

EVO S.R.L.



CODE

C23EOSW002S013R00

PAGE

1 di/of 28

AVAILABLE LANGUAGE: IT

Regione Sardegna

Provincia di Sassari

Comune di Calangianus

“Impianto eolico di potenza nominale pari a 33 MW integrato con un sistema di accumulo di potenza nominale pari a 25 MW da realizzarsi nel Comune di Calangianus (SS)”

STUDIO SUGLI EFFETTI SHADOW FLICKERING

Il tecnico

Ing. Leonardo Sblendido

File:C23EOSW002S013R00_Studio sugli effetti Shadow-Flickering.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	09/02/2024	Progetto Definitivo	A. Lo Feudo	D. Morelli	L. Sblendido

Indice

PREMESSA	3
1. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	3
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
3. NORMATIVA E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO	8
4. DESCRIZIONE DELLE COMPONENTI	9
5. METODO DI CALCOLO	11
5.1 INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI	12
6. RISULTATI	13
7. CONCLUSIONI	21
ALLEGATI	22
A1: ELENCO DEI RECETTORI	22
A2: MAPPA DEI RECETTORI	23
A3: RISULTATI DELL'ANALISI DELLA FLUTTUAZIONE D'OMBRA (WORST CASE SCENARIO)	24
A4: CONFRONTO TRA WORST CASE SCENARIO E STATISTICAL REAL CASE SCENARIO	25
A5: MAPPA DEI RECETTORI PER I QUALI VIENE SUPERATO IL VALORE ORE/ANNO	27
A.6: MAPPA DI ISO OMBREGGIAMENTO (WORST CASE SCENARIO)	28

PREMESSA

L'impianto eolico in progetto è costituito da 5 aerogeneratori (anche detti WTG) di potenza nominale unitaria pari a 6,6 MWp, per una potenza nominale complessiva pari a 33 MW. L'impianto è integrato da un sistema di accumulo di potenza nominale pari a 25 MW e corredato dalle opere di connessione e dalle infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dello stesso. Tutte le turbine e le opere di connessione ricadono all'interno dei confini comunali di Calangianus, in provincia di Sassari.

Per come riportato nella STMG (cod. pratica: 202303981), la centrale utente verrà *collegata in antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN a 380/150 kV da collegare tramite un elettrodotto 380 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN di Codrongianos e da collegare tramite due nuovi elettrodotti a 150 kV alla nuova Stazione Elettrica di Smistamento della RTN a 150 kV in GIS denominata "Tempio" (prevista dal Piano di Sviluppo Terna).*

L'energia elettrica prodotta dall'impianto concorrerà al raggiungimento dell'obiettivo di incrementare la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, coerentemente con gli accordi siglati a livello comunitario dall'Italia.

L'impianto sarà destinato a funzionare in parallelo alla rete elettrica nazionale, in modo da immettere energia da fonte rinnovabile in rete; l'iniziativa, oltre a contribuire al potenziamento della produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile su territorio nazionale, sarà a servizio dei futuri fabbisogni energetici comunali.

1. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto dell'impianto eolico in trattazione prevede l'installazione di 5 aerogeneratori da 6,6 MWp per una potenza complessiva pari a 33 MW, integrato da un sistema di accumulo di potenza nominale pari a 25 MW, nonché la realizzazione di tutte le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli stessi impianti, quali:

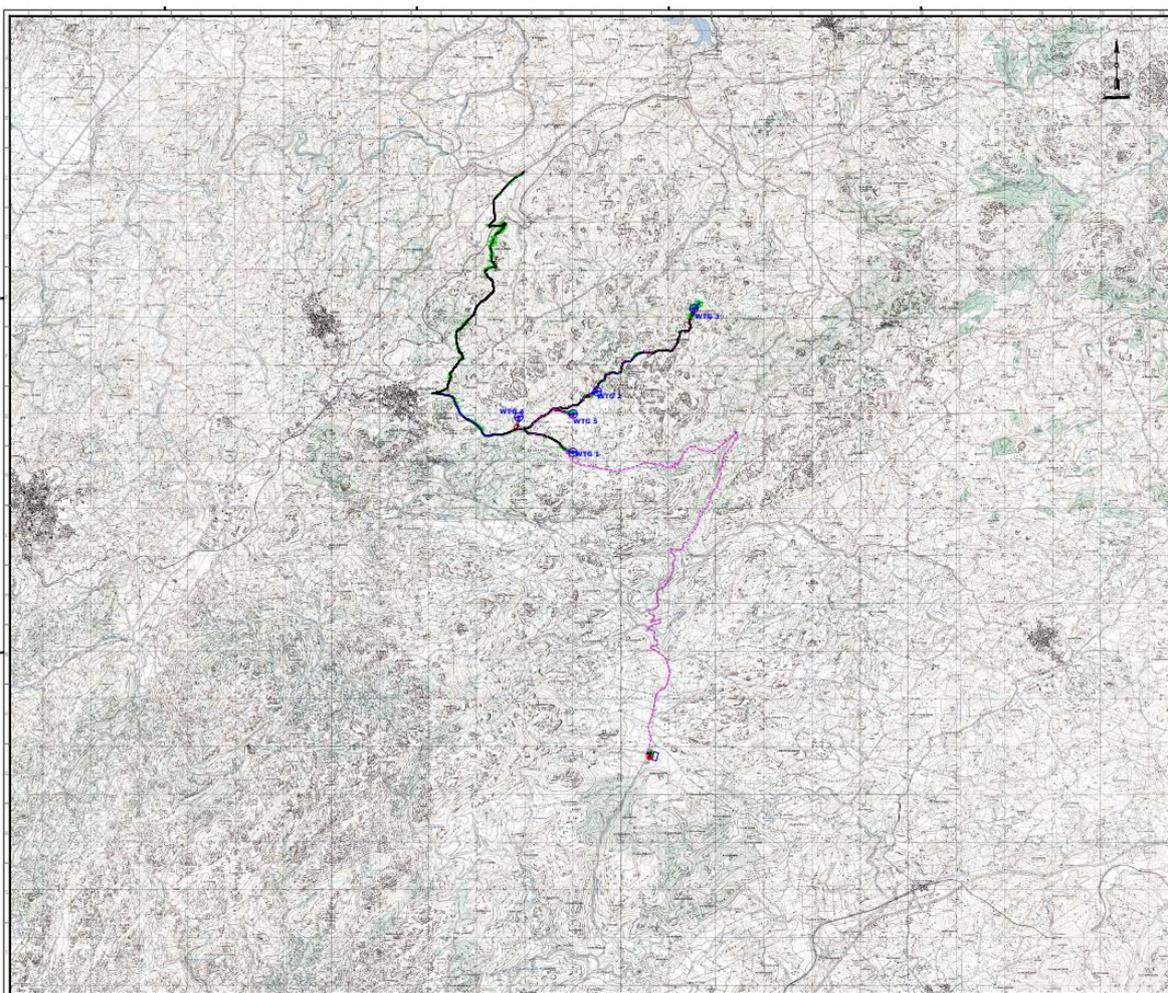
- fondazioni degli aerogeneratori;
- piazzole di montaggio e manutenzione per ogni singolo aerogeneratore;
- viabilità interna di accesso alle singole piazzole sia per le fasi di cantiere che per le fasi di manutenzione;
- adeguamento della viabilità esistente interna all'area di impianto per consentire la trasportabilità delle componenti;
- elettrodotti MT (30 kV) interrati interni all'impianto di connessione tra i singoli aerogeneratori e di veicolazione dell'energia prodotta dall'intero parco eolico alla

sottostazione;

- opere di connessione alla RTN;
- Sottostazione elettrica di trasformazione 150/30 kV.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il progetto oggetto del seguente elaborato si sviluppa nella regione Sardegna, specificatamente nel comune di Calangianus (SS) lungo i crinali del monte Brusciato e delle creste limitrofe. L'area del sito è individuabile sulla cartografia IGM consultabile sul Geoportale Nazionale del Ministero dell'Ambiente e nella sezione SardegnaMappe e SardegnaSit del geoportale regionale, navigatore geografico WebGIS open-source, finalizzato alla visualizzazione del catalogo dei dati geografici della Regione Sardegna ([SardegnaSIT - Sardegna Geoportale](#)). Nella seguente figura è riportato lo stralcio cartografico dell'area di interesse:

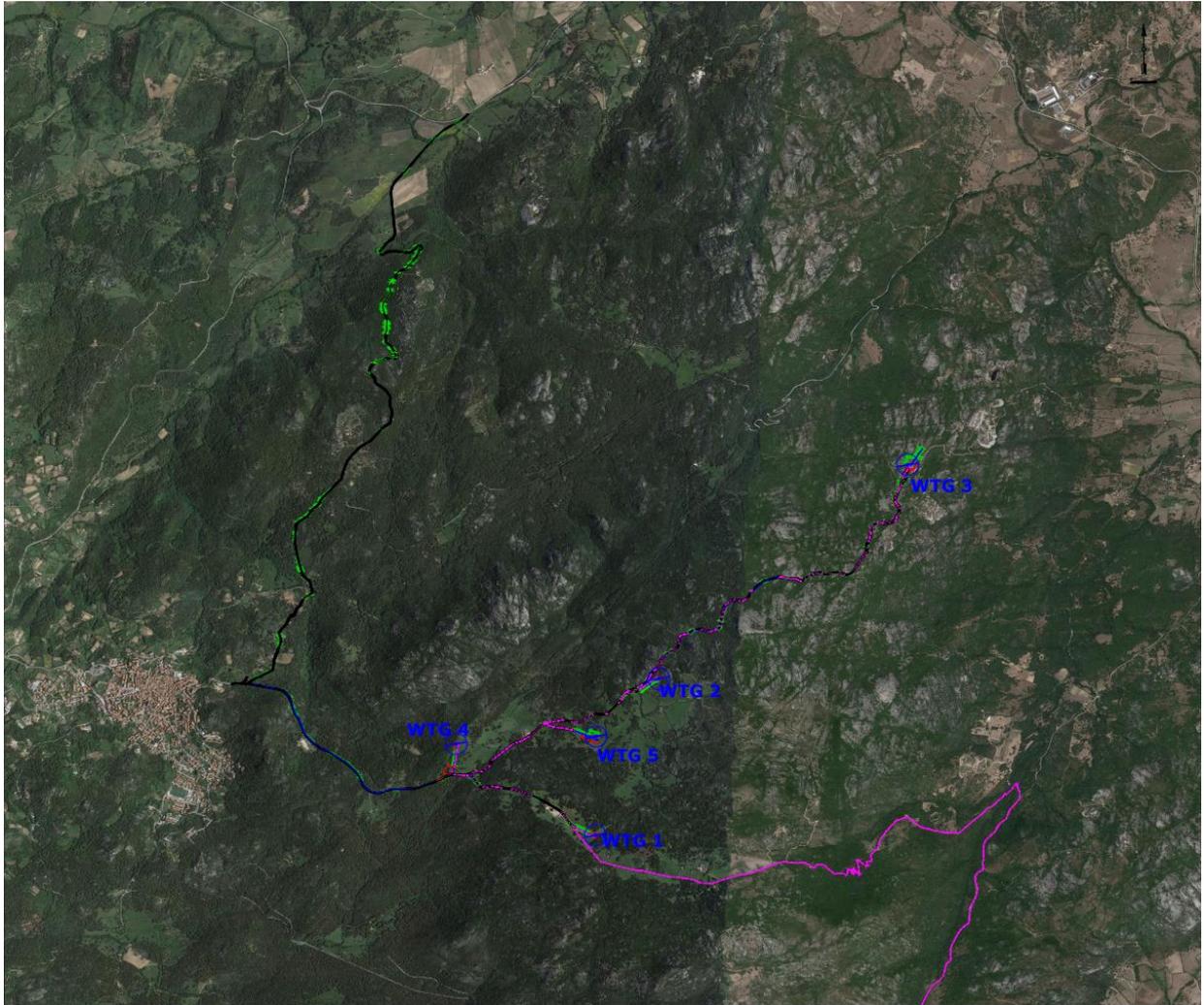


LEGENDA

	Strada esistente da adeguare
	Strada di nuova realizzazione
	Scavo
	Riporto
	Cavidotto
	Piazzola
	Piazzola Just in time
	Aerogeneratore
	Future SSE - SE
	Area di stoccaggio

Figura 1 - Inquadramento su cartografia IGM 1:25000 delle aree di impianto e relative opere di Rete

Il layout di progetto è sviluppato nella configurazione così come illustrata nell' inquadramento su base ortofoto, riportato di seguito:



LEGENDA

	Strada esistente da adeguare
	Strada di nuova realizzazione
	Scavo
	Riparto
	Cavidotto
	Piazzola
	Piazzola Just in time
	Aerogeneratore
	Future SSE - SE
	Area di stoccaggio

Figura 2 -Ubicazione dell'area di impianto su base ortofoto

Di seguito si riporta la sovrapposizione con DTM dell' area d' impianto

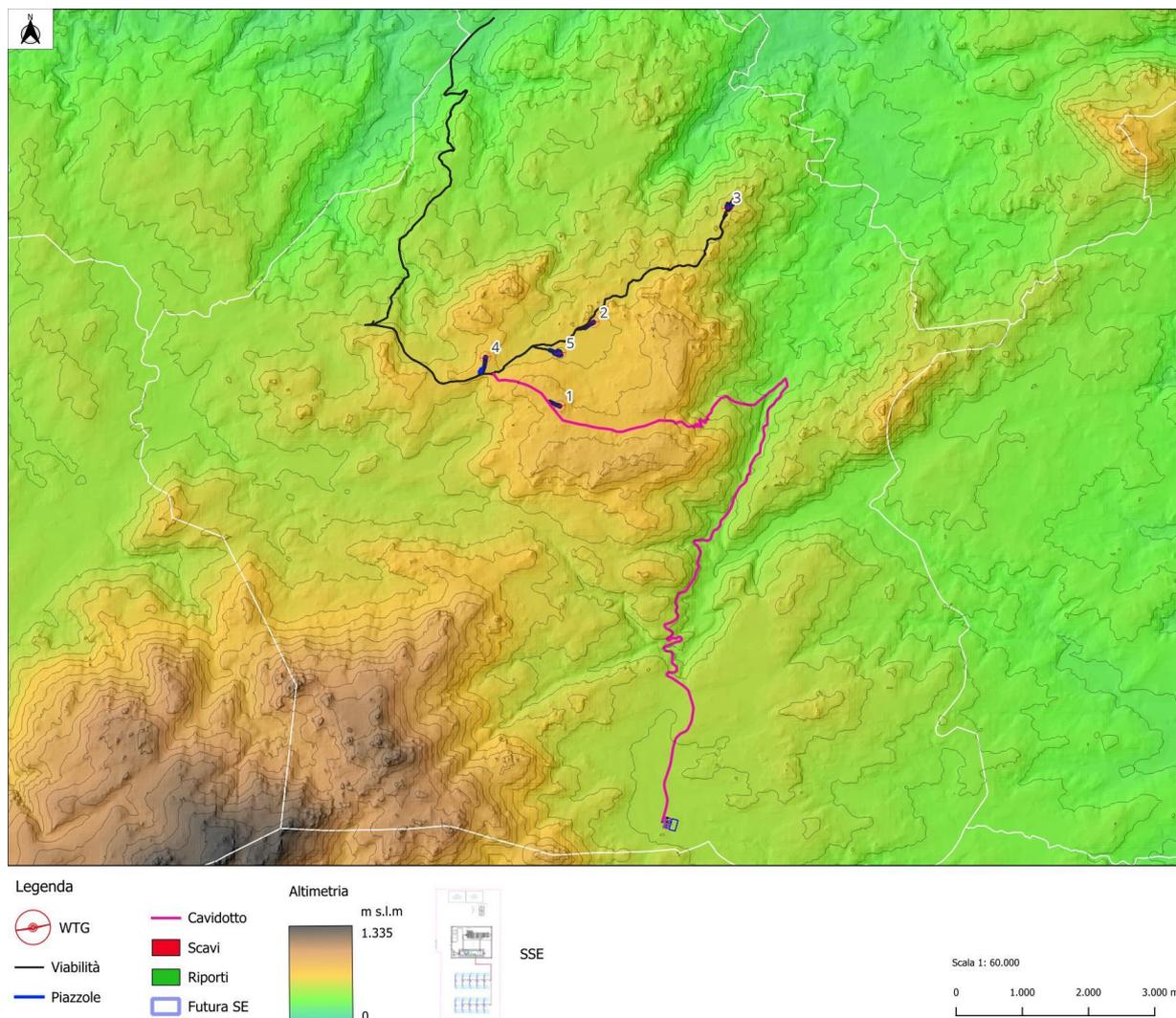


Figura 3 - Ubicazione delle WTG e della viabilità di impianto su base DTM

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici

“C23EOSW002G014T00_Inquadramento generale su IGM”,

“C23EOSW002G012T00_Inquadramento generale su Ortofoto”

“C23EOSW002G019T00 Planimetria generale dell'intervento su base DTM con opere di connessione”

Le coordinate degli aerogeneratori e della stazione di nuova realizzazione costituenti l'impianto, espresse nel sistema di riferimento UTM-WGS84 (fuso 32), risultano:

Tabella 1 - Indicazioni catastali e coordinate degli aerogeneratori in progetto e delle opere di connessione

COMUNE	Centro WTG	CATASTO		COORDINATE	
		<u>FOGLIO</u>	<u>PARTICELLA</u>	<u>EST</u>	<u>NORD</u>
Calangianus	1	37	14	519934	4528978
	2	37	4	520447	4530252
	3	34	252	522458	4531994
	4	32	144	518809	4529721
	5	37	142	519941	4529783
	SSE-BESS	69	280	521548	4522631

3. NORMATIVA E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO

L'effetto shadow-flickering è più pronunciato, alle latitudini settentrionali durante i mesi invernali. In particolare, nel Nord Europa, il sole splende in un angolo obliquo per più ore del giorno e più giorni l'anno. Alcuni paesi hanno adottato dei limiti relativi all'esposizione all'effetto in questione. Alcuni studi e le linee guida di vari paesi del Nord Europa e dell'Australia hanno proposto 30 ore di effetto shadow-flickering per anno come soglia di impatto significativo, ovvero il limite per cui l'effetto ombra è comunemente percepito come fastidioso. L'Italia non si è ancora dotata di una normativa specifica relativa al fenomeno dello shadow-flickering, a differenza di altri paesi che hanno basato i propri regolamenti sulle linee guida tedesche ("Länderausschuss für Immissionsschutz – 2002- Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-SchattenwurfHinweise" – Linee Guida per l'identificazione e la valutazione delle emissioni ottiche delle turbine eoliche).

Le linee Guida World Bank Group (*Environmental, Health, and Safety (EHS) Guidelines* – Agosto 2015) ricalcano le linee guida sopra richiamate, raccomandando che la durata prevista degli effetti di *shadow-flickering* su un recettore sensibile non superi le 30 ore all'anno e i 30 minuti al giorno nel giorno più colpito e per lo scenario peggiore. Gli impatti generati dallo *shadow-flickering* sono molto dibattuti. Alcuni studi indicano rischi potenziali sulla salute (tra cui il seguente: Harding et al, 2008; Smedley et al., 2010), mentre altri escludono rischi significativi (tra cui: *Update Shadow-Flicker Evidence Base report - UK Department of Energy and Climate Change* – 2011). In merito all'area di influenza, la maggior parte degli studi e delle linee guida indicano che l'effetto dello *shadow-flickering* sia trascurabile ad una distanza superiore a 10 volte il diametro dell'aerogeneratore.

4. DESCRIZIONE DELLE COMPONENTI

Gli aerogeneratori costituenti il parco eolico hanno tutti lo stesso numero di pale (tre) e la stessa altezza. Il progetto prevede l'utilizzo di turbine di potenza nominale pari a 6,6 MWp; di seguito si descrivono le principali caratteristiche tecniche.

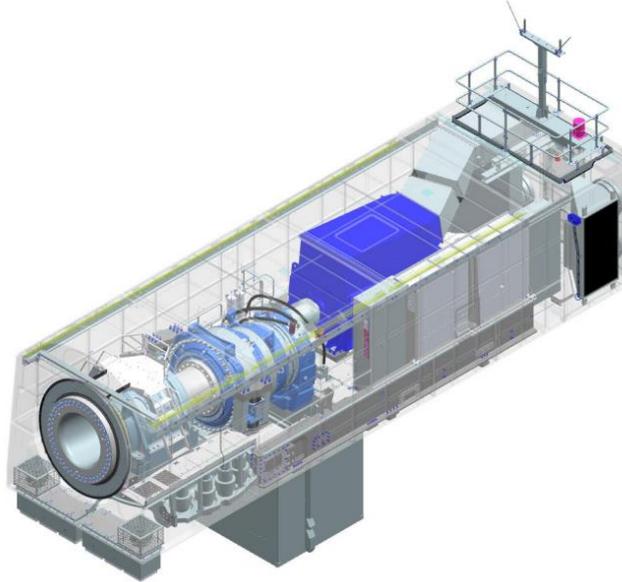


Figura 4 - Allestimento navicella dell'aerogeneratore

Rotore

Il rotore è ad asse orizzontale ed è costituito da tre lame collegate al mozzo. Le lame sono controllate dal sistema di ottimizzazione basato sul posizionamento ottimizzato delle stesse in funzione delle varie condizioni del vento. Il diametro del rotore è pari a 175 m e angolo di inclinazione pari a 5°.

