

REGIONE  
BASILICATA



Provincia MATERA



COMUNE DI ALIANO (MT)



**PROGETTO DEFINITIVO RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN  
IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 6 AEROGENERATORI E  
DALLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N.**

**STUDIO DEGLI EFFETTI DI SHADOW-FLICKERING**

ELABORATO

**A.8**

PROPONENTE:



**SKI 04 s.r.l.**

via Caradosso n.9  
Milano 20123  
P.Iva 11479190966

PROGETTO E SIA:



**ATECH srl**

Via Caduti di Nassirya, 55  
70124- Bari (BA)  
pec: atechsrl@legalmail.it  
Ing. Alessandro Antezza



**Il DIRETTORE TECNICO**  
Ing. Orazio Tricarico



**SOLARITES s.r.l.**

piazza V. Emanuele II n.14  
Ceva (CN) 12073

CONSULENZA:

EM./REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE
0	GIUGNO 2022	B.C.C	A.A. - O.T.	A.A. - O.T.	Progetto Definitivo

**1.PREMESSA..... 2**

**2.BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO..... 3**

**3.ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA ..... 4**

**4.EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DALL'IMPIANTO..... 5**

## 1. PREMESSA

Il presente documento, allegato al progetto definitivo, analizza l'evoluzione dell'ombra (shadow flickering) indotta dagli aerogeneratori nell'area di intervento.

Al momento, solo la Germania ha linee guida dettagliate sui limiti e le condizioni per il calcolo dell'impatto dell'ombra e sono normate dalla "Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen" (WEA-Shattenwurf-Hinweise).

Secondo le linee guida tedesche, il limite per il quale si genera l'impatto dell'ombra è fissato da due fattori:

- L'angolo del sole sull'orizzonte deve essere di almeno 3 gradi;
- Le eliche della WTG devono coprire almeno il 20% del sole.

In Italia, come suddetto, non esistono limiti normati per la definizione e la classificazione di un recettore come sensibile, tuttavia il PIEAR approvato con DGR 2260 del 29.12.2010 e s.m.i. (ultimo aggiornamento L.R. 13/03/2019, n. 4) all'art.3 c.1, lett. c) e d) definisce la corretta interpretazione da attribuire al termine abitazione/edificio in funzione anche della classificazione catastale degli stessi.

Il fenomeno dello shadow flicker consiste in una variazione intermittente dell'intensità di luce naturale provocato da una pala eolica in rotazione. Tale fenomeno, in particolari condizioni di frequenza, di intensità e di durata, può arrecare disturbo all'individuo presente all'interno di un'abitazione che subisce questo effetto.

Se infatti la frequenza delle variazioni di intensità della luce è alta e dura a lungo, il disturbo arrecato è significativo; è stato scientificamente dimostrato che una frequenza dello sfarfallio superiore a 2,5 hertz può causare fastidio e provocare un effetto disorientante su una piccola percentuale della popolazione (2% circa).

In generale, gli aerogeneratori utilizzati nel progetto in oggetto hanno una velocità di rotazione inferiore a 20 giri al minuto, equivalente ad una frequenza inferiore ad 1 Hz, di molto inferiore a quelle incluse nell'intervallo che potrebbe provocare un senso di fastidio, e cioè tra i 2,5 Hz ed i 20 Hz (Verkuijlen and Westra, 1984). Perciò le frequenze di passaggio delle pale risulteranno ampiamente minori di quelle ritenute fastidiose per la maggioranza degli individui.

## 2. BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto in oggetto consiste nella realizzazione di **parco eolico di potenza complessiva pari a 39,6 MW e relative opere di connessione alla RTN da realizzare nel comune di Aliano (Provincia di Matera, in Regione Basilicata).**



**Figura 2-1: Inquadramento intervento di area vasta**

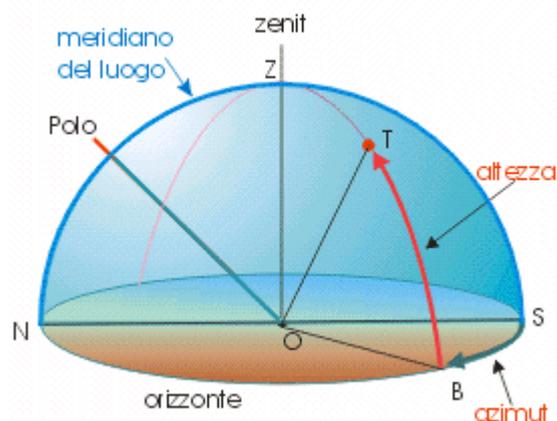
Il layout dell'impianto è costituito da **6 turbine eoliche** ciascuna avente **diametro rotore fino a 155 m e altezza al mozzo fino a 122,5 metri**, ciascuna aventi **potenza massima pari a 6,0 MW**.

L'energia prodotta dagli aerogeneratori sarà raccolta dalla cabina di consegna d'impianto, dotata di trasformatore MT/AT, da realizzarsi nei pressi della stazione di consegna Terna ubicata nel territorio del comune di Aliano (MT – Regione Basilicata).

### 3. ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA

La posizione occupata da un oggetto nel cielo, come il sole, può essere univocamente individuata con due coordinate angolari: azimut ed elevazione.

L'azimut si misura in senso orario sul piano orizzontale a partire dal nord geografico fino al punto sull'orizzonte direttamente sotto all'oggetto; l'elevazione o altezza si misura sul piano verticale, partendo dal suddetto punto, su fino all'oggetto.



**Figura 3-1: Individuazione dell'altezza e dell'azimut**

Poiché la Terra si muove rispetto al sole, l'azimut e l'elevazione cambiano continuamente nel tempo ed il percorso seguito nel cielo durante il giorno dal sole appare più o meno come un arco. Ogni giorno ha il suo arco, il quale si discosta leggermente sia da quello percorso il giorno precedente sia da quello che percorrerà il giorno seguente. Tuttavia un certo arco si ripete quasi esattamente ogni anno.

Per giorno s'intende il periodo nel quale giunge a noi la luce solare diretta.; quindi la durata del giorno è il tempo che intercorre tra alba e tramonto.

La durata del giorno non coincide con la durata della luce naturale.

Infatti sia prima dell'alba sia dopo il tramonto ci sono intervalli di tempo, chiamati entrambe crepuscolo (rispettivamente crepuscolo mattutino e crepuscolo serale o serotino), durante i quali giunge a terra una luce diffusa naturale fornita dai livelli atmosferici superiori.

Questi, trovandosi a quota superiore, ricevono infatti luce solare diretta per un tempo più lungo e ne riflettono una parte verso la terra. Senza atmosfera il passaggio dal giorno alla notte e viceversa

sarebbe immediato e brusco; la durata dell'illuminazione solare è quindi pari alla somma della durata del giorno e della durata dei crepuscoli mattutino e serale.

#### **4. EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DALL'IMPIANTO**

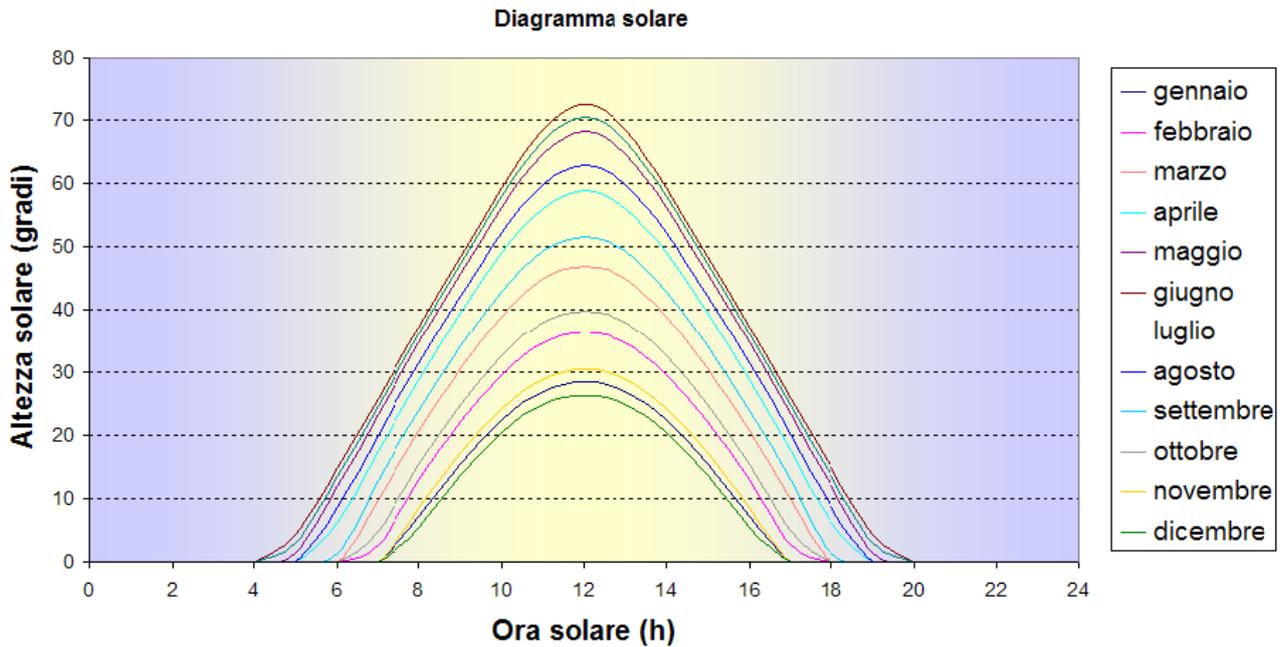
Le turbine eoliche, come altre strutture fortemente sviluppate in altezza, **proiettano un'ombra** sulle aree adiacenti in presenza della luce solare diretta.

Rispetto alle altre strutture sviluppate in altezza (come tralicci della alta tensione, pali della illuminazione, pali di media tensione, torrini piezometrici, silos, ecc), il problema che può **determinare un aerogeneratore non è la proiezione dell'ombra** sul terreno e/o strutture esistenti, bensì il movimento della stessa dovuto alla rotazione delle pale.

Una progettazione attenta a questa problematica permette di evitare lo spiacevole fenomeno di flickering (turbina in moto interposta tra una fonte luminosa **e l'osservatore**) **semplicemente prevedendo il luogo di incidenza dell'ombra** e disponendo le turbine in maniera tale che l'ombra sulle zone sensibili non superi un **certo numero di ore all'anno**.

**A tal proposito è stato prodotto lo studio dell'evoluzione dell'ombra generata dagli aerogeneratori, eseguito grazie all'ausilio di un software che effettua** analisi informative territoriali sulla base di cartografie digitali in 3D.

**Il software ha permesso l'esecuzione dei calcoli della proiezione dell'ombra nell'arco di un intero anno solare.**



**Figura 4-1: Diagramma solare della zona di Aliano**

Le simulazioni sono state effettuate considerando due diversi scenari:

- sole con un'altezza sull'orizzonte di 5°;
- sole con un'altezza sull'orizzonte di 10°.

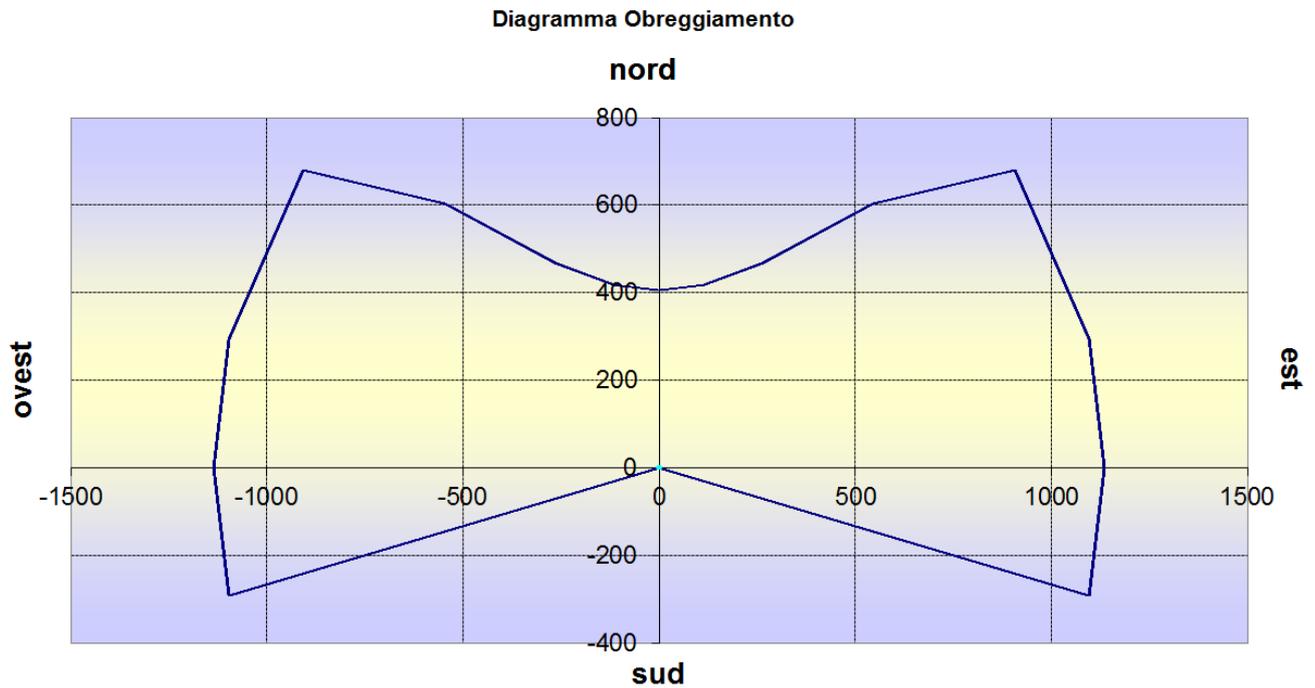
Vengono così generate due aree di ombreggiamento; una più estesa, quella a 5°, in cui l'ombreggiamento avviene dalle ore 5 a.m. alle ore 19 p.m., ed una più ristretta, a 10°, dove si considera l'ombreggiamento dalle ore 5,30 a.m. alle ore 18.30 p.m.



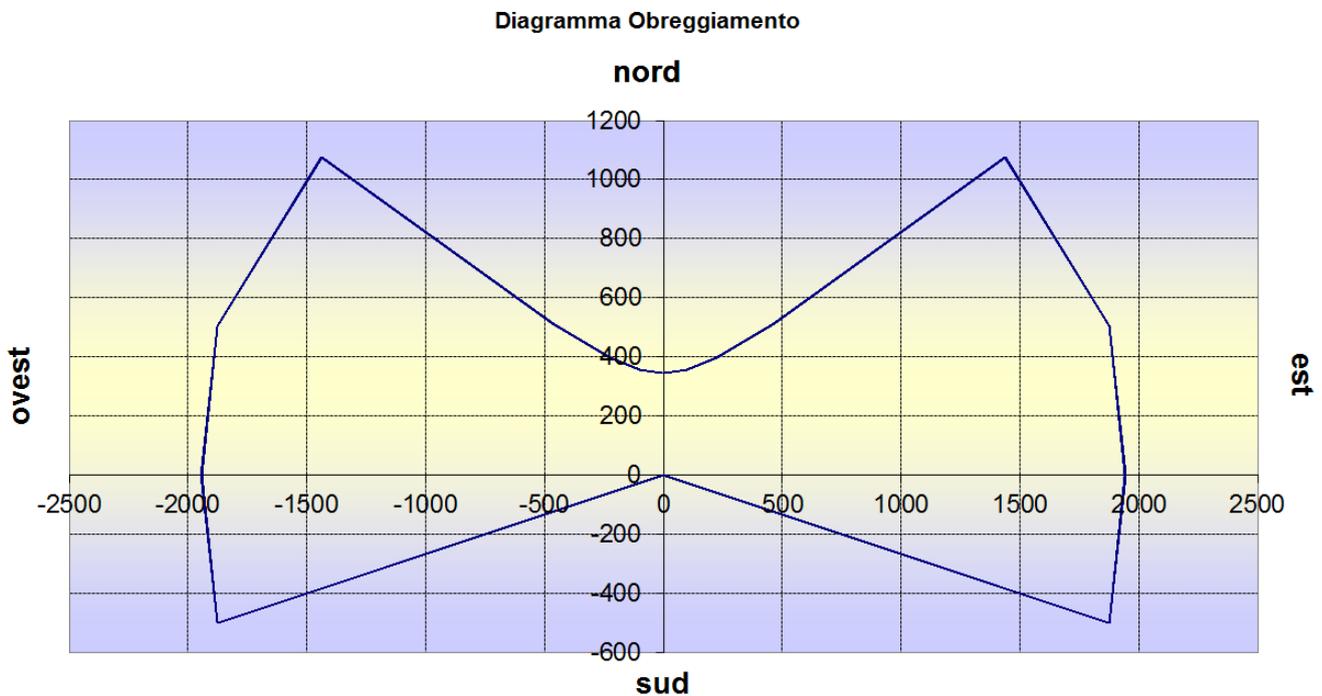
Statkraft



SOLARITES  
RENEWABLE ENERGY



**Figura 4-2: Diagramma di ombreggiamento della zona di Aliano (angolo limite 10°)**

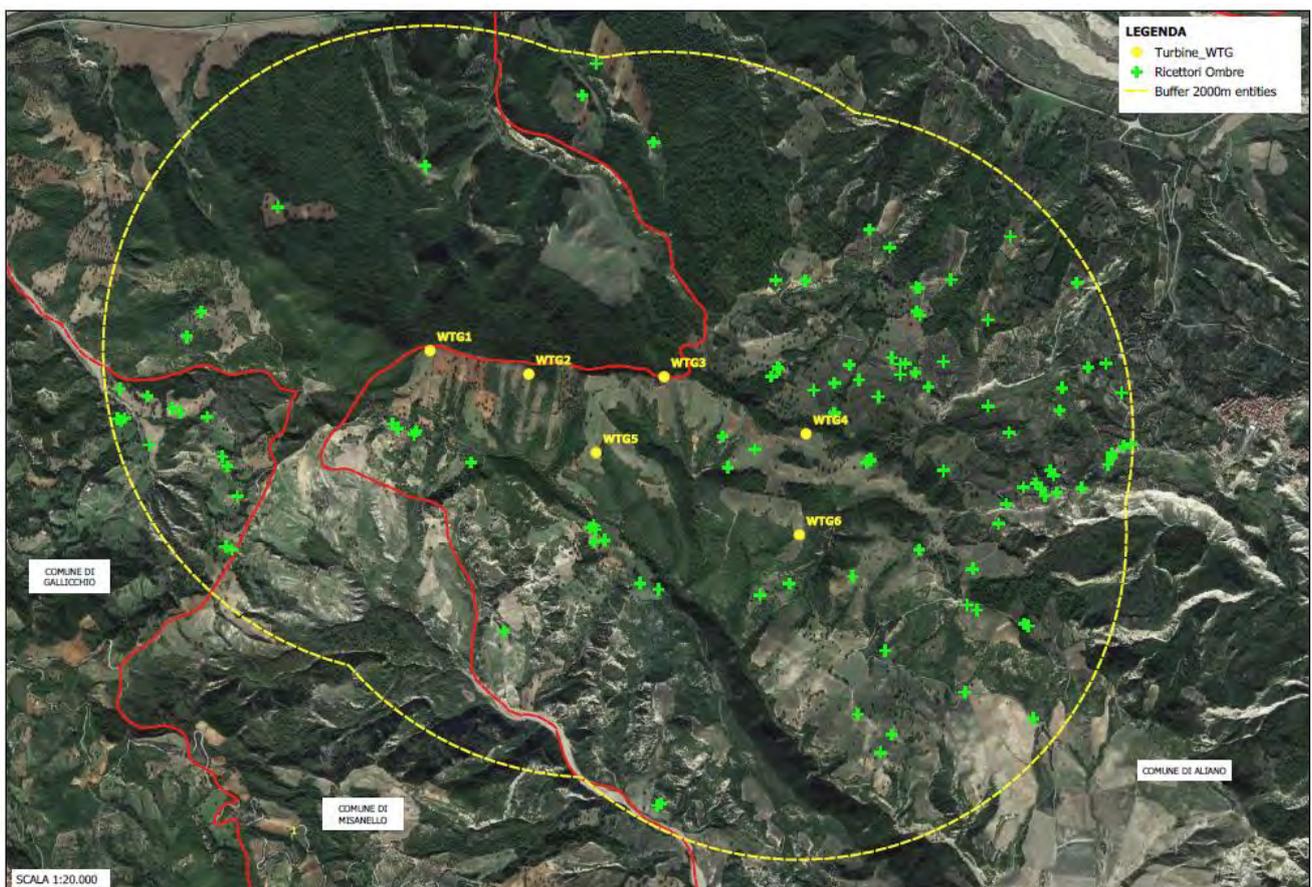


**Figura 4-3: Diagramma di ombreggiamento della zona di Aliano (angolo limite 5°)**

I diagrammi in figura mostrano, al variare dell'angolo limite considerato e quindi della altezza solare rispetto all'orizzonte, l'ombreggiamento di un aerogeneratore nell'arco della giornata esteso all'intero anno solare.

Tale ombreggiamento, determinato per una superficie piana, è stato poi adattato alla orografia del suolo, note le quote altimetriche del terreno dell'area del parco.

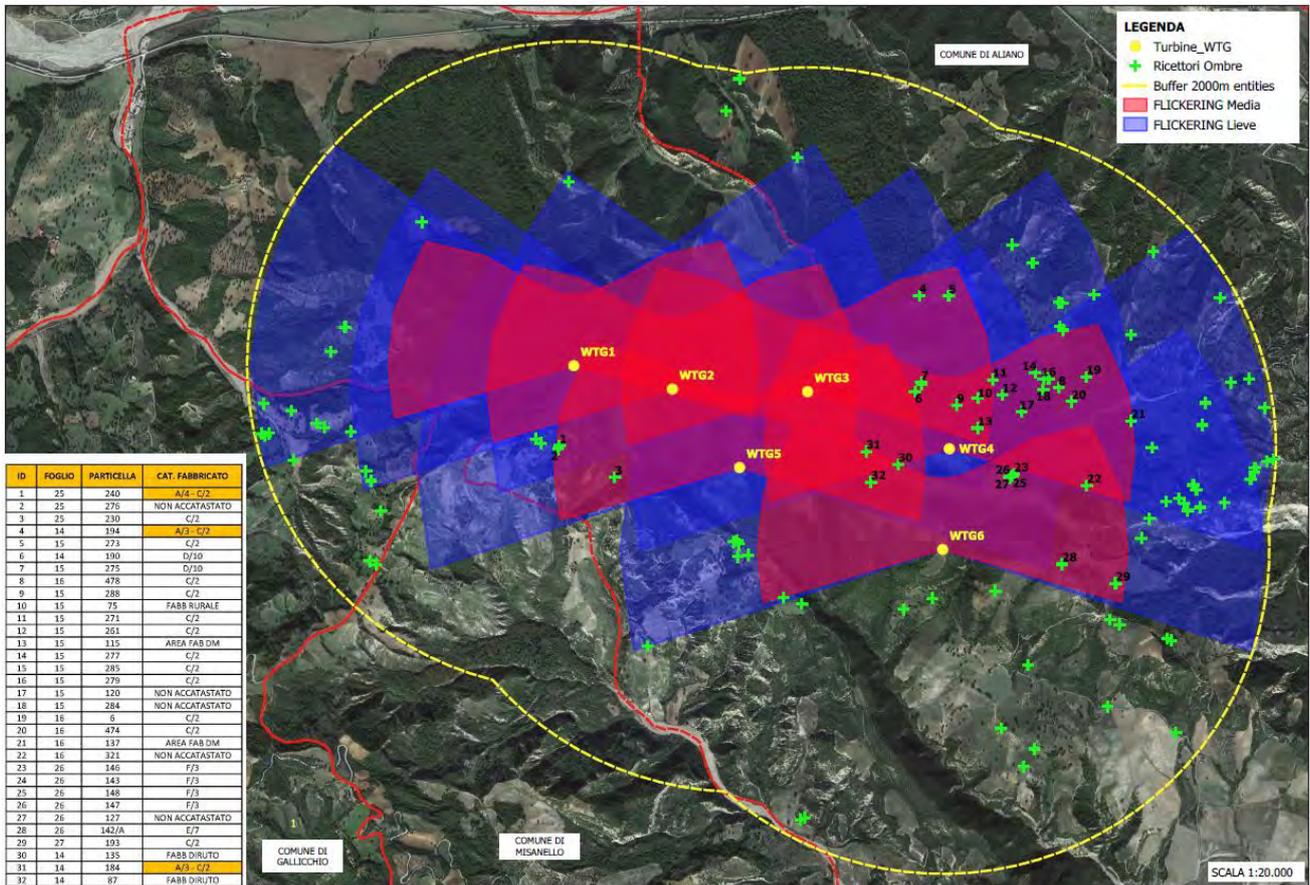
Lo studio dell'ombreggiamento è finalizzato alla verifica dell'effetto flickering sui ricettori sensibili (rappresentati nell'immagine seguente) presenti nei pressi del parco eolico, in particolare è stata definita un'area di indagine avente 2km di raggio da ciascuna WTG, ovvero 10 volte l'altezza complessiva.



**Figura 4-4: Individuazione dei ricettori sensibili nell'area di indagine**

Nell'area di indagine sono stati individuati i potenziali ricettori presenti nell'area di progetto.

In seguito è stata elaborata la mappa sotto riportata relativa all'evoluzione dell'ombra.



**Figura 4-5: Evoluzione dell'ombra nell'area di indagine**

La differenziazione di colore individua il passaggio dell'altezza dell'angolo solare da 5° a 10°.

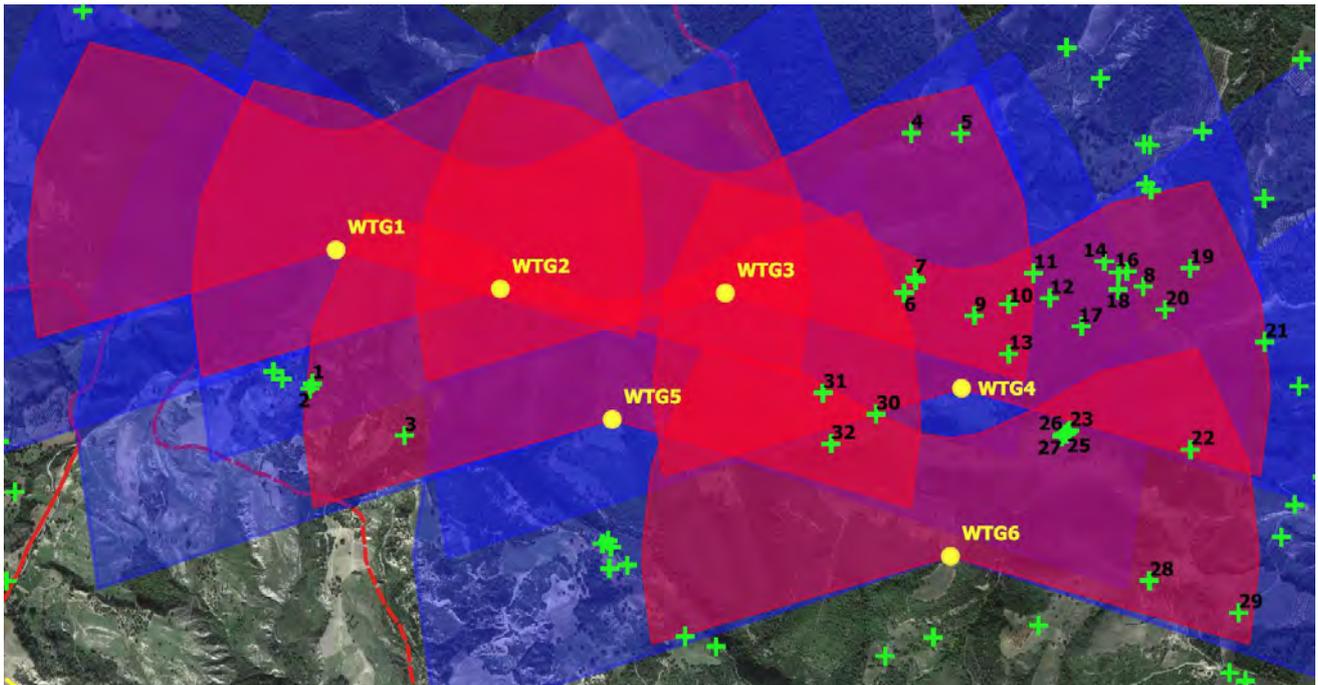
L'effetto flickering, ossia l'oscillazione dell'ombra prodotta dal rotore, non deve verificarsi, secondo la normativa vigente, in maniera prolungata in prossimità di abitazioni, masserie, o comunque luoghi dove sia prevista una sosta superiore alle 4 ore.

Si è quindi analizzata **l'intensità dell'effetto flickering**, valutandola in base al quantitativo di ore (da 0 a 4) in cui il flickering ha interferenza con i recettori sensibili.

L'assenza di flickering si verifica quando ci si trova sulla **linea blu** di confine della proiezione dell'ombra; si passa da trascurabile a lieve entità nella fascia che degrada dal **bordo blu** verso il

**bordo interno rosso**; ovviamente diventa di media intensità all'interno dell'**area rossa**, sino a divenire intenso in prossimità dell'aerogeneratore.

Nelle immagini seguenti sono individuate planimetricamente le aree ombreggiate su descritte, con la finalità di verificare nel dettaglio se insistono sui ricettori sensibili individuati e quantificarne l'intensità dell'impatto prodotto.



**Figura 4-6: Effetto delle turbine**

Al fine di valutare la **percezione dell'effetto flickering** sui recettori presenti nell'area a media intensità, ovvero quelli presenti all'interno dell'**area rossa** è stata elaborata la seguente tabella che ha consentito di identificare i **recettori sensibili** ai sensi del comma 1 dell'Art. 3. Definizioni del Disciplinare PIEAR:

(...)

*c) per "abitazioni" di cui al punto 1.2.1.4 – comma a)-bis ed al paragrafo 1.2.2.1. "Requisiti tecnici minimi per gli impianti di potenza superiore a 200kW" dell'Appendice "A" del PIEAR: i fabbricati o porzioni di fabbricati che risultino registrati al catasto Fabbricati alle categorie da A/1 a*

A/10 o al Catasto Terreni quali fabbricati adibiti ad abitazione e dunque provvisti dei requisiti di cui all'art. 9, comma 3 della legge 133/94 (...).

Pertanto una volta individuati i recettori presenti nell'area a effetto flickering di media intensità si è indagata la categoria catastale degli immobili:

ID	FOGLIO	PARTICELLA	CAT. FABBRICATO
1	25	240	A/4 - C/2
2	25	276	NON ACCATASTATO
3	25	230	C/2
4	14	194	A/3 - C/2
5	15	273	C/2
6	14	190	D/10
7	15	275	D/10
8	16	478	C/2
9	15	288	C/2
10	15	75	FABB RURALE
11	15	271	C/2
12	15	261	C/2
13	15	115	AREA FAB DM
14	15	277	C/2
15	15	285	C/2
16	15	279	C/2
17	15	120	NON ACCATASTATO
18	15	284	NON ACCATASTATO
19	16	6	C/2
20	16	474	C/2
21	16	137	AREA FAB DM
22	16	321	NON ACCATASTATO
23	26	146	F/3
24	26	143	F/3
25	26	148	F/3
26	26	147	F/3
27	26	127	NON ACCATASTATO
28	26	142/A	E/7
29	27	193	C/2
30	14	135	FABB DIRUTO
31	14	184	A/3 - C/2
32	14	87	FABB DIRUTO

**Figura 4-7: Categoria catastale dei recettori all'interno dell'area a effetto flickering di media intensità**

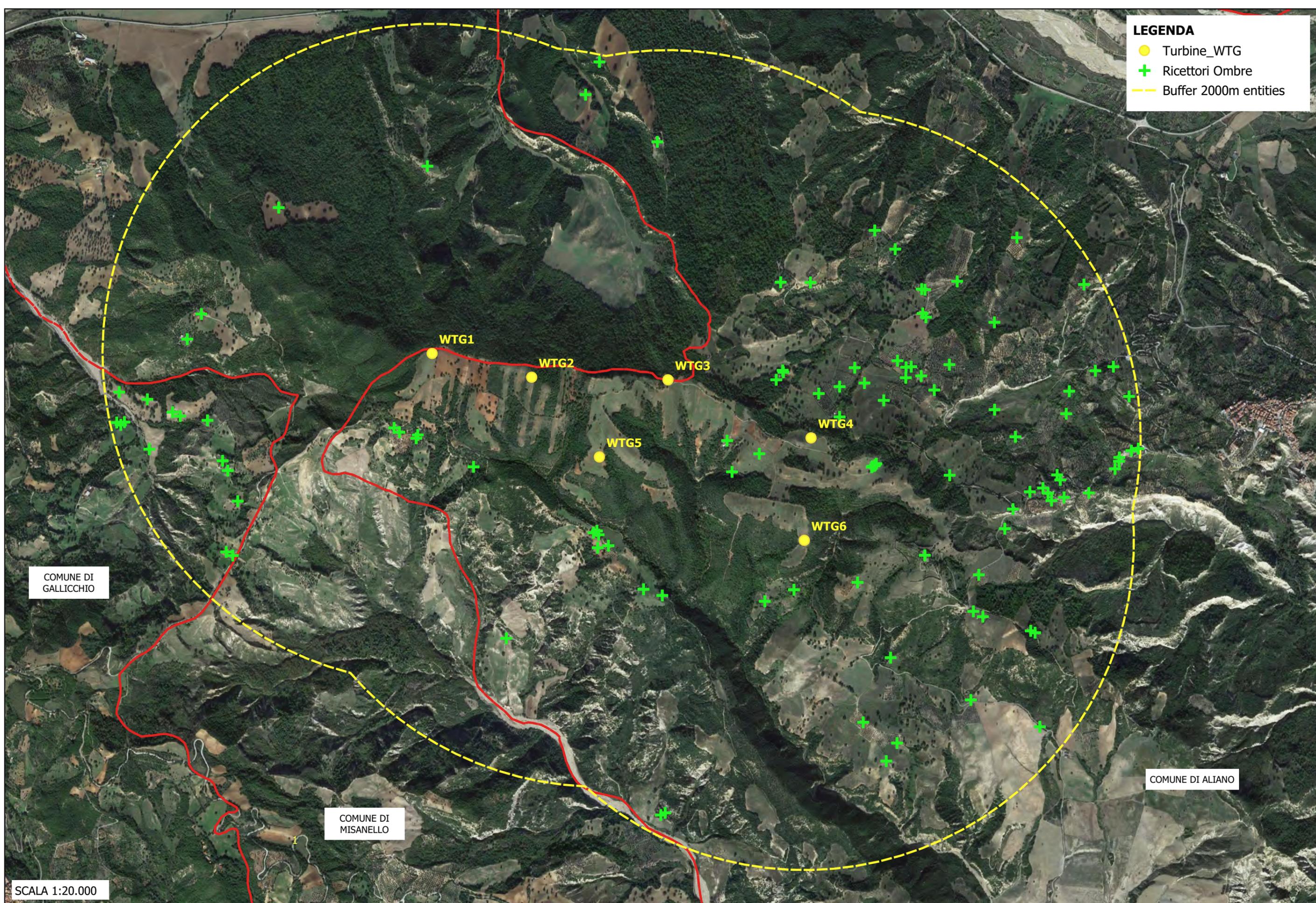
Dalla tabella sopra riportata si evince che gli immobili classificati di cat. catastale da A/1 a A/10 risultano i ricettori **R1, R4, R31**.

Tuttavia **i dati espressamente richiamati dalle definizioni del Disciplinare di "abitazione", non sono accessibili alla Società proponente. Tali attività, pertanto sono espletabili dal Comune ovvero dalla Regione, in quanto titolati a dette verifiche.**

Qualora tali ulteriori verifiche dovessero dare un esito positivo, si provvederà ad un'analisi più dettagliata.

Ad ogni modo, ad ulteriore garanzia delle condizioni di sicurezza desunte dalle analisi, si può considerare che:

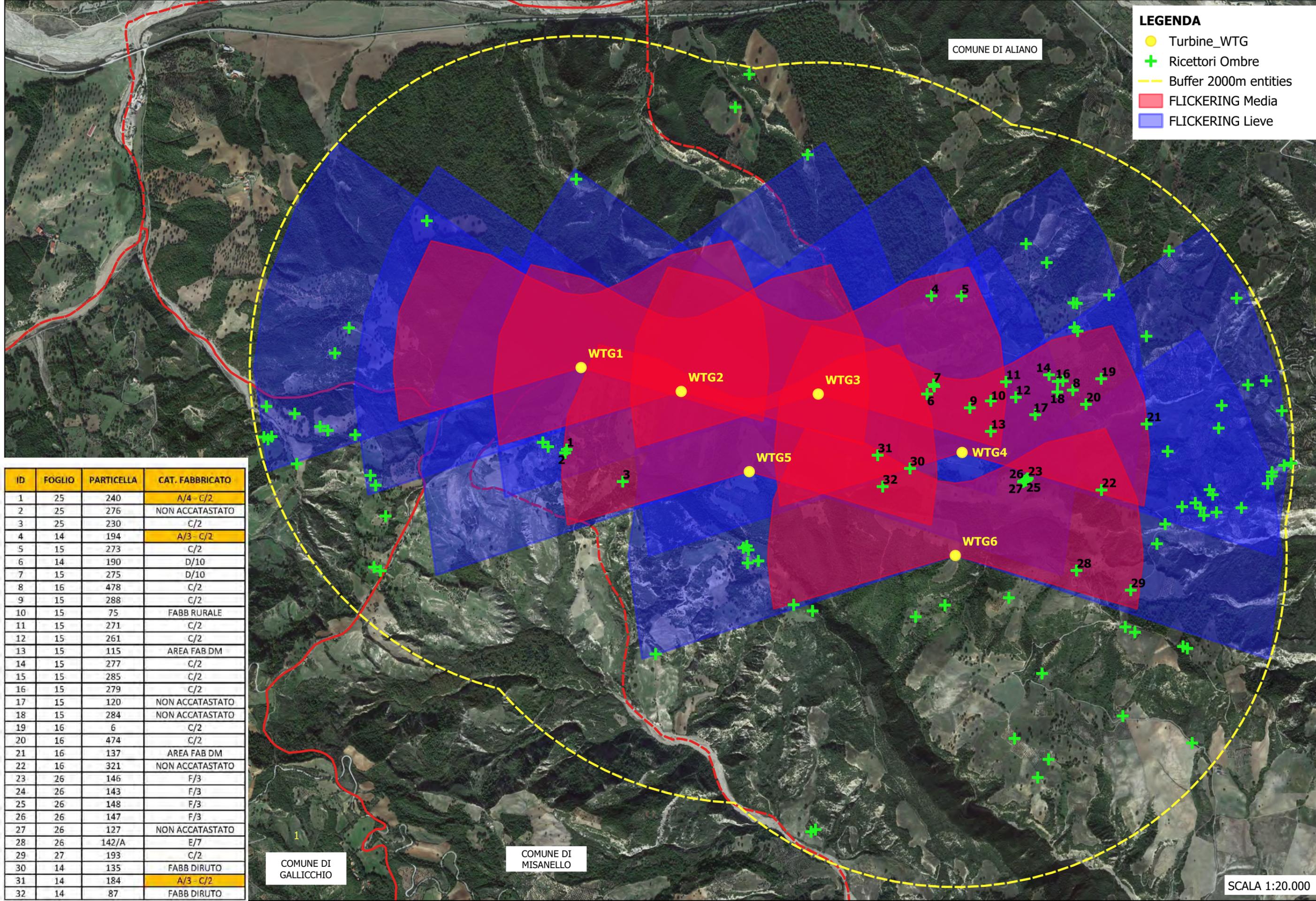
- ❖ i recettori sensibili sono tutti ubicati a distanza superiori ai 200 m rispetto alle turbine;
- ❖ le turbine eoliche non sono funzionanti per **tutte le ore dell'anno**;
- ❖ **in molte ore all'anno, il sole è oscurato e non genera ombra diretta**;
- ❖ molte delle ore di luce analizzate corrispondono a frazioni della giornata poco attive da parte delle attività antropiche (primissime ore mattutine).



PROGETTO DEFINITIVO RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 6 AEROGENERATORI E DALLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N. DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI ALIANO (MT)

**Allegato Grafico**  
**STUDIO DEGLI EFFETTI DI SHADOW FLICKERING**

**ALL01**



**LEGENDA**

- Turbine\_WTG
- + Ricettori Ombre
- Buffer 2000m entities
- FLICKERING Media
- FLICKERING Lieve

ID	FOGLIO	PARTICELLA	CAT. FABBRICATO
1	25	240	A/4 - C/2
2	25	276	NON ACCATASTATO
3	25	230	C/2
4	14	194	A/3 - C/2
5	15	273	C/2
6	14	190	D/10
7	15	275	D/10
8	16	478	C/2
9	15	288	C/2
10	15	75	FABB RURALE
11	15	271	C/2
12	15	261	C/2
13	15	115	AREA FAB DM
14	15	277	C/2
15	15	285	C/2
16	15	279	C/2
17	15	120	NON ACCATASTATO
18	15	284	NON ACCATASTATO
19	16	6	C/2
20	16	474	C/2
21	16	137	AREA FAB DM
22	16	321	NON ACCATASTATO
23	26	146	F/3
24	26	143	F/3
25	26	148	F/3
26	26	147	F/3
27	26	127	NON ACCATASTATO
28	26	142/A	E/7
29	27	193	C/2
30	14	135	FABB DIRUTO
31	14	184	A/3 - C/2
32	14	87	FABB DIRUTO

PROGETTO DEFINITIVO RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 6 AEROGENERATORI E DALLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N. DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI ALIANO (MT)

**Allegato Grafico**  
**STUDIO DEGLI EFFETTI DI SHADOW FLICKERING**

**ALL02**

SCALA 1:20.000