal punto di installazione dell'aerogeneratore;
- altezza del punto di vista dell'osservatore: 2 m
- altezza minima del sole sull'orizzonte: 2°
- parametri turbina:
 - diametro rotore: 170 m
 - altezza torre al mozzo: 165 m
 - altezza complessiva dell'aerogeneratore: 250 m
 - corda della pala: 4,5m

6. RISULTATI DEL CALCOLO

6.1. LA MAPPA DI MASSIMO OMBREGGIAMENTO

Il modello numerico utilizzato, al pari degli altri software presenti sul mercato, produce in output una mappa di impatto nel caso più penalizzante (“Worse Case”), corrispondente alle ore in cui il sole permane al di sopra dell’orizzonte nell’arco dell’anno (ore di luce, ca. 4.380 h/a), indipendentemente dalla presenza o meno di nubi, le quali inficerebbero il fenomeno stesso dello shadow flickering per l’impossibilità che si generino ombre.

In definitiva è bene evidenziare inoltre che, a vantaggio di sicurezza, le simulazioni effettuate sono state eseguite in condizioni non reali, ipotizzando cioè contemporaneamente le condizioni più sfavorevoli per qualunque recettore soggetto a shadow flickering:

- assenza di manto nuvoloso;
- rotore in movimento alla massima frequenza ed in moto continuo;
- assenza di ostacoli;
- luce diretta;
- orientamento del rotore ortogonale alla congiungente recettore-sole.

In particolare, la mappa di ombreggiamento mostrata nella **Figura 6** di pagina successiva riporta in opportuna scala cromatica il valore massimo di ombreggiamento annuo su superficie orizzontale prodotta dalle opere in progetto nelle condizioni più sfavorevoli sopra elencate. Tale valore massimo di ombreggiamento in corrispondenza di ciascun punto della mappa rappresenta il massimo possibile teorico di ore annue di fenomeno di shadow flickering che si avrebbe in quel punto per qualunque esposizione delle superfici vetrate.

In prossimità degli aerogeneratori ovvero per distanze inferiori ai 300m dal punto di installazione della turbina le ore annue di ombreggiamento possono superare abbondantemente il valore di 500. Per quanto detto in precedenza, ciò non costituisce una criticità e nella mappa di ombreggiamento di **Figura 6** valori superiori alle 500 ore annue non vengono rappresentate.

La scala cromatica viene fatta iniziare dal limite inferiore di 50 ore annue di ombreggiamento.

Ombreggiamenti inferiori a tale valore limite generalmente non vengono considerati rilevanti.

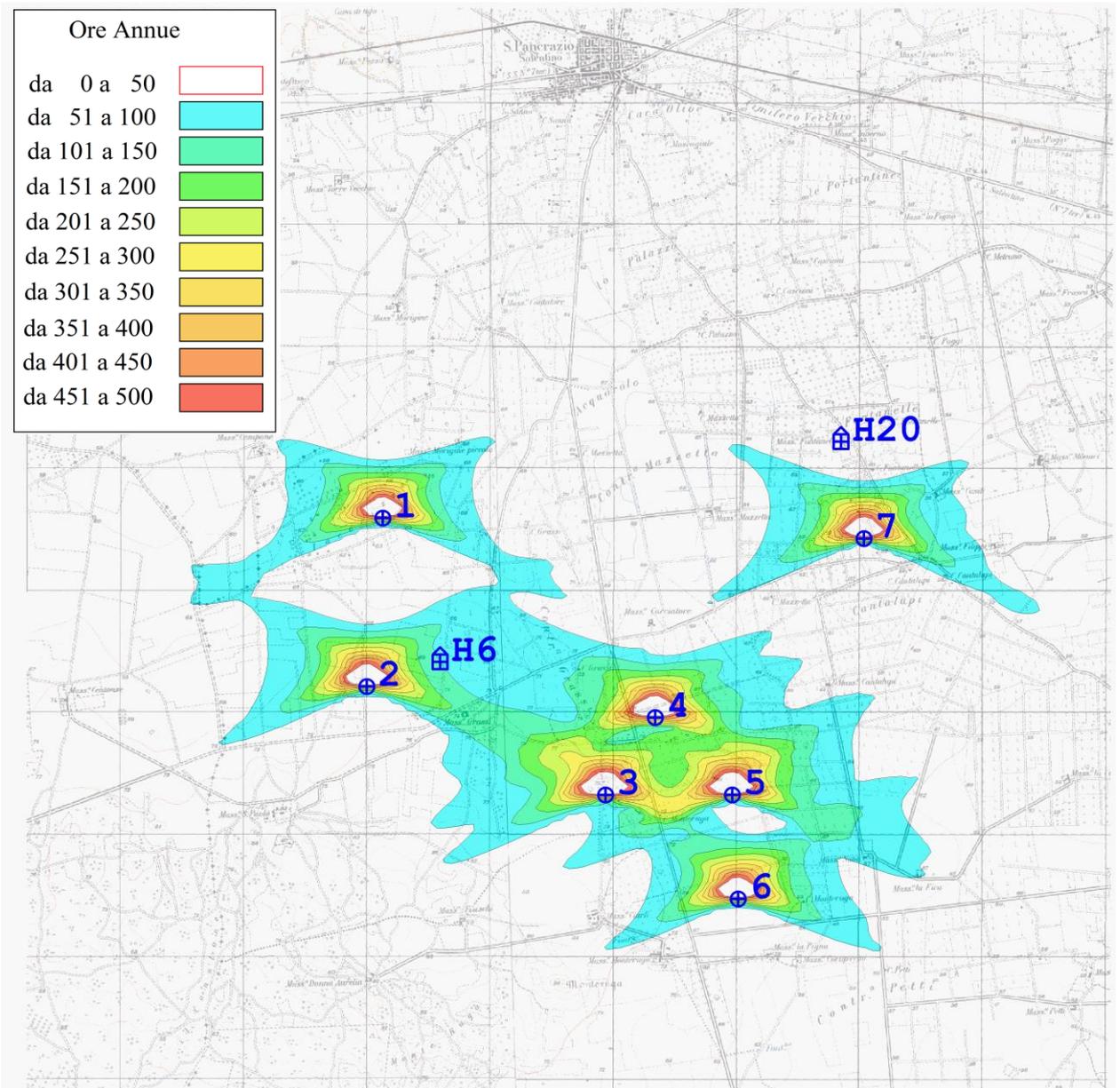


Figura 6 – Mappa di ombreggiamento massimo in scala cromatica sovrapposta a cartografia IGM 1:25000.

I punti della mappa di ombreggiamento di **Figura 6** che non corrispondono ad alcun colore (e distanti più di 300m dalle posizioni degli aerogeneratori) sono dunque caratterizzati da ombreggiamento massimo inferiore alle 50 ore annue.

Sebbene come già osservato valori di ombreggiamento massimo inferiori alle 50 ore annue non determinino in generale particolare criticità, nel caso in studio appare importante analizzare l'intera mappa fino al limite di estensione teorico massimo possibile che può raggiungere i 3,5 km da ogni turbina (curva rossa della mappa di **Figura 7** riportata nella pagina seguente sovrapposta a ortofoto).

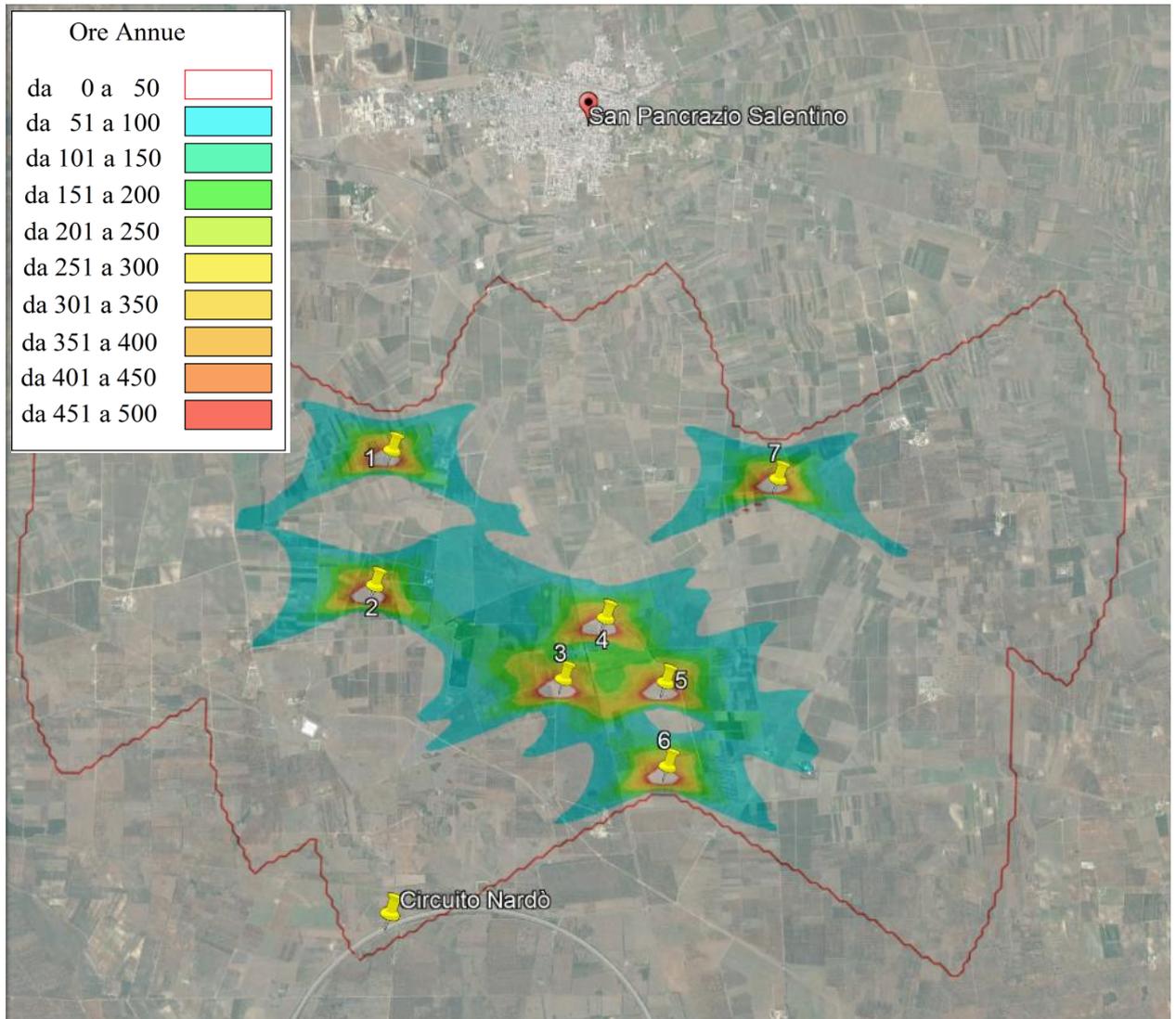


Figura 7 – Mappa di ombreggiamento massimo in scala cromatica sovrapposta a ortofoto con evidenziata la curva rossa corrispondente al limite di ombreggiamento teorico massimo possibile.

Come si osserva dall'esame della **Figura 7** l'abitato di San Pancrazio Salentino non risulta mai interessato dall'ombra dell'impianto eolico e di conseguenza mai dal fenomeno dello shadow flickering. Invece, un piccolo tratto del circuito di prova di Nardò risulta in maniera minima ricadere all'interno del limite di estensione teorico massimo possibile precedentemente descritto. Pur valendo tutte le considerazioni già svolte, in via puramente prudenziale ed in considerazione della particolare e pericolosa attività che vi si esercita si è deciso di esaminare in dettaglio la situazione di shadow flickering per il punto individuato nella **Figura 7** con il segnaposto "Circuito Nardò" come se fosse un ulteriore recettore ed in particolare una abitazione caratterizzata da una enorme finestratura orizzontale di 100m x 100m di lato.

6.2. LO SHADOW FLICKERING SUL RECETTORE H6

In corrispondenza del recettore H6 la mappa di massima ombreggiatura di **Figura 6** mostra il valore di 97 ore annue.

La simulazione eseguita del fenomeno di shadow flickering sulla superficie vetrata esposta ad Est del recettore H6 determina un valore massimo (“Worse Case”) di **32,8 ore annue** pari al sommarsi di **108 singoli eventi** (in ogni caso mai più di un evento al giorno) di durata media pari a **18 minuti** e con un evento di durata massima pari a **24 minuti**.

Gli eventi si distribuiscono nel corso dell’anno solare così come diagrammati nella **Figura 8** successiva che riporta in maniera grafica i periodi dell’anno in cui è possibile il verificarsi del fenomeno di shadow flickering nelle condizioni peggiori. Le curve rosse indicano l’ora dell’alba e del tramonto e le macchie colorate indicano il periodo in cui è possibile il verificarsi del fenomeno di shadow flickering (“Worse Case”). Sull’asse delle ordinate sono riportati i giorni dall’inizio dell’anno e sull’asse delle ascisse l’ora del giorno (ora solare).

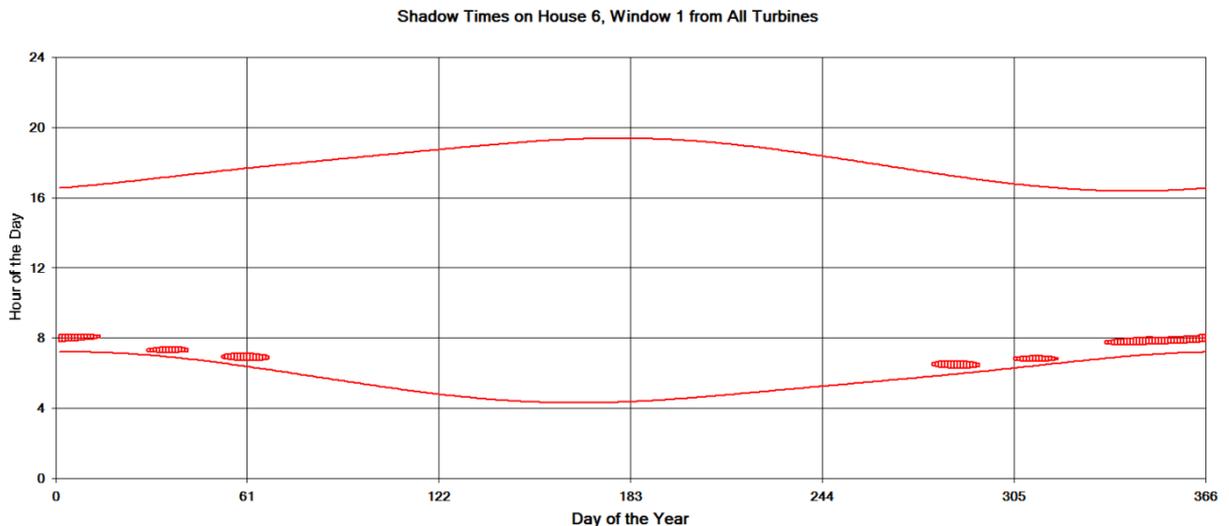


Figura 8 – Diagramma con calendario grafico dei periodi dell’anno di possibile manifestazione dell’effetto di shadow flickering (“Worse Case”) per il recettore “House 6”.

Tutti gli eventi si verificano solo in autunno ed inverno, nelle prime ore del giorno subito dopo l’alba e comunque mai dopo le 8:12.

Si fa esplicitamente osservare come gli intervalli di ombreggiamento riportati in **Figura 8** pur essendo prossimi alla curva rossa delimitante l’alba sono alquanto discosti da quest’ultima. Ciò è dovuto al fatto che l’altezza del sole sull’orizzonte minima che si considera al fine del calcolo dell’ombra è di 2°.

Complessivamente, il fenomeno dello shadow flickering sulla finestra esposta ad EST del recettore H6 pur non essendo del tutto trascurabile assume però carattere di scarsa rilevanza sulle attività umane sia per la ridotta lunghezza temporale sia perché si verifica solo in corrispondenza delle primissime ore lavorative del mattino.

Come ricordato, tali valori corrispondono allo scenario peggiore possibile ovvero quello in cui il rotore è sempre in movimento e non ci sono nuvole.

E' possibile passare dallo scenario appena descritto ("Worse Case") ad uno effettivamente rispondente alle realtà del sito ("Best Case") analizzando i valori di irraggiamento solare diretto e di velocità del vento. In particolare, è stato eseguito una comparazione analitica dei risultati ottenuti con i dati meteorologici del triennio 2004 – 2006 ricavati da rielaborazioni satellitari. Tali valori sono liberamente accessibili via web. Il confronto eseguito per detto triennio si ritiene comunque rappresentativo delle effettive condizioni di lungo periodo. Gli eventi per lo scenario "Best Case" si distribuiscono nel corso dell'anno solare così come mostrato nel diagramma di **Figura 9**: la durata complessiva del fenomeno di shadow flickering "Best Case" è di **24,5 ore annue** pari al sommarsi di **79 singoli eventi** (in ogni caso mai più di un evento al giorno) di durata media sempre pari a **18 minuti** e con un evento di durata massima sempre pari a **24 minuti**. Dunque, passando dal "Worse Case" al "Best Case" si ottiene una riduzione complessiva di ore annue di fenomeno di shadow flickering del 25%.

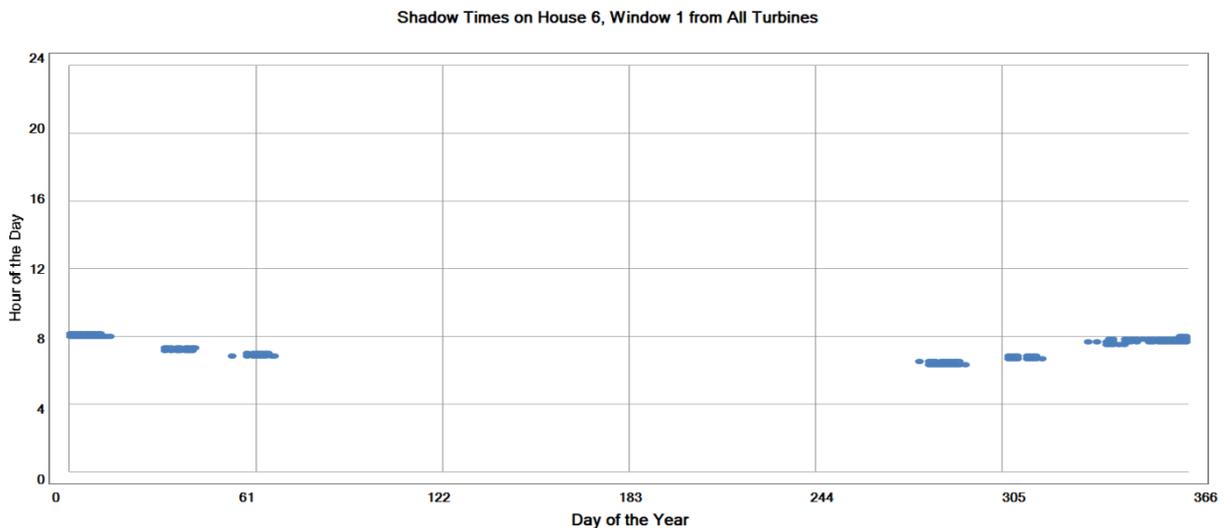


Figura 9 – Diagramma con calendario grafico dei periodi dell'anno di possibile manifestazione dell'effetto di shadow flickering ("Best Case") per il recettore "House 6".

6.3. LO SHADOW FLICKERING SUL RECETTORE H20

In corrispondenza del recettore H20 la mappa di massima ombreggiatura di **Figura 6** mostra il valore di 0 ore annue, overosia il recettore H20 è situato all'esterno del limite di estensione teorico massimo possibile (curva rossa di **Figura 7**). Dunque, così come accade per l'abitato di San Pancrazio Salentino, il recettore H20 non risulta mai interessato dall'ombra dell'impianto eolico e di conseguenza nemmeno dal fenomeno dello shadow flickering qualunque sia l'esposizione della superficie vetrata considerata.

6.4. LO SHADOW FLICKERING SUL CIRCUITO DI NARDÒ

In corrispondenza del segnaposto “Circuito Nardò” riportato nella **Figura 7** la mappa di massimo ombreggiamento mostra un valore inferiore alle 10 ore annue.

La simulazione eseguita del fenomeno di shadow flickering sulla ipotetica superficie vetrata orizzontale di 100m x 100m di lato determina un valore massimo (“Worse Case”) di **9,0 ore annue** pari al sommarsi di **41 singoli eventi** (in ogni caso mai più di un evento al giorno) di durata media pari a **13 minuti** e con un evento di durata massima pari a **16 minuti**.

Gli eventi si distribuiscono nel corso dell’anno solare così come diagrammati nella **Figura 10** successiva.

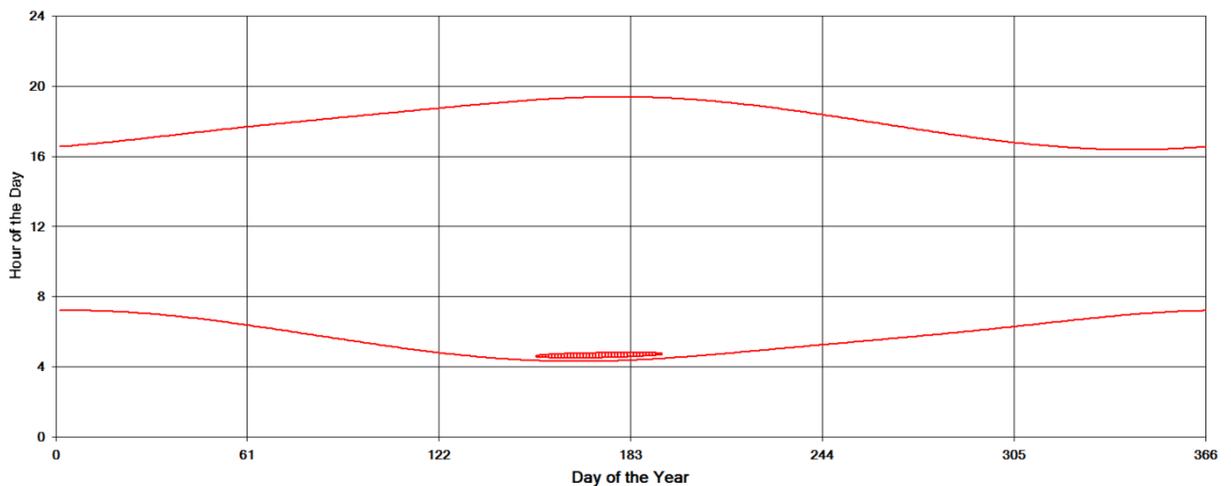


Figura 10 – Diagramma con calendario grafico dei periodi dell’anno di possibile manifestazione dell’effetto shadow flickering (“Worse Case”) per il recettore “Circuito Nardò”.

Tutti gli eventi si verificano solo tra Giugno e Luglio, subito dopo l’alba e comunque mai dopo le 4:48 ora solare (pari alle 5:48 ora legale). Tutti i possibili eventi di shadow flickering sono dovuti alla sola turbina 6. Stante l’orario di possibile insorgenza del fenomeno, la brevissima durata temporale dello stesso e considerando che la distanza superiore ai 2,5 km dalla turbina 6 determina in ogni caso un’ombra appena percettibile si può ritenere il fenomeno dello shadow flickering del parco di Avetrana sul Circuito di Nardò assolutamente trascurabile e dunque superflua la conduzione del calcolo del “Best Case”.