Diametro: 175 m

Superficie massima spazzata dal rotore: 24053 m²

Numero di pale: 3

Velocità: variabile per massimizzare la potenza erogata nel rispetto dei carichi e dei livelli di rumore. L'aerogeneratore opera a seconda della forza del vento; al di sotto di una certa velocità, detta di cut-in, la macchina è incapace di partire; perché ci sia l'avviamento è necessario che la velocità raggiunga tale soglia che nel caso dell'aerogeneratore di progetto è pari a 3 m/s. Durante il funzionamento la velocità del vento "nominale" è la minima velocità del vento che permette alla macchina di fornire la potenza di progetto; tale velocità è pari a circa 12,5 m/s. Ad elevate

velocità (20 m/s) l'aerogeneratore viene posto fuori servizio per motivi di sicurezza (velocità di cut-off).

Torre

La torre di tipo tubolare e quindi cava al suo interno, è realizzata in acciaio. Oltre a sostenere il peso della navicella e del rotore, trasferisce i carichi alla fondazione alla quale risulta vincolata in conformità alla EN ISO 898.

Pale

Le pale sono realizzate in fibra di vetro CRP (Carbon Reinforced Plastic) e sono costituite da due gusci di aerazione legati ad un fascio di supporto o con struttura incorporate. La pala utilizza un design basato su profili alari. La lunghezza della singola pala è pari a 85,7 m.

Tabella 2 - Dimensioni Aerogeneratori in progetto

Altezza della punta (Tip height)	199,5 m
Altezza del mozzo (Hub height)	112,0 m
Diametro del rotore (Rotor \varnothing)	175,0 m

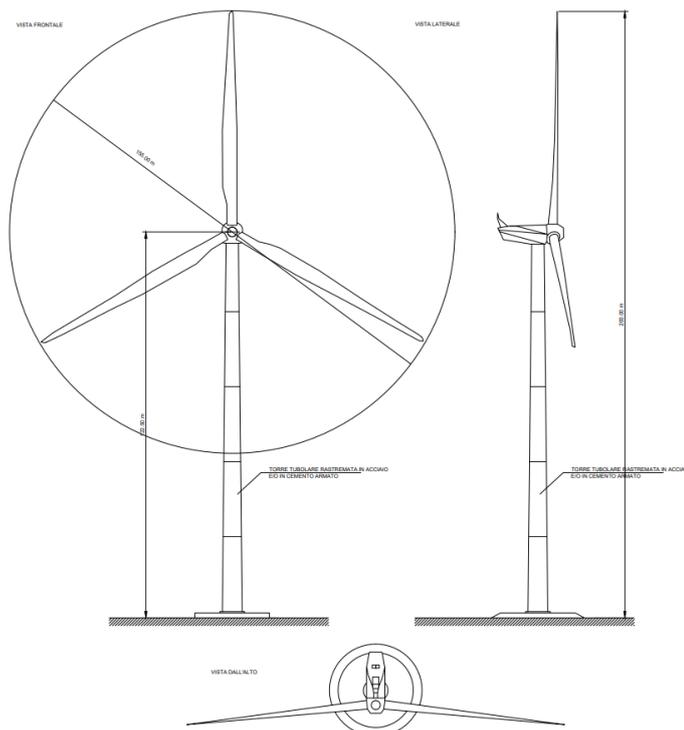


Figura 5 - Dimensioni Aerogeneratori da 6,6 MW in progetto

Generatore

I 5 aerogeneratori sono di tipo DFIM. L'alloggiamento del generatore consente la circolazione di aria di raffreddamento all'interno dello statore e del rotore.

La potenza è pari a 6,6 kW e la tensione è pari a 950 V.

5. METODO DI CALCOLO

Il presente elaborato intende fornire una stima del fenomeno dello shadow-flickering correlato all'installazione di un impianto eolico richiamato in premessa. Tale analisi è stata condotta mediante l'utilizzo del modulo di calcolo Shadow-flickering del Software RESoft Windfarm (Version 4.1.2.3).

I dati in input si riferiscono a:

- Modello digitale del terreno dell'area interessata dall'installazione degli aerogeneratori;
- posizioni (E, N, quota) degli aerogeneratori;
- posizione dei recettori.

Inoltre nella verifica con il software vengono considerati i 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 recettori è necessario definire la longitudine, la latitudine ed il fuso orario dell'area interessata dal progetto. In particolare, il modello numerico utilizzato, al pari degli altri presenti sul mercato, produce in output una mappa di impatto nel caso più penalizzante (Worst Case Scenario), corrispondente alle ore in cui il sole permane al di sopra dell'orizzonte nell'arco dell'anno (ore di luce, ca. 4380 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. Quindi, allo scopo di pervenire a valori più realistici di impatto, prossimi al caso reale (Statistical Real Case Scenario), i dati ricavati dal programma andranno analizzati e tarati tenendo conto dei valori di soleggiamento reale e delle ore di funzionamento dell'impianto che saranno discussi nei capitoli successivi. Nel modello del calcolo sono stati individuati i recettori ricadenti nel buffer di 1 km da ogni aerogeneratore.

Si precisa che, alla data di redazione del presente documento, non esistono specifiche distanze limite stabilite da dispositivi normativi o da linee guida regionali, provinciali o comunali in materia di shadow-flickering.

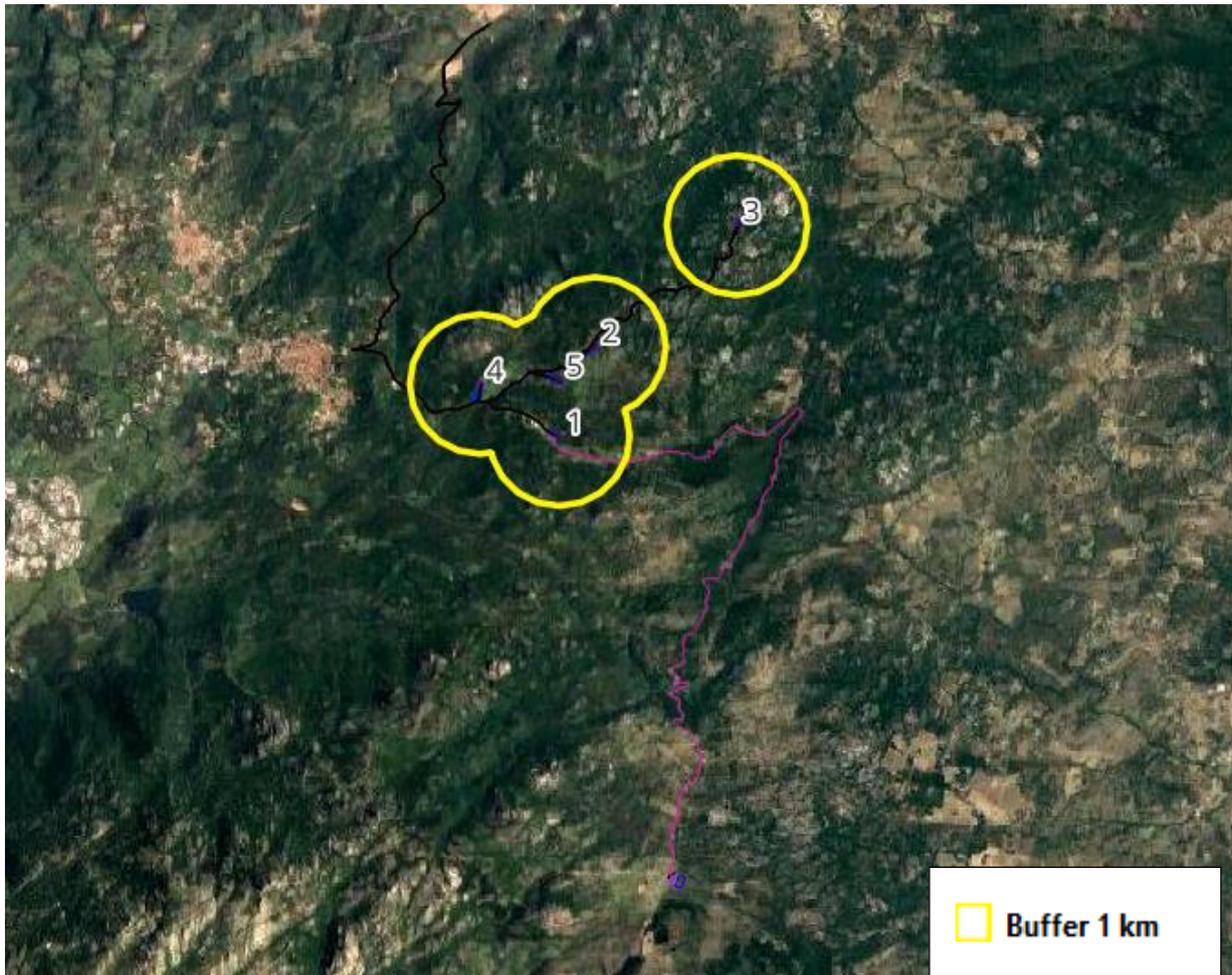


Figura 6 – Buffer di 1 km dagli aerogeneratori entro cui sono stati censiti i recettori per l’analisi dell’ effetto Shadow-Flickering

5.1 INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI

Sebbene il fenomeno possa essere percepito anche all’esterno, esso risulta evidente e fastidioso in quegli ambienti con finestrate che si trovano sul prolungamento della direttrice sole-turbina; per questo motivo, sono state considerate nella simulazione la presenza di finestre con altezza e larghezza pari a 1 metro, posizionate ad un’altezza dal suolo pari a 2 metri e disposte secondo i 4 punti cardinali. Ricadenti nel buffer di 1 km da ciascun aerogeneratore risultano 13 edifici. L’individuazione dei recettori è stata condotta attraverso la consultazione della cartografia catastale e, successivamente sono stati considerati, tutti gli elementi presenti nel “catasto fabbricati” che corrispondono ad edifici adibiti ad “ambiente abitativo” e tutti quelli destinati alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzati per le diverse attività umane. Questa operazione ha portato all’individuazione di 13 edifici (vedere allegato A.1: Elenco dei Recettori e allegato A2: Mappa dei Recettori).

quale somma tra l'altezza del mozzo e la lunghezza della pala;

- della posizione del sole e quindi della proiezione dell'ombra rispetto ai recettori;
- della posizione dei possibili recettori rientranti in un buffer di 1000 m da ogni aerogeneratore del parco.

Le simulazioni sono state condotte in condizioni conservative, assumendo il cielo completamente sgombro da nubi e foschia; nessun ostacolo interposto tra i recettori individuati e gli aerogeneratori in progetto, rotore in movimento continuo e luce diretta.

Per ogni recettore sono state considerate 4 finestre distribuite sui 4 punti cardinali,

I risultati della simulazione effettuata sui 13 recettori sono riassunti nell'allegato A3: "Risultati dell'analisi della fluttuazione d'ombra" riportato in calce al documento. Nella tabella sono riportate le coordinate e l'altitudine dei recettori, i dati delle relative finestre (altezza, larghezza, altezza del baricentro dal suolo, angolo di inclinazione e gradi rispetto al nord), il numero di giorni annui interessati dal fenomeno, il numero massimo di ore in un giorno, la media delle ore al giorno ed il n° totale di ore annue.

I risultati della simulazione con il programma WindFarm sono estremamente cautelativi, trattandosi di una stima puramente teorica in quanto considera che:

- 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 (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 il fastidio del *flickering*;
- sono state inserite finestre sui 4 lati degli edifici.

Dal momento che il fenomeno dello *shadow-flickering* è prodotto dalla contemporanea presenza di sole libero da nubi (potenzialità di generare ombre) e funzionamento delle WTG (rotore permanentemente in moto) allo scopo di pervenire a valori più realistici, prossimi al caso reale (*Statistical Real Case Scenario*), si tiene conto dell'eliofania locale e delle ore stimate di funzionamento dell'impianto eolico nell'arco dell'anno. Per quanto riguarda i valori di eliofania locale, ovvero il numero di ore di cielo libero da nubi durante il giorno, il dato è stato ricavato dalla "Carta dell'eliofania assoluta media annua in Italia" (Figura 8). Per l'area in esame tale valore corrisponde a circa 2400 h/a; quindi, considerando che le ore totali in cui il sole si trova sopra l'orizzonte sono 4380, i risultati del calcolo potrebbero, ragionevolmente, essere presi in considerazione nella misura del 54.79% ($2400/4380 = 54.79\%$). In altri termini, rispetto al *Worst Case Scenario*, la probabilità di occorrenza del fenomeno di *shadow-flickering* si riduce, per

l'area in esame, al 54.79% che corrisponde proprio alla probabilità che il disco solare risulti libero da nubi.

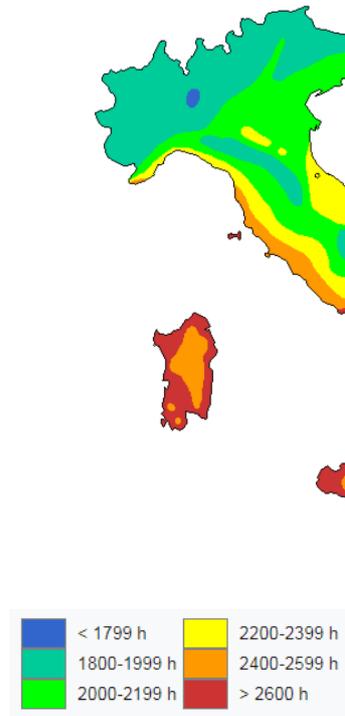


Figura 8 - Carta dell'elioterapia assoluta media annua in Italia di Mario Pinna (M. Pinna, *Contributi di climatologia*, Roma, Società geografica italiana, 1985, p. 28)

Per quanto riguarda le ore equivalenti di funzionamento delle WTG rispetto al totale delle ore in un anno (8760 h) queste risultano pari a 3049. Quindi la probabilità che il rotore di un aerogeneratore risulti in movimento è dell'ordine del 34.80% (pari al rapporto 3049/8760). In definitiva, per quanto finora detto, la probabilità composta di avere contemporaneamente l'occorrenza di rotore in moto (vento) e sole libero da nubi (ombre), è pari al 19.06% ($54.79\% \times 34.80\% = 19.06\%$) essendo i due fenomeni stocasticamente indipendenti per cui la probabilità composta risulta pari al prodotto delle singole probabilità. Nell'allegato A.4: "Confronto tra *Worst Case Scenario* e *Statistical Real Case Scenario*" riportato in appendice, vengono restituiti il numero di giorni e di ore in cui è fisicamente possibile che il fenomeno si presenti (*Worst Case Scenario*) e il valore reale atteso di ore l'anno in cui il fenomeno potrebbe presentarsi (*Statistical Real Case Scenario*). A tal proposito è importante sottolineare che anche il caso reale, calcolato tenendo conto dell'elioterapia 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.

Nel caso reale (*Statistical Real Case Scenario*), in 8 superfici finestrate non risulta soddisfatto il

valore limite di riferimento di 30 ore/anno. Per come riportato sinteticamente di seguito:

ID WindFarm/Finestra	Worst Case		Statistical Real Case	
1/3	2 h 9 min	189 h 54 min	0 h 25 min	36 h 12 min
2/3	2 h 10 min	198 h 36 min	0 h 25 min	37 h 51 min
3/3	2 h 12 min	207 h 24 min	0 h 25 min	39 h 32 min
4/4	1 h 24 min	127 h 30 min	0 h 16 min	24 h 18 min
6/2	2 h 2 min	264 h 6 min	0 h 23 min	50 h 20 min
6/3	2 h 2 min	264 h 6 min	0 h 23 min	50 h 20 min
7/3	2 h 12 min	254 h 42 min	0 h 25 min	48 h 33 min
7/4	2 h 12 min	256 h 24 min	0 h 25 min	48 h 52 min

Tabella 4: Recettori/finestre che superano i limiti di shadow flickering.

Per i recettori di cui sopra, presso il quale l'effetto di shadow flickering risulta superiore a 30 ore l'anno, è stato elaborato un calendario dell'ombra che riporta in maniera grafica i periodi dell'anno in cui è possibile il verificarsi il fenomeno (condizioni del caso peggiore). Si precisa che il grafico a seguire è relativo al caso peggiore (Worst Case Scenario) quindi è rappresentativo del periodo in cui il fenomeno dello shadow flickering è fisicamente possibile che si verifichi, pur risultando di intensità minore (in termini di numeri giorni e ore totali) nel caso reale.

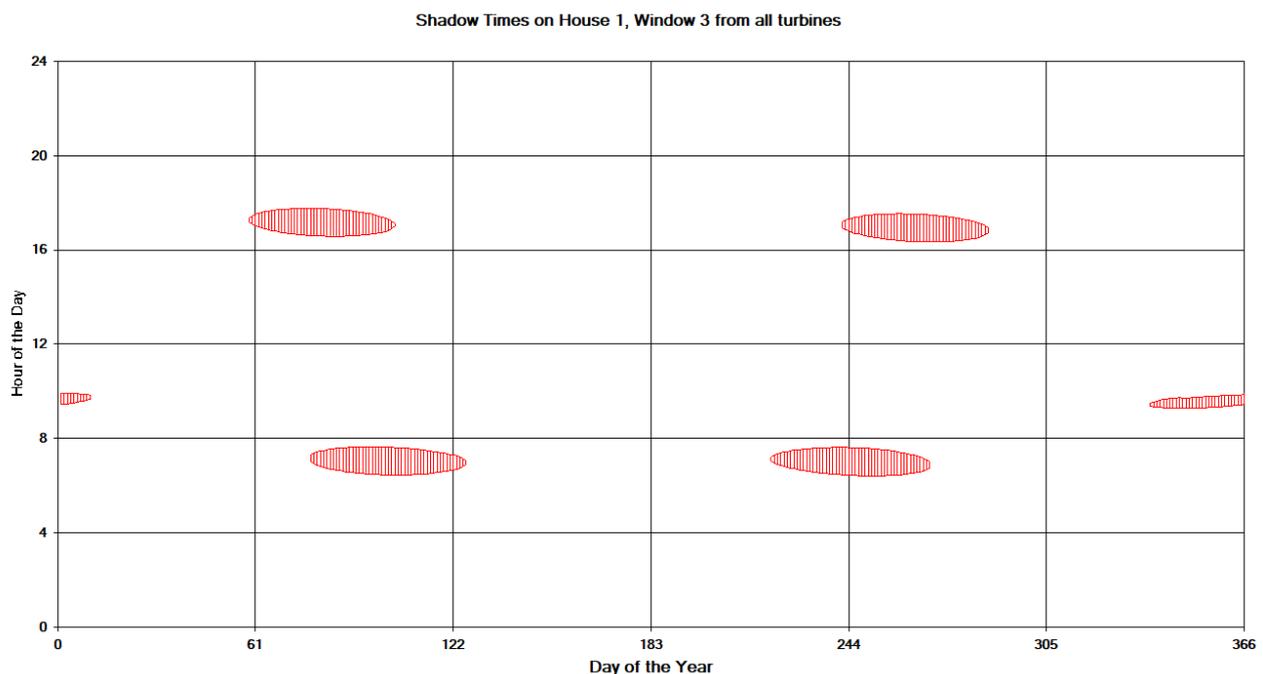


Figura 9: Grafico che mostra per il recettore 1 il manifestarsi del fenomeno dell'oscillazione d'ombra sulla finestra 3.

La finestra n° 3 del recettore 1 risulta essere investita dall'ombra proveniente dalla WTG01-WTG04 e WTG05 rispettivamente per i mesi invernali in mattinata e primaverili/autunnali nel pomeriggio

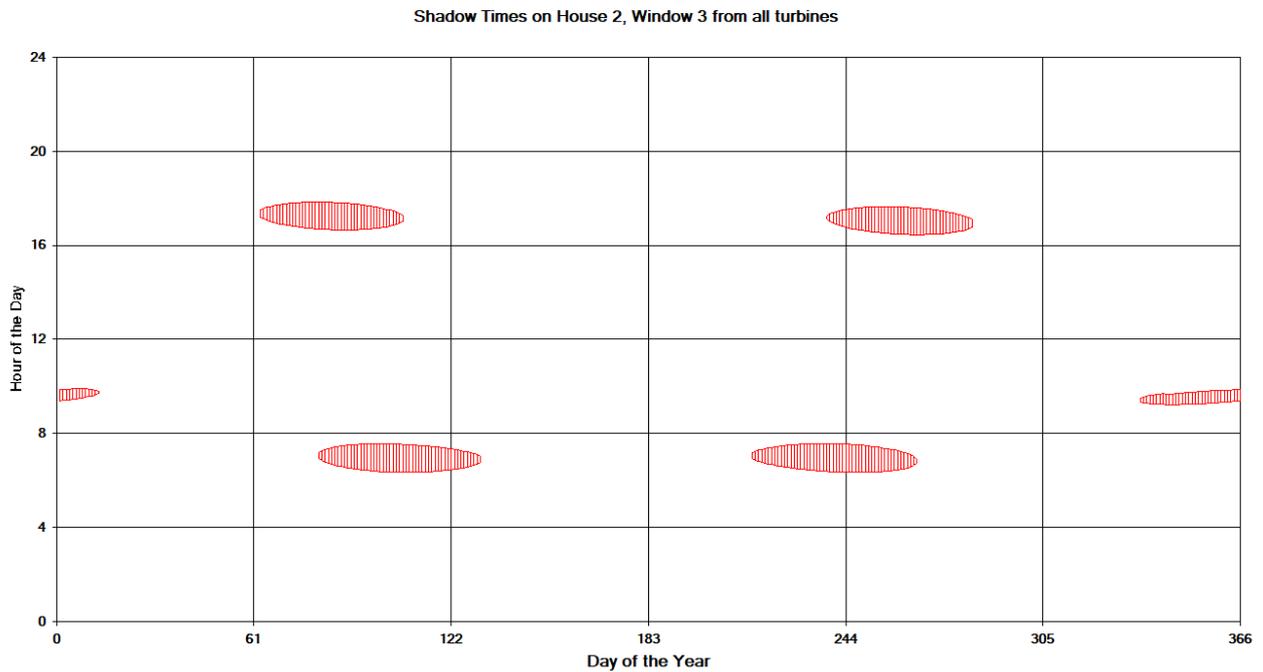


Figura 9: Grafico che mostra per il recettore 2 il manifestarsi del fenomeno dell'oscillazione d'ombra sulla finestra 3.

La finestra n° 2 del recettore 3 risulta essere investita dall'ombra proveniente dalla WTG01-WTG04 e WTG05 rispettivamente per i mesi invernali in mattinata e primaverili/autunnali nel pomeriggio

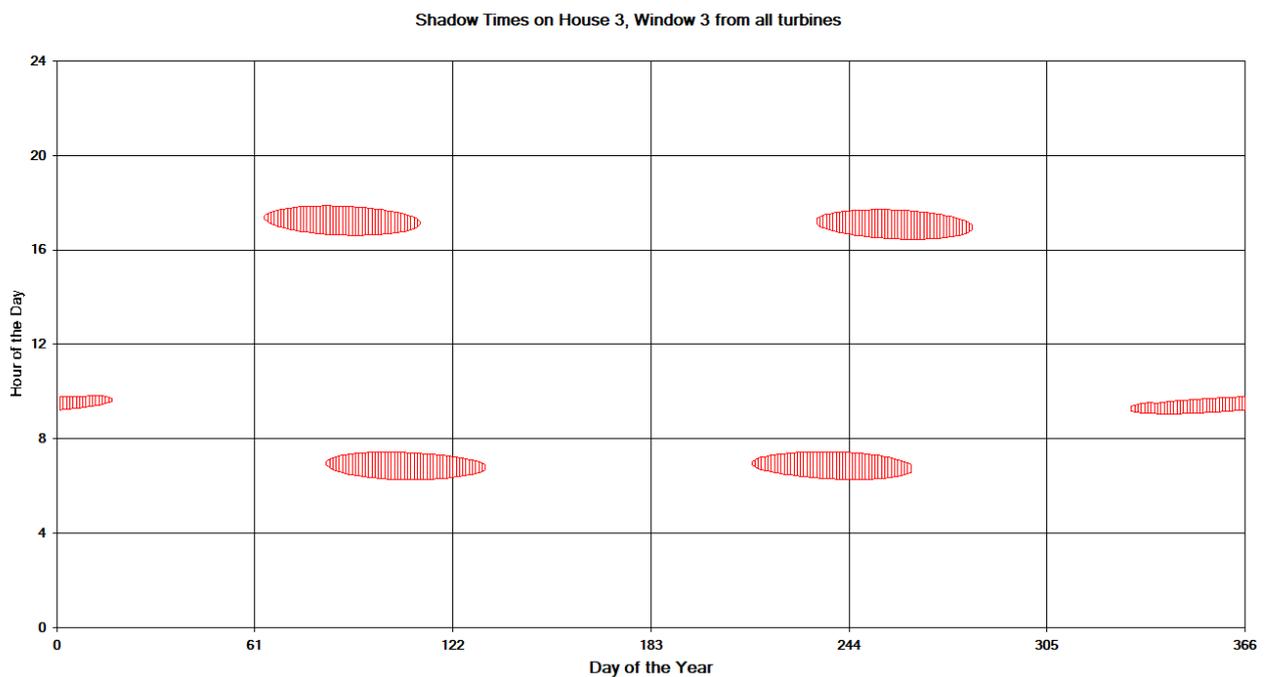


Figura 9: Grafico che mostra per il recettore 3 il manifestarsi del fenomeno dell'oscillazione d'ombra sulla finestra 3.

La finestra n° 3 del recettore 3 risulta essere investita dall'ombra proveniente dalla WTG01-WTG04 e WTG05 rispettivamente per i mesi invernali in mattinata e primaverili/autunnali nel pomeriggio

Shadow Times on House 4, Window 4 from all turbines

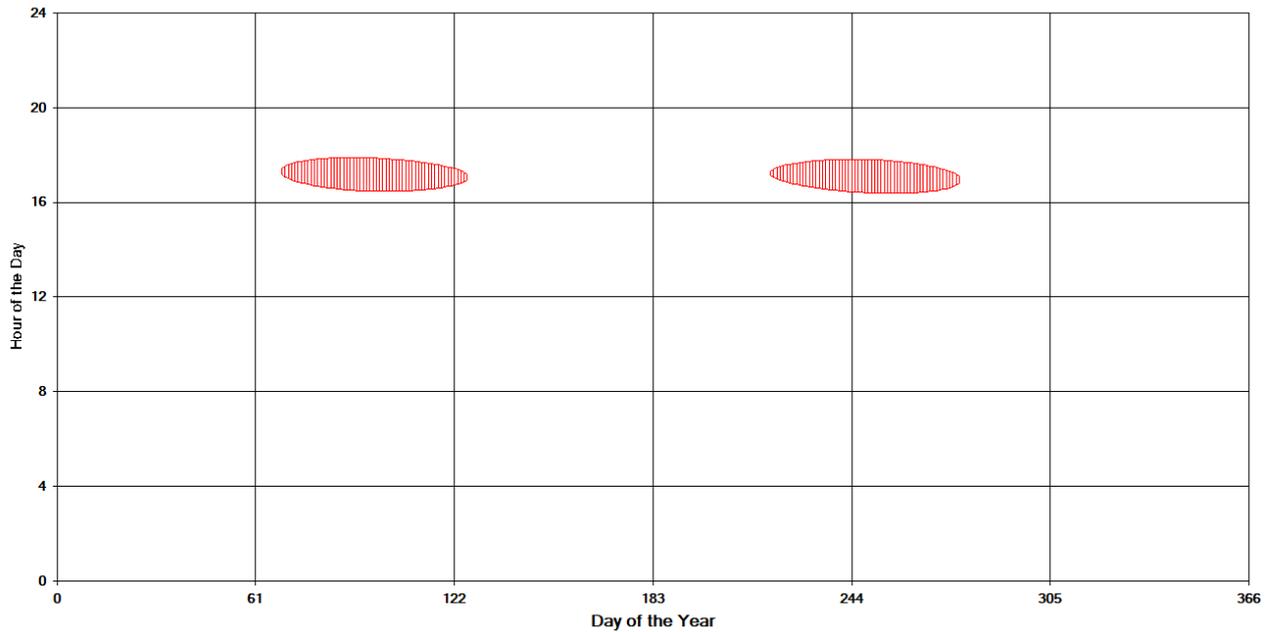


Figura 9: Grafico che mostra per il recettore 4 il manifestarsi del fenomeno dell'oscillazione d'ombra sulla finestra 4.

La finestra n° 4 del recettore 4 risulta essere investita dall'ombra proveniente dalla WTG04 nel periodo primaverile/autunnale nel pomeriggio

Shadow Times on House 6, Window 2 from all turbines

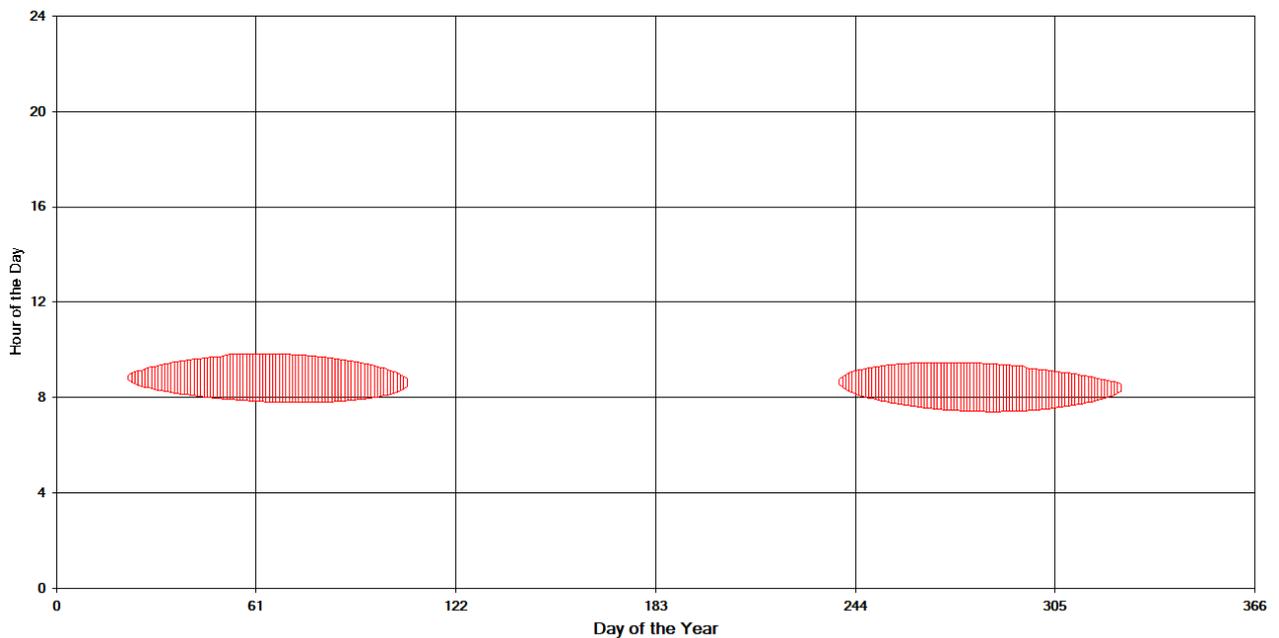
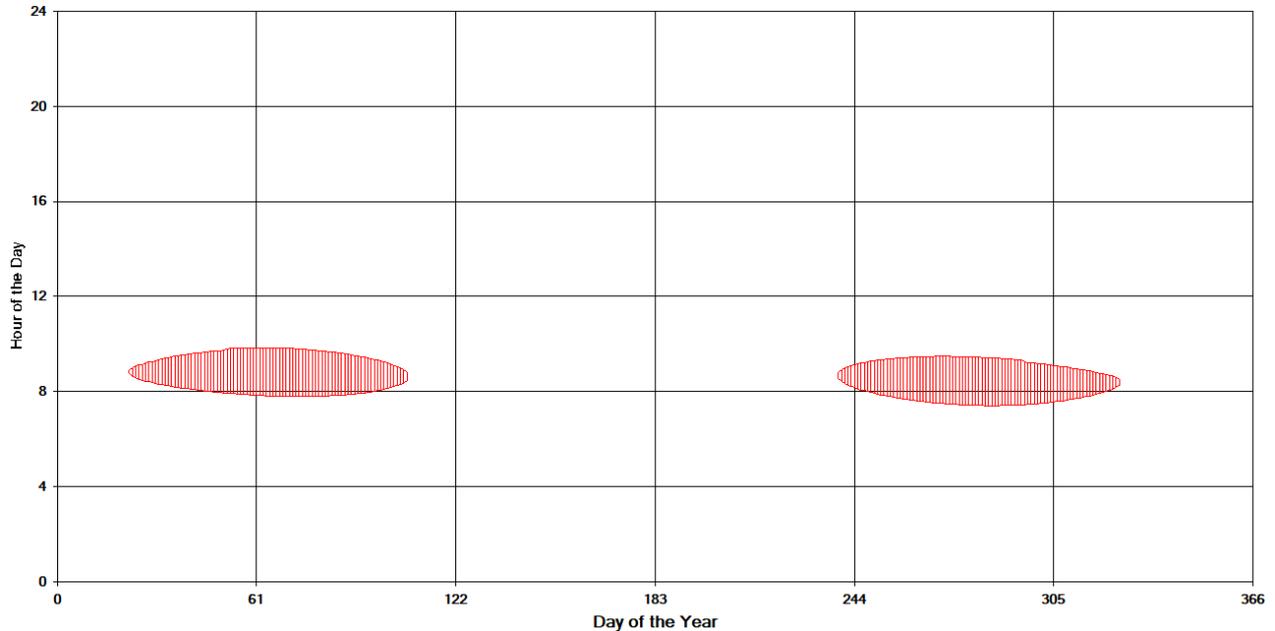


Figura 9: Grafico che mostra per il recettore 6 il manifestarsi del fenomeno dell'oscillazione d'ombra sulla finestra 2.

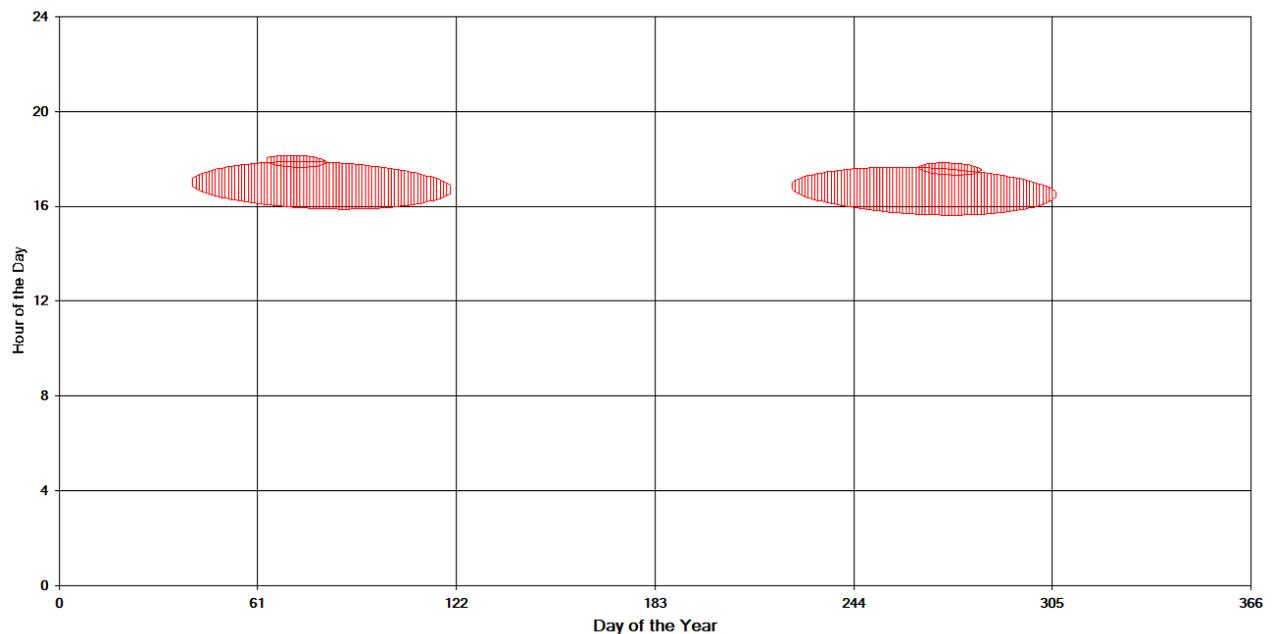
La finestra n° 2 del recettore 6 risulta essere investita dall'ombra proveniente dalla WTG01 nel periodo invernale in mattinata

Shadow Times on House 6, Window 3 from all turbines

*Figura 9: Grafico che mostra per il recettore 6 il manifestarsi del fenomeno dell'oscillazione d'ombra sulla finestra 3.*

La finestra n° 3 del recettore 6 risulta essere investita dall'ombra proveniente dalla WTG01 e dalla WTG04 rispettivamente nel periodo invernale in mattinata ed in quello estivo nel pomeriggio.

Shadow Times on House 7, Window 3 from all turbines

*Figura 9: Grafico che mostra per il recettore 7 il manifestarsi del fenomeno dell'oscillazione d'ombra sulla finestra 3.*

La finestra n° 3 del recettore 7 risulta essere investita dall'ombra proveniente dalla WTG04 e dalla WTG05 rispettivamente nel periodo primaverile nel pomeriggio

Shadow Times on House 7, Window 4 from all turbines

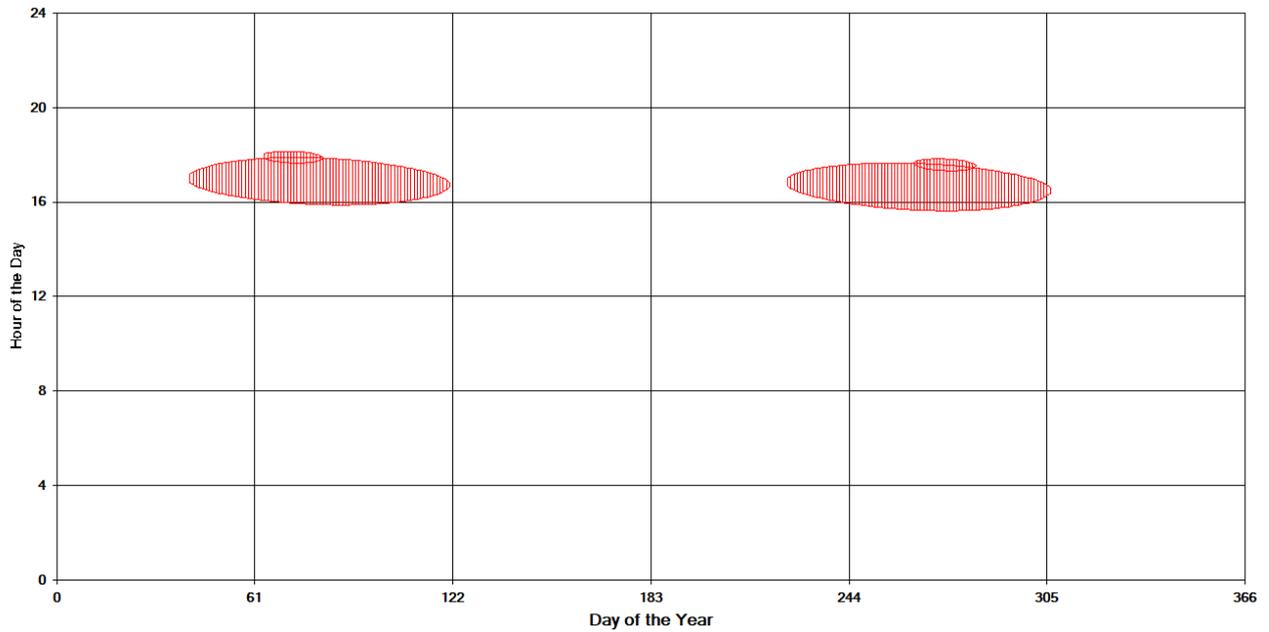


Figura 9: Grafico che mostra per il recettore 7 il manifestarsi del fenomeno dell'oscillazione d'ombra sulla finestra 4.

La finestra n° 4 del recettore 7 risulta essere investita dall'ombra proveniente dalla WTG04 e dalla WTG05 rispettivamente nel periodo primaverile nel pomeriggio.

7. CONCLUSIONI

A seguito di quanto descritto nei paragrafi precedenti si può concludere che lo studio effettuato sul fenomeno dello *shadow flickering* si basa su 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 dell'eventuale presenza di ostacoli e/o vegetazione interposti tra il sole e la finestra. È stata altresì considerata l'ipotesi di finestre poste su 4 lati degli immobili.

Il fenomeno è potenzialmente riscontrabile solo in periodi limitati del giorno e durante alcuni mesi dell'anno. Per tutti gli altri recettori indagati lo *shadow flickering* risulta inferiore a 30 ore l'anno e a 30 minuti al giorno.

Va sottolineato comunque che:

- La velocità massima di rotazione delle turbine che verranno montate è 9.02 rpm (rotazioni al minuto), quindi nettamente inferiore a 50 rpm, frequenza massima raccomandata al fine di ridurre al minimo i fastidi e soddisfare le condizioni di benessere;
- non sussiste una normativa italiana in materia, per cui il progetto non si pone in difformità a prescrizioni normative o prassi.

Il Tecnico

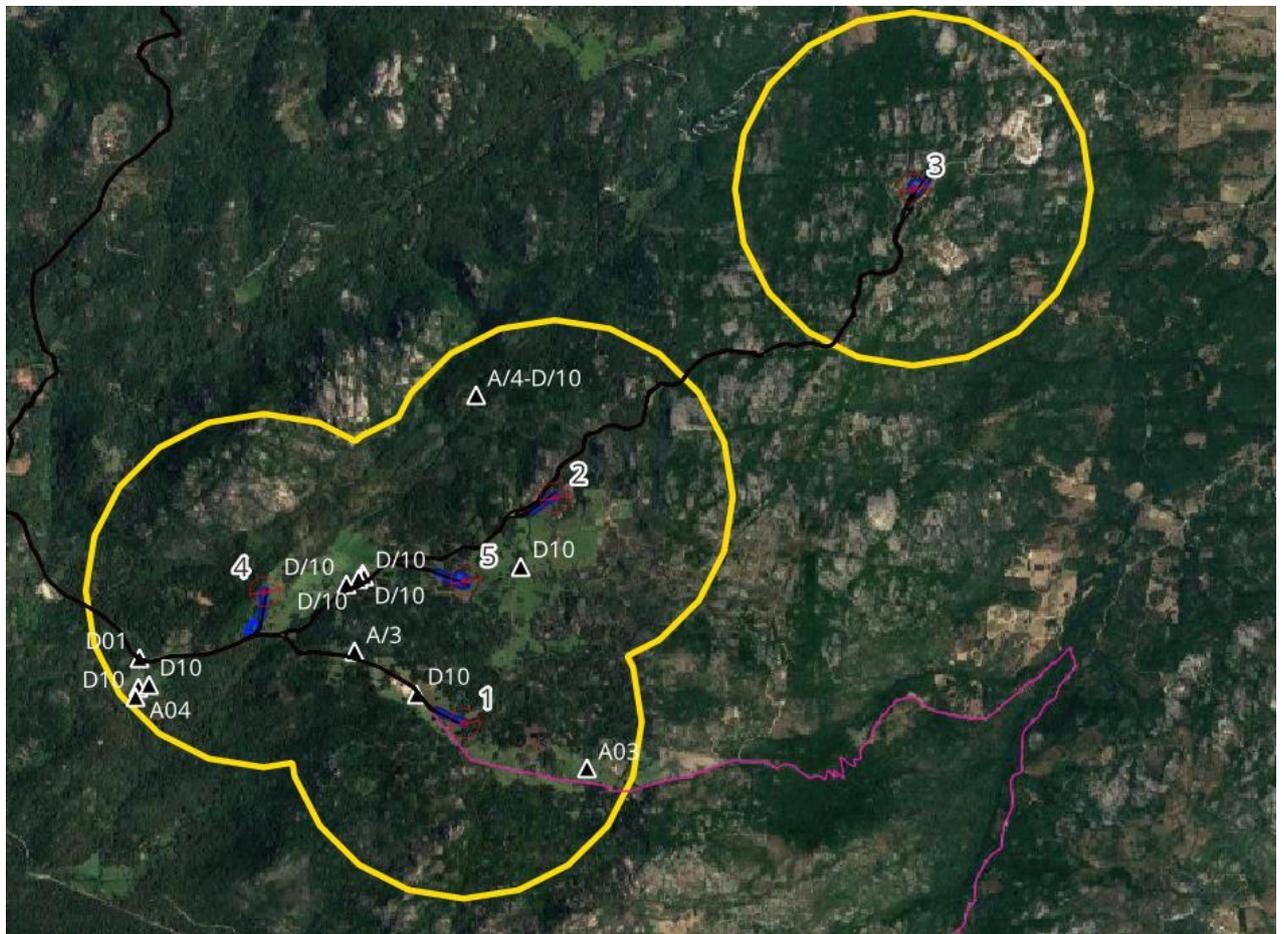
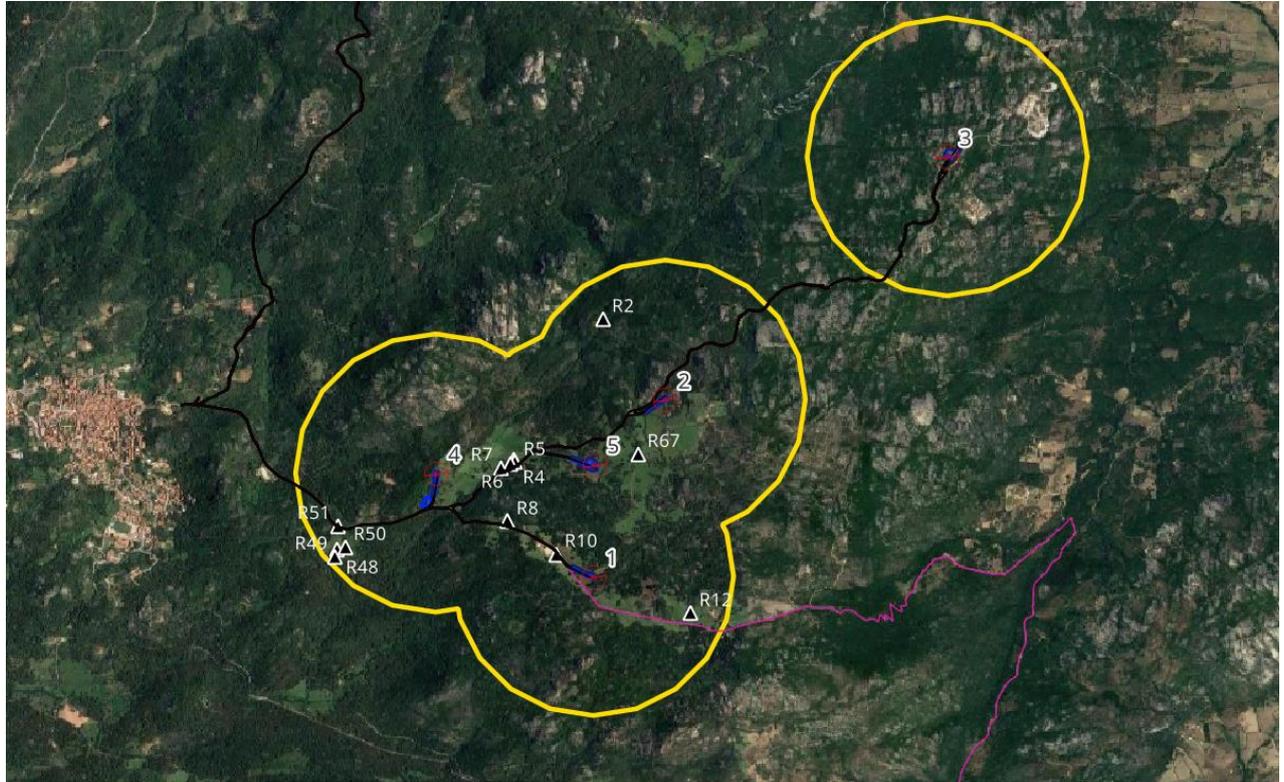
Ing. Leonardo Sblendido

ALLEGATI**A1: ELENCO DEI RECETTORI**

ID recettore	Coordinata X	Coordinata Y	Comune	Foglio	Particella	Categoria catastale
R4	519369	4529818	Calangianus (SS)	32	180	D/10
R5	519374	4529799	Calangianus (SS)	32	135	D/10
R6	519345	4529786	Calangianus (SS)	32	136	D/10
R7	519271	4529759	Calangianus (SS)	32	137	D/10
R8	519320	4529373	Calangianus (SS)	37	138	A/3
R10	519668	4529134	Calangianus (SS)	37	140	D10
R67	520254	4529857	Calangianus (SS)	37	133	D10
R48	518107	4529171	Calangianus (SS)	47	569	A04
R49	518092	4529121	Calangianus (SS)	47	568	D10
R50	518162	4529189	Calangianus (SS)	47	567	D10
R51	518111	4529340	Calangianus (SS)	32	133	D01
R2	520005	4530827	Calangianus (SS)	33	63	A/4-D/10
R12	520628	4528713	Calangianus (SS)	37	134	A03

Categoria	Descrizione
A/1	Abitazione di tipo signorile
A/2	Abitazione di tipo civile
A/3	Abitazione di tipo economico
A/4	Abitazione di tipo popolari
A/5	Abitazione di tipo ultrapopolare
A/6	Abitazione di tipo rurale
A/7	Abitazione in villini
A/8	Abitazione in villa
A/9	Castelli, palazzi di eminenti pregi artistici o storici
A/10	Uffici e studi privati
A/11	Abitazione o alloggi tipici dei luoghi

A2: MAPPA DEI RECETTORI



A3: RISULTATI DELL'ANALISI DELLA FLUTTUAZIONE D'OMBRA (WORST Case Scenario)

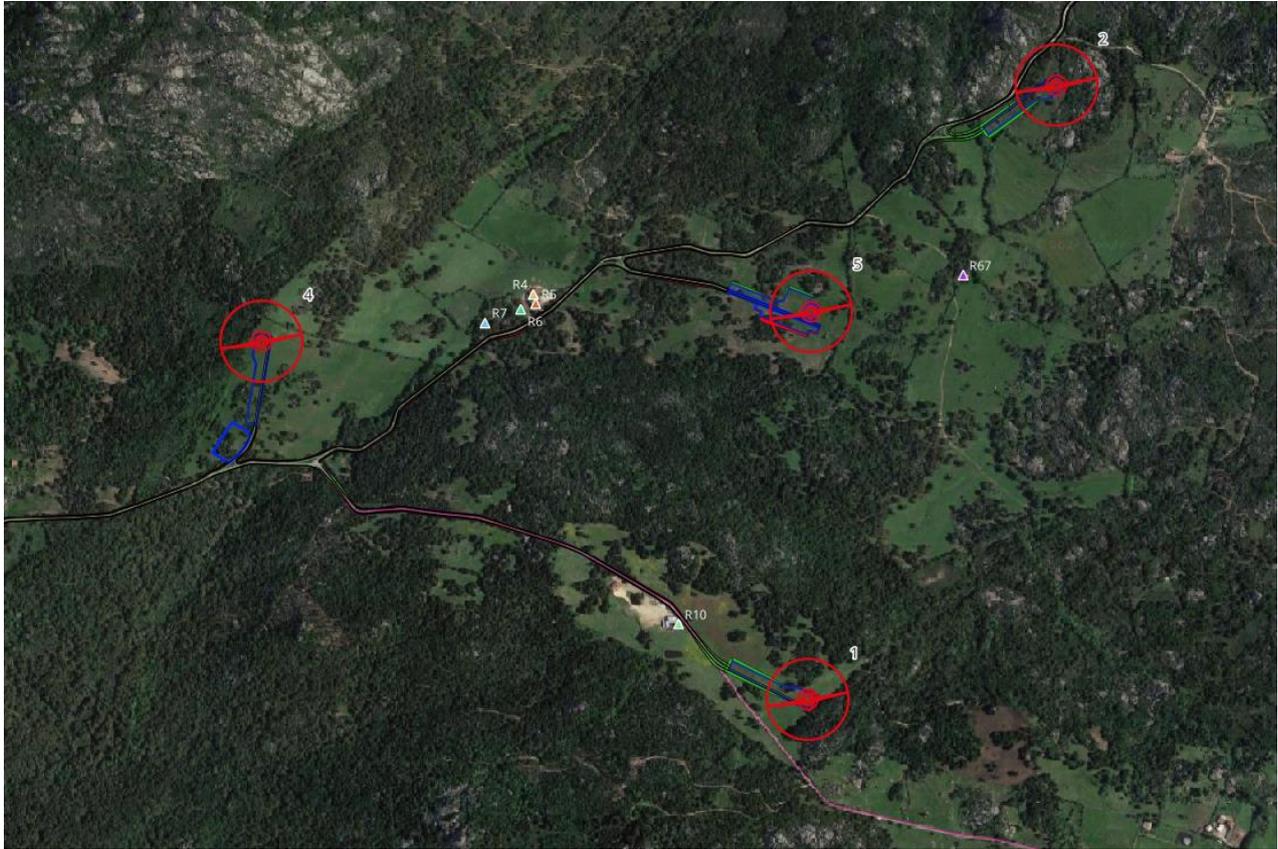
ID	ID WindFarm/Finestra	Est	Nord	Larghezza finestra (m)	Altezza Finestra (m)	Baricentro Finestra dal suolo (m)	Gradi dal Nord	Angolo inclinazione	Num, di giorni annui	Max ore al giorno	Ore medie al giorno	Totale ore annue
R4	1/1	519369	4529818	1	1	2	0	0	79	0.66	0.57	44.9
	1/2	519369	4529818	1	1	2	90	0	218	1.19	0.7	152.1
	1/3	519369	4529818	1	1	2	180	0	176	2.15	1.08	189.9
	1/4	519369	4529818	1	1	2	270	0	92	1.17	0.91	83.5
R5	2/1	519374	4529799	1	1	2	0	0	73	0.66	0.57	41.6
	2/2	519374	4529799	1	1	2	90	0	221	1.2	0.71	157.7
	2/3	519374	4529799	1	1	2	180	0	183	2.16	1.09	198.6
	2/4	519374	4529799	1	1	2	270	0	92	1.16	0.91	83.4
R6	3/1	519345	4529786	1	1	2	0	0	73	0.65	0.56	41.1
	3/2	519345	4529786	1	1	2	90	0	227	1.15	0.69	156.4
	3/3	519345	4529786	1	1	2	180	0	191	2.2	1.09	207.4
	3/4	519345	4529786	1	1	2	270	0	98	1.22	0.95	93.1
R7	4/1	519271	4529759	1	1	2	0	0	166	1.03	0.68	112.9
	4/2	519271	4529759	1	1	2	90	0	236	1.04	0.65	153.8
	4/3	519271	4529759	1	1	2	180	0	186	1.4	0.9	167
	4/4	519271	4529759	1	1	2	270	0	117	1.4	1.09	127.5
R8	5/1	519320	4529373	1	1	2	0	0	68	1.3	0.9	60.9
	5/2	519320	4529373	1	1	2	90	0	106	0.97	0.55	58.8
	5/3	519320	4529373	1	1	2	180	0	73	0.97	0.68	50
	5/4	519320	4529373	1	1	2	270	0	68	0.95	0.78	52.8
R10	6/1	519668	4529134	1	1	2	0	0	58	0.68	0.51	29.4
	6/2	519668	4529134	1	1	2	90	0	173	2.03	1.53	264.1
	6/3	519668	4529134	1	1	2	180	0	173	2.03	1.53	264.1
	6/4	519668	4529134	1	1	2	270	0	58	0.68	0.51	29.5
R67	7/1	520254	4529857	1	1	2	0	0	0	0	0	0
	7/2	520254	4529857	1	1	2	90	0	0	0	0	0
	7/3	520254	4529857	1	1	2	180	0	162	2.2	1.57	254.7
	7/4	520254	4529857	1	1	2	270	0	163	2.2	1.57	256.4
R48	8/1	518107	4529171	1	1	2	0	0	44	0.4	0.3	13.1
	8/2	518107	4529171	1	1	2	90	0	75	0.4	0.3	22.8
	8/3	518107	4529171	1	1	2	180	0	31	0.4	0.31	9.6
	8/4	518107	4529171	1	1	2	270	0	0	0	0	0
R49	9/1	518092	4529121	1	1	2	0	0	52	0.4	0.29	15.1
	9/2	518092	4529121	1	1	2	90	0	82	0.4	0.3	24.7
	9/3	518092	4529121	1	1	2	180	0	30	0.4	0.32	9.6
	9/4	518092	4529121	1	1	2	270	0	0	0	0	0
R50	10/1	518162	4529189	1	1	2	0	0	46	0.42	0.3	13.6
	10/2	518162	4529189	1	1	2	90	0	78	0.42	0.31	23.8
	10/3	518162	4529189	1	1	2	180	0	32	0.41	0.32	10.2
	10/4	518162	4529189	1	1	2	270	0	0	0	0	0

R51	11/1	518111	4529340	1	1	2	0	0	27	0.39	0.26	7
	11/2	518111	4529340	1	1	2	90	0	57	0.4	0.29	16.5
	11/3	518111	4529340	1	1	2	180	0	30	0.39	0.31	9.4
	11/4	518111	4529340	1	1	2	270	0	0	0	0	0
R2	12/1	520005	4530827	1	1	2	0	0	0	0	0	0
	12/2	520005	4530827	1	1	2	90	0	76	0.92	0.76	57.7
	12/3	520005	4530827	1	1	2	180	0	76	0.93	0.76	57.9
	12/4	520005	4530827	1	1	2	270	0	0	0	0	0
R12	13/1	520628	4528713	1	1	2	0	0	117	0.95	0.81	95
	13/2	520628	4528713	1	1	2	90	0	0	0	0	0
	13/3	520628	4528713	1	1	2	180	0	0	0	0	0
	13/4	520628	4528713	1	1	2	270	0	118	0.95	0.81	95.1

A4: CONFRONTO TRA WORST CASE SCENARIO E STATISTICAL REAL CASE SCENARIO

ID	ID WindFarm/Finestra	Worst Case		Statistical Real Case	
		Max ore al giorno	Totale ore annue	Max ore al giorno	Totale ore annue
R4	1/1	0.00	44.90	0.00	8.56
	1/2	1.19	152.10	0.23	28.99
	1/3	2.15	189.90	0.41	36.19
	1/4	1.17	83.50	0.22	15.92
R5	2/1	0.66	41.60	0.13	7.93
	2/2	1.20	157.70	0.23	30.06
	2/3	2.16	198.60	0.41	37.85
	2/4	1.16	83.40	0.22	15.90
R6	3/1	0.65	41.10	0.12	7.83
	3/2	1.15	156.40	0.22	29.81
	3/3	2.20	207.40	0.42	39.53
	3/4	1.22	93.10	0.23	17.74
R7	4/1	1.03	112.90	0.20	21.52
	4/2	1.04	153.80	0.20	29.31
	4/3	1.40	167.00	0.27	31.83
	4/4	1.40	127.50	0.27	24.30
R8	5/1	1.30	60.90	0.25	11.61
	5/2	0.97	58.80	0.18	11.21
	5/3	0.97	50.00	0.18	9.53
	5/4	0.95	52.80	0.18	10.06
R10	6/1	0.68	29.40	0.13	5.60
	6/2	2.03	264.10	0.39	50.34
	6/3	2.03	264.10	0.39	50.34
	6/4	0.68	29.50	0.13	5.62

R67	7/1	0.00	0.00	0.00	0.00
	7/2	0.00	0.00	0.00	0.00
	7/3	2.20	254.70	0.42	48.55
	7/4	2.20	256.40	0.42	48.87
R48	8/1	0.40	13.10	0.08	2.50
	8/2	0.40	22.80	0.08	4.35
	8/3	0.40	9.60	0.08	1.83
	8/4	0.00	0.00	0.00	0.00
R49	9/1	0.40	15.10	0.08	2.88
	9/2	0.40	24.70	0.08	4.71
	9/3	0.40	9.60	0.08	1.83
	9/4	0.00	0.00	0.00	0.00
R50	10/1	0.42	13.60	0.08	2.59
	10/2	0.42	23.80	0.08	4.54
	10/3	0.41	10.20	0.08	1.94
	10/4	0.00	0.00	0.00	0.00
R51	11/1	0.39	7.00	0.07	1.33
	11/2	0.40	16.50	0.08	3.14
	11/3	0.39	9.40	0.07	1.79
	11/4	0.00	0.00	0.00	0.00
R2	12/4	0.00	0.00	0.00	0.00
	13/4	0.92	57.70	0.18	11.00
	14/4	0.93	57.90	0.18	11.04
	15/4	0.00	0.00	0.00	0.00
R12	16/4	0.95	95.00	0.18	18.11
	17/4	0.00	0.00	0.00	0.00
	18/4	0.00	0.00	0.00	0.00
	19/4	0.95	95.10	0.18	18.13

A5: MAPPA DEI RECETTORI PER I QUALI VIENE SUPERATO IL VALORE ORE/ANNO


ID	ID WindFarm/Finestra	Worst Case		Statistical Real Case	
		Worst Case	Worst Case	Statistical Real Case	Statistical Real Case
R4	1/3	2 h 9 min	189 h 54 min	0 h 25 min	36 h 12 min
R5	2/3	2 h 10 min	198 h 36 min	0 h 25 min	37 h 51 min
R6	3/3	2 h 12 min	207 h 24 min	0 h 25 min	39 h 32 min
R7	4/4	1 h 24 min	127 h 30 min	0 h 16 min	24 h 18 min
R10	6/2	2 h 2 min	264 h 6 min	0 h 23 min	50 h 20 min
	6/3	2 h 2 min	264 h 6 min	0 h 23 min	50 h 20 min
R67	7/3	2 h 12 min	254 h 42 min	0 h 25 min	48 h 33 min
	7/4	2 h 12 min	256 h 24 min	0 h 25 min	48 h 52 min

A.6: MAPPA DI ISO OMBREGGIAMENTO (Worst Case Scenario)

