

Regione  
Toscana



Regione  
Marche



Provincia di  
Arezzo



Provincia di  
Pesaro-Urbino



Comune di  
Sestino



Comune di  
Badia Tedalda



Comune di  
Borgo Pace



Comune di  
Mercatello sul Metauro



Committente:

# RWE

**RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.**  
via Andrea Doria, 41/G - 00192 Roma  
P.IVA/C.F. 06400370968  
PEC: rwerenewablesitaliasrl@legalmail.it

Collaborazione tecnica:

# PCR

**PCR ENERGY S.R.L.**  
via Nazionale -Fraz. Zuppino  
84029-Sicignano degli Alburni (SA)  
P.IVA/C.F. 05857410657  
PEC: pcrenergysrl@pec.it

Titolo del Progetto:

## REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA NEL COMUNE DI SESTINO (AR)

Documento:

**PROGETTO DEFINITIVO**

N° Documento:

**PESEST-P.R-0091**

ID PROGETTO:

**PESEST**

DISCIPLINA:

**PD**

TIPOLOGIA:

**R**

FORMATO:

**A4**

Elaborato:

**STUDIO SHADOW FLICKERING**

FOGLIO:

SCALA:

Nome file:

**PESEST-P.R-0091.pdf**

Progettazione:



GaiaTech S.r.l.  
Via Beato F. Marino, snc-Z.I.  
87040 Zumpano (CS)  
www.gaiatech.it  
P.IVA 03497340780  
REA CS/239194

**DIRETTORE TECNICO**

**Ing. Dario DOCIMO**



**GRUPPO TECNICO**

Ing. Denise Esposito  
Ing. Gaetano De Rose  
Ing. Eugenio Greco  
Ing. Graziana Filippelli  
Dott. Geol. Luigi De Prezii  
Dott.ssa Mirian Palacios  
Dott.ssa Deneb Frances Oliva

**SPECIALISTI**

| Rev: | Data Revisione | Descrizione Revisione | Redatto | Controllato | Approvato |
|------|----------------|-----------------------|---------|-------------|-----------|
|      |                |                       |         |             |           |
|      |                |                       |         |             |           |
|      |                |                       |         |             |           |
|      |                |                       |         |             |           |

Indice

**PREMESSA ..... 2**

**1. CENNI SUL FENOMENO DELLO SHADOW FLICKERING..... 4**

**2. ALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING ..... 9**

**2.1 Descrizione del contesto territoriale..... 9**

**2.2 Configurazione di impianto.....11**

**2.3 Definizione dell'ambito di studio.....14**

**2.4 Individuazione dei ricettori .....15**

**3. CONCLUSIONI ..... 16**

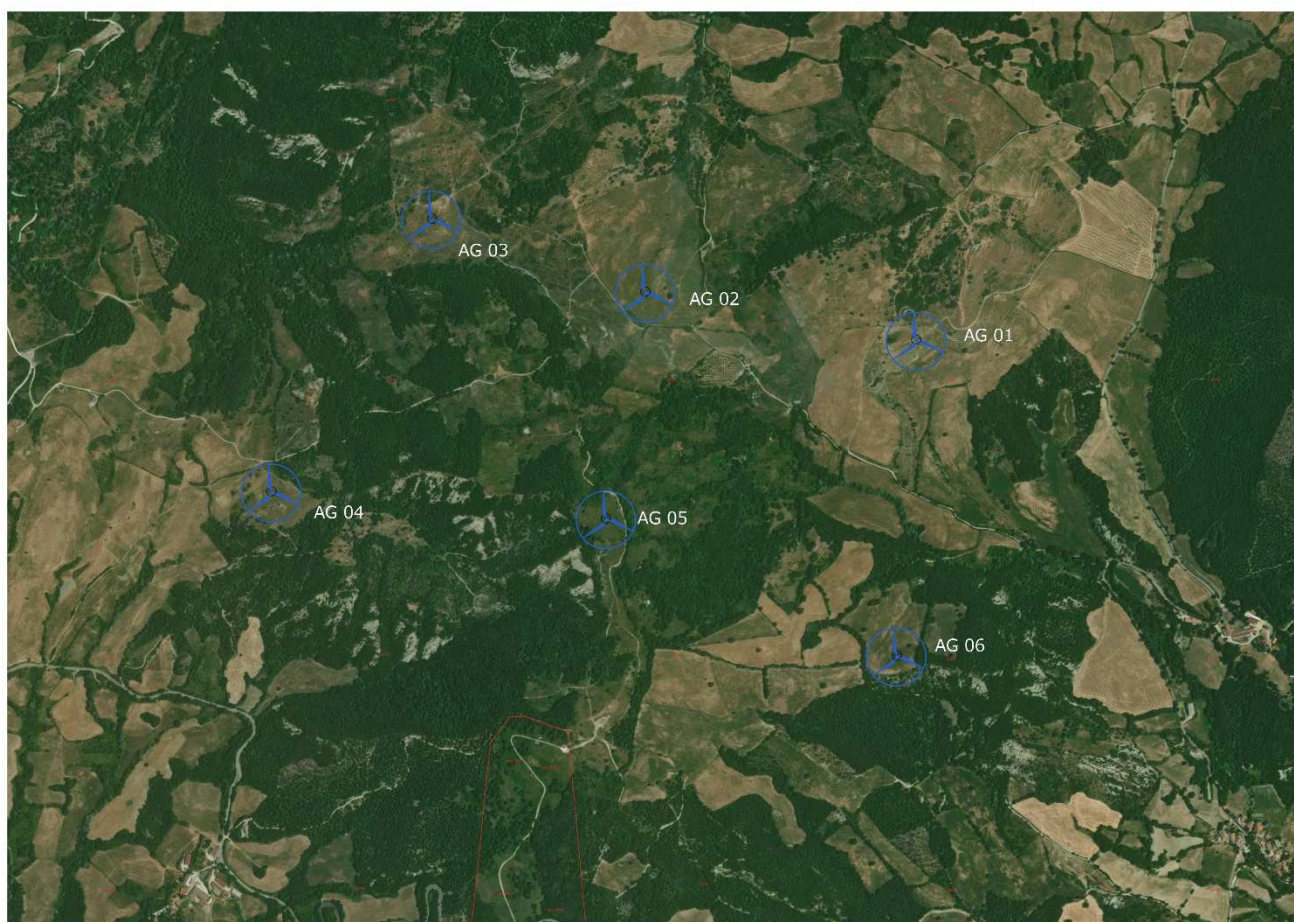
Elaborati grafici

---

Mappa di potenziale interferenza da shadow flickering

**PREMESSA**

Nel comune di Sestino in Provincia di Arezzo è prevista la realizzazione di un Parco eolico costituito da 6 aerogeneratori (modello SIEMENS Gamesa SG 6,6-170 115 m), ciascuno di potenza nominale pari a 6.6 MW.



**Figura 1 Localizzazione del parco eolico oggetto di studio**

La macchina impiegata è una turbina ad asse orizzontale posta alla sommità di una torre tubolare. L'altezza misurata dal centro del rotore è di 115 metri, con un diametro di pala di 170 metri.

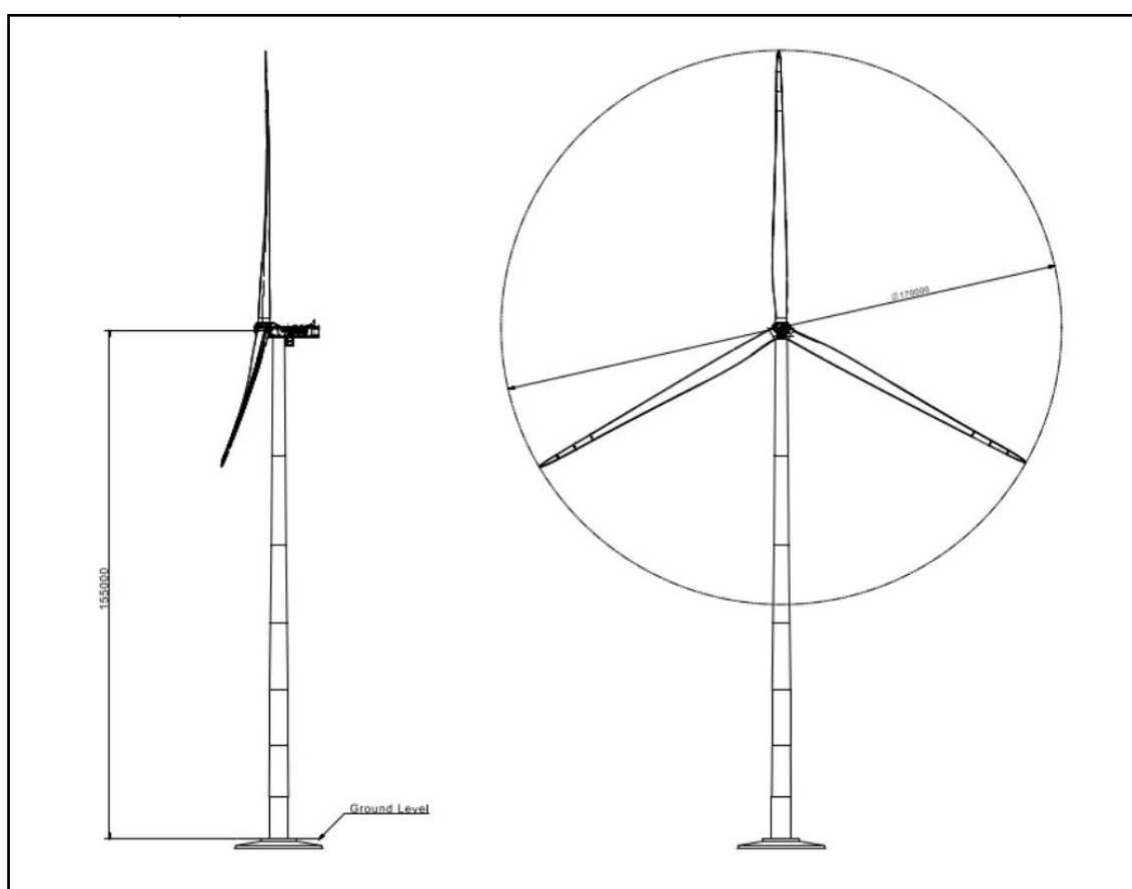


Figura 2 - Caratteristiche geometