

Selva Wind Srl

# Parco Eolico Selva Wind sito nel Comune di Enna

Studio dell'evoluzione dell'ombra (Shadow Flickering)

Gennaio 2023



Committente:

**Selva Wind Srl**

**Selva Wind Srl**

Via Sardegna, 40

00187 Roma

selvawindsrl@cert.studiopirola.com

Titolo del Progetto:

**Parco Eolico Selva Wind sito nel Comune di Enna**

Documento:

**Studio dell'evoluzione dell'ombra  
(Shadow Flickering)**

N° Documento:

**IT-VesSEL-BFP-ENV-TR-008**

Progettista:



Via Degli Arredatori, 8  
70026 Modugno (BA) - Italy  
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net  
tel. (+39) 0805046361

**Azienda con Sistema di Gestione Certificato**  
**UNI EN ISO 9001:2015**  
**UNI EN ISO 14001:2015**  
**UNI ISO 45001:2018**

**Tecnico**

ing. Danilo POMPONIO

**Collaborazioni**

ing. Milena MIGLIONICO

ing. Giulia CARELLA

ing. Tommaso MANCINI

ing. Fabio MASTROSERIO

ing. Martino LAPENNA

ing. Alessia NASCENTE

ing. Mariano MARSEGLIA

ing. Giuseppe Federico ZINGARELLI

ing. Dionisio STAFFIERI

**Responsabile Commessa**

ing. Danilo POMPONIO

Rev	Data Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	03/02/2023	Emissione	Nascente	Miglionico	Pomponio

## Sommario

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Descrizione del progetto</b> .....	Errore. Il segnalibro non è definito.
<b>2. ANALISI DELL'ESPOSIZIONE SOLARE</b> .....	<b>1</b>
<b>3. VALUTAZIONE PREVENTIVA DELLE OMBRE GENERATE</b> .....	<b>5</b>

## 1. PREMESSA

La presente relazione descrive le opere relative al progetto per la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica proposto dalla società **Selva Wind S.r.l.**

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 11 aerogeneratori, del tipo Vestas V162 – 7,2 MW con rotore pari a 162 m e altezza al tip di 200 m, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW, per una potenza complessiva di 79,2 MW, da realizzarsi nei comuni di Enna (EN) e Piazza Armerina (EN), in cui insistono gli aerogeneratori e le relative opere di connessione che attraversano anche il territorio di Valguarnera Caropepe (EN), per il collegamento alla futura Stazione Elettrica Terna, mediante rete elettrica interrata a 36 kV.

### 1.1 1.1 Descrizione dell'intervento

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 11 aerogeneratori, del tipo Vestas V162 – 7,2 MW, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW, per una potenza complessiva di 79,2 MW.

Il parco eolico di progetto è previsto nell'area situata a sud del territorio comunale di Enna (EN) e a nord-ovest del territorio comunale di Piazza Armerina (EN), ad una distanza minima dai centri abitati rispettivamente di circa 8,5 km.

I terreni sui quali si installerà il parco eolico, interessano una superficie molto vasta, ma la quantità di suolo effettivamente occupato sarà significativamente inferiore e limitato alle aree di piazzole dove verranno installati gli aerogeneratori, come visibile sugli elaborati planimetrici allegati al progetto.

L'area di progetto, intesa come quella occupata dagli 11 aerogeneratori di progetto con annesse piazzole, interessa il territorio comunale di Enna (EN), censito al NCT ai fogli di mappa nn. 243, 244, 246, 250, 212, 213, 251, 257. La Cabina utente, ubicata nei pressi del punto di connessione presso la stazione TERNA, interessa il territorio comunale di Enna (EN) censito al NCT al foglio di mappa n. 93.

I cavidotti AT di connessione tra gli aerogeneratori interessano il territorio comunale di Enna (EN), censito ai fogli di mappa nn. 243, 244, 246, 249, 250, 211, 212, 213, 251, 254, 255, 256, 257.

Il cavidotto AT di connessione tra l'ultimo aerogeneratore e la Cabina Utente interessa il territorio comunale di Enna (EN) censito ai fogli di mappa nn. 256, 215, 219, 218, 217, 184, 108, 96, 100, 98, 93; il territorio comunale di Piazza Armerina (EN) censito ai fogli di mappa nn. 11, 12, 13, 14; il territorio comunale di Valguarnera Caropepe censito ai fogli di mappa nn. 4, 7, 5, 3.

Il cavidotto AT di connessione tra la Cabina Utente e la Stazione Elettrica Terna si estende per circa 561 m, sviluppandosi all'interno del territorio del Comune di Enna (EN) censito ai fogli di mappa nn.98, 92, 93.

Dal punto di vista cartografico, le opere di progetto ricadono nelle seguenti tavolette e fogli di mappa:

- Foglio I.G.M. scala 1:50.000 – Tavole nn. 631 e 632
- CTR scala 1:10.000 – Tavolette nn. 631110, 631120, 632090, 632050.

Di seguito, si riporta la tabella riepilogativa in cui sono indicate per ciascun aerogeneratore le relative coordinate (WGS84 – UTM zone 33N) e le particelle catastali, con riferimento al catasto dei terreni del Comune di Enna.

WTG	COORDINATE GEOGRAFICHE WGS84		COORDINATE PLANIMETRICHE UTM33 WGS 84		DATI CATASTALI		
	LATITUDINE N	LONGITUDINE E	EST (X)	NORD (Y)	Comune	foglio	p.lla
1	37°28'36.88"	14°17'25.68"	437265	4148016	Enna	212	33
2	37°28'22.21"	14°17'18.01"	437073	4147565	Enna	250	474
3	37°27'37.63"	14°17'2.57"	436683	4146195	Enna	250	175
4	37°27'31.58"	14°17'40.85"	437622	4146001	Enna	251	245-465
5	37°27'10.27"	14°17'4.89"	436734	4145351	Enna	250	48
6	37°28'52.64"	14°17'53.61"	437954	4148497	Enna	213	34
7	37°27'5.82"	14°13'31.69"	431495	4145255	Enna	243	89
8	37°27'33.46"	14°19'19.12"	440037	4146041	Enna	257	155
9	37°27'26.06"	14°13'54.29"	432055	4145874	Enna	244	1
10	37°27'45.44"	14°14'1.88"	432246	4146470	Enna	244	1
11	37°27'41.47"	14°15'32.83"	434479	4146330	Enna	246	36

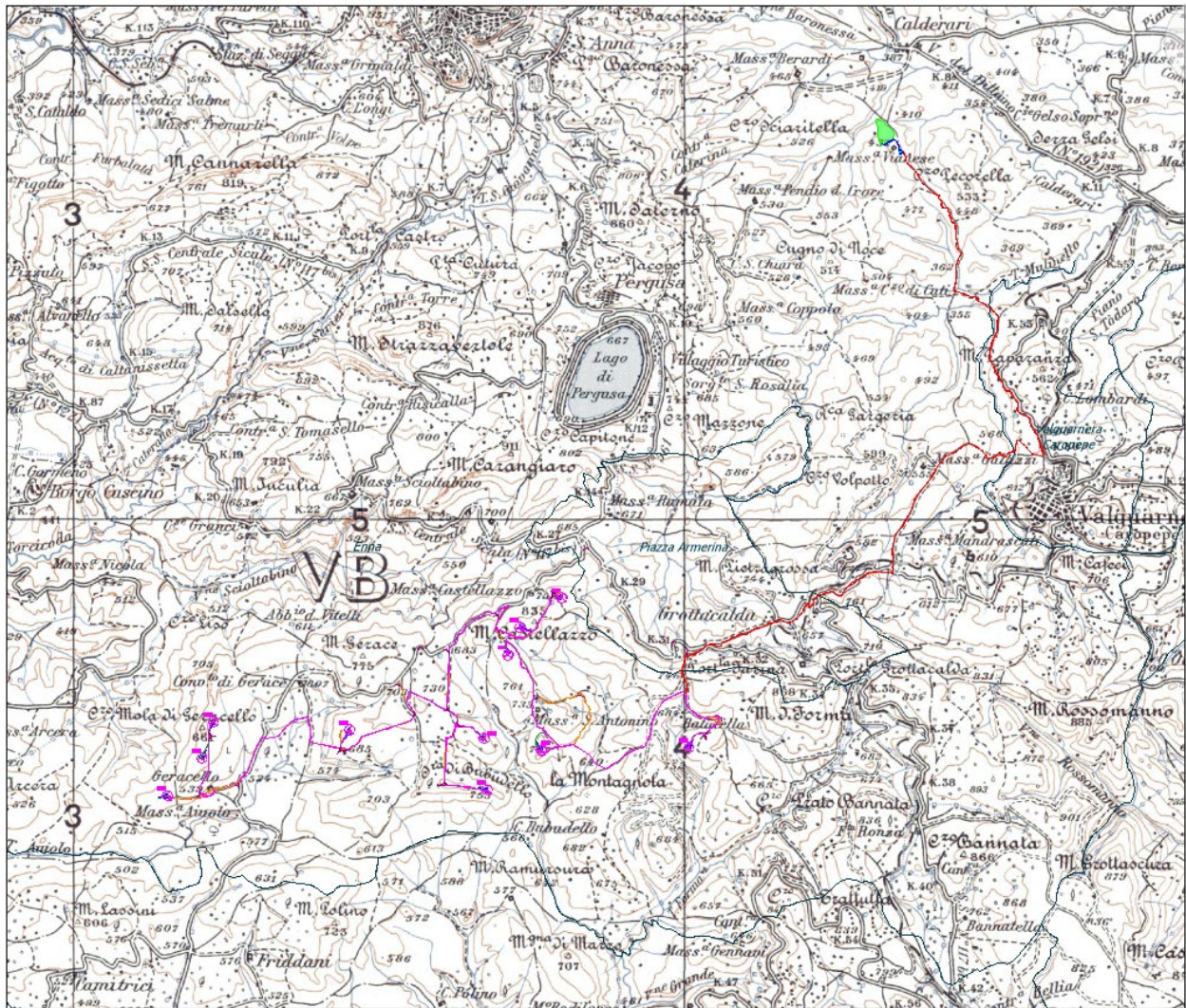


Figura 1: Ubicazione su IGM dell'area di impianto e delle opere di connessione



**Figura 2: Dettaglio dell'area di impianto su ortofoto**

## 2. ANALISI DELL'ESPOSIZIONE SOLARE

La posizione occupata nel cielo dal sole è compiutamente individuata mediante la misura di due coordinate angolari, azimut ed elevazione (altezza). L'azimut viene misurato, in senso orario, sul piano orizzontale, a partire del nord geografico fino al punto sull'orizzonte direttamente sotto all'oggetto; l'elevazione, invece, viene misurata sul piano verticale, partendo da tale punto sino ad arrivare in corrispondenza dell'oggetto. A causa del moto della Terra intorno al sole, tali coordinate variano senza soluzione di continuità e la traiettoria descritta nel cielo dal sole è assimilabile ad un arco; ogni giorno si caratterizza per un proprio arco, il quale si discosta, se pur di poco, da quello del giorno immediatamente precedente e successivo. Ad ogni modo, si può affermare che un certo arco si ripete quasi esattamente ogni anno.

Dicesi giorno l'intervallo di tempo nel quale giunge al suolo luce solare diretta per cui, la sua durata è pari al tempo che intercorre tra alba e tramonto.

La durata del giorno non coincide con la durata della luce naturale dato che sia prima dell'alba che dopo il tramonto sono rilevabili due periodi, chiamati entrambi crepuscolo (rispettivamente

crepuscolo mattutino e crepuscolo serale o serotino), durante i quali giunge a terra una luce diffusa naturale fornita dai livelli più esterni dell'atmosfera i quali, trovandosi a quote più elevate, ricevono infatti luce solare diretta per un tempo più lungo riflettendola in parte verso la terra. Per quanto detto, la durata dell'illuminazione solare è pari alla somma della durata del giorno e della durata del crepuscolo mattutino e serale. Se non si verificasse il fenomeno descritto, il passaggio dal giorno alla notte e viceversa avverrebbe in maniera repentina.

### 3. VALUTAZIONE PREVENTIVA DELLE OMBRE GENERATE

Le turbine eoliche, come altre strutture spiccatamente sviluppate in altezza, proiettano ombra sulle aree adiacenti in presenza della luce solare diretta. In particolare, si hanno fenomeni quasi statici legati alla presenza della torre fissa ed effetti dinamici legati alla rotazione del rotore con le sue tre pale.

Il fenomeno è legato alla presenza di un osservatore posto in modo da vedere interposto il rotore tra sé e il sole. Si precisa che i fenomeni di ombreggiamento descritti attualmente non sono regolati da una specifica normativa.

Ai fini della presente trattazione è stato preso in considerazione un modello tipologico di aerogeneratore avente un'altezza massima pari a **200 m** (altezza mozzo + lunghezza della pala), dato che l'aerogeneratore di progetto non avrà un'altezza massima superiore a tale valore.

È stato stimato l'effetto "flicker" prodotto dall'impianto eolico; trattasi di un fenomeno per cui si genera un'intermittenza dell'ombra (una sorta di effetto stroboscopico) a seguito del movimento del rotore dell'aerogeneratore quando è in esercizio (in particolare quando il piano del rotore risulta perpendicolare alla congiungente tra l'osservatore e il sole), e che potrebbe risultare spiacevole per un osservatore.

Per tale analisi è stato impiegato il software WindPRO.

Nel calcolo sono state assunte le seguenti ipotesi ampiamente conservative (caso peggiore – worst case):

- Sole splendente tutto il giorno e per tutto l'anno;
- Impianto costantemente in funzione (presenza costante di vento);
- Piano del rotore sempre ortogonale alla congiungente tra l'osservatore e il sole;
- Altezza minima del sole sull'orizzonte pari a 3°;
- Effetto dell'ombra proiettata fino a una distanza di 1000 m dalle torri;
- Totale assenza di ostacoli o schermi vegetazionali presenti negli spazi circostanti i possibili recettori.

Il report di calcolo restituisce un grafico finale che riporta in pianta il numero massimo di ore/anno in cui ad altezza dell'occhio umano si verifica l'effetto flicker descritto. Tale numero è



rappresentato graficamente sul territorio con aree di diverse sfumature di colore in base al numero di ore/anno di possibile effetto flicker.

Di seguito, viene allegato il calcolo dell'evoluzione dell'ombra per i fabbricati destinati a "civile abitazione" o "edifici pubblici" maggiormente coinvolti dall'effetto flicker, presenti nel raggio di 1000 m.

Dai tabulati è possibile verificare che, nonostante siano assunte le condizioni peggiorative assolute, cioè:

- sole sempre presente, ovvero soleggiamento massimo in tutti i giorni dell'anno;
- pale eoliche sempre in rotazione;
- orientamento delle finestre sempre in direzione delle turbine ("modalità serra");
- dimensione tipica finestra 2.0x2.0 m, in tutte le esposizioni, altezza della finestra da terra 1.0m;
- altezza occhio umano 1.6 m.

**L'effetto ombra è modesto per gli immobili presenti nell'area di progetto, infatti:**

- **la massima durata dell'ombra all'anno è di circa 147 ore/anno con un ombreggiamento giornaliero massimo di 0,59 ore/giorno;**
- **sempre dai tabulati risulta che l'ombreggiamento sui recettori è in media inferiore ad 1 ora/giorno.**

Si precisa che non c'è una normativa che indichi un limite di ore/giorno di ombra, ma ci sono riferimenti da best practice che indicano un benchmark di ore massimo al giorno.

## Risultati dei calcoli

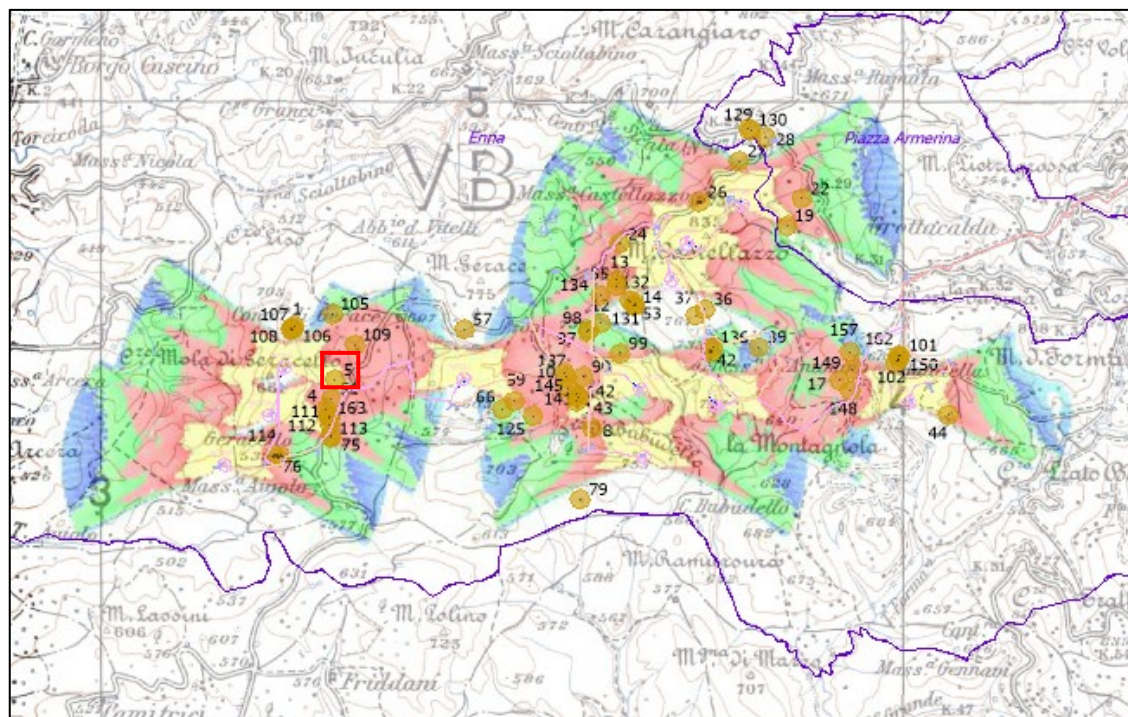
Recettore d'ombra




### Ombra, caso peggiore

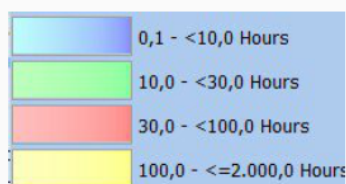
n.	Ore d'ombra per anno [ore/anno]	Giorni con ombra per anno [giorni/anno]	Massima durata dell'ombra per giorno [ore/giorno]
A	54:31	75	0:57
B	46:27	69	0:53
C	87:47	121	1:11
D	74:47	112	1:07
E	91:25	171	0:59
F	71:33	153	0:49
G	71:03	155	0:48
H	72:09	160	0:51
I	65:30	161	0:46
J	147:00	222	0:59
K	44:32	75	1:07
L	9:30	36	0:21
M	0:00	0	0:00

N	0:00	0	0:00
O	0:00	0	0:00
P	0:00	0	0:00
Q	0:00	0	0:00
R	14:08	58	0:22
S	86:08	152	0:58
T	49:07	135	0:30
U	77:02	188	0:52
V	76:30	147	1:06
W	58:04	98	1:08
X	53:39	93	1:07
Y	44:16	77	0:59
Z	36:40	68	0:48
AA	35:29	68	0:45
AB	46:00	77	0:51
AC	21:06	79	0:29
AD	14:30	81	0:18
AE	15:20	88	0:18
AF	13:06	43	0:22
AG	55:04	112	0:42
AH	66:33	100	0:53
AI	52:51	78	0:53
AJ	0:00	0	0:00
AK	0:00	0	0:00
AL	0:00	0	0:00
AM	0:00	0	0:00
AN	0:00	0	0:00
AO	0:00	0	0:00
AP	34:28	80	0:39
AQ	39:13	94	0:37
AR	1:19	18	0:06
AS	77:28	92	1:05
AT	111:43	217	0:49
AU	40:01	58	0:51
AV	38:08	64	0:47
AW	7:18	20	0:27
AX	0:00	0	0:00
AY	0:00	0	0:00
AZ	0:00	0	0:00
BA	0:00	0	0:00
BB	38:51	55	1:03
BC	48:57	64	1:11
BD	112:25	104	1:15
BE	64:26	125	0:48
BF	27:23	76	0:34
BG	0:00	0	0:00
BH	0:00	0	0:00
BI	0:00	0	0:00
BJ	0:00	0	0:00
BK	0:00	0	0:00
BL	0:00	0	0:00

Si riporta la carta dello shadow flickering con indicazione del recettore più esposto (riquadro in rosso); per maggior dettagli si rimanda ai tabulati di calcolo allegati.

**LEGENDA**

-  Aerogeneratori
-  Limiti comunali
-  Recettori sensibili

**FLIKERING ORE PER ANNO, CASO PEGGIORE**

**Figura 3: Carta dell'evoluzione dell'ombra giornaliera – Shadow Flicker**

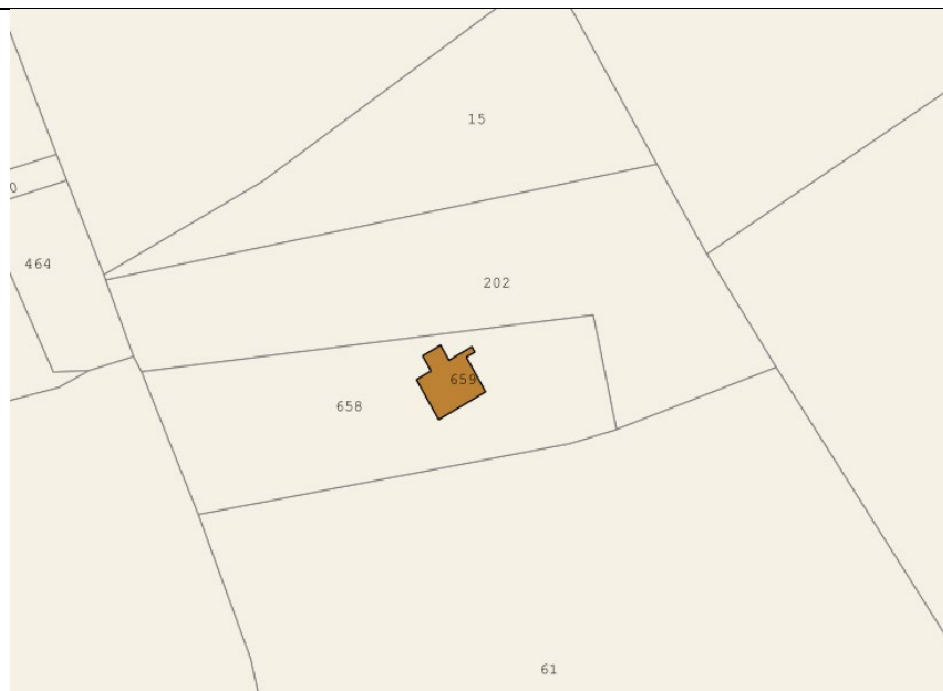
Il recettore più esposto corrisponde al fabbricato n. 5, ubicato nel comune di Enna e catastalmente individuato al foglio di mappa n. 246, particella 659; coord. UTM WGS84-33S: 432876.7; 4146316.6.

Tale fabbricato classificato come categoria A03 – Abitazioni di tipo economico dista oltre 640 m dell'aerogeneratore più vicino WTG10.

Per tale recettore sono state calcolate 147 ore/anno, 222 giorni/anno e 0,59 ore/giorno di ombreggiamento .

**SCHEDA FABBRICATO n. 5**  
**Comune di Enna**Coordinate: (UTM WGS84-33S)  
432876.7; 4146316.6

Fonte: Google Earth

**BREVE DESCRIZIONE:**

- Fg. 246, p.lla 659, categoria **A/3**: abitazione di tipo economico

**DISTANZA MINIMA DALL'IMPIANTO: oltre 640 m dall'aerogeneratore più vicino WTG10**

Al fabbricato si accede per mezzo di una strada privata sterrata connessa alla strada provinciale SP78, da cui, però a causa di pendenze acclivi non è possibile avere una panoramica della zona in cui sorge il fabbricato in questione. L'edificio presenta alberature lungo il perimetro che affaccia verso l'aerogeneratore più vicino WTG10.

Questa condizione rappresenta per il fabbricato una schermatura naturale all'effetto shadow flickering valutato in precedenza, proprio perché la vegetazione alta attenua (se non annulla) l'impatto dell'ombra.

Inoltre, si precisa che l'analisi teorica dello shadow flickering non ha tenuto conto del territorio nella zona vasta molto frastagliato, la naturale morfologia ondulatoria e la vegetazione sparsa attenuano ulteriormente gli effetti ombra nell'intorno degli aerogeneratori.



**Figura 4: Vista del fabbricato n. 5**

Per quanto concerne l'effetto "flickering", quindi, valutando i risultati ottenuti in relazione al contesto antropico locale, si può affermare che il fenomeno non ha impatti negativi sul territorio, dove i fabbricati adibiti a civile abitazione sono in numero limitato (n. 64 fabbricati) e a distanze sempre superiori a 470 metri dagli aerogeneratori di progetto, distanze oltre le quali il fenomeno di ombreggiamento si può considerare praticamente modesto o nullo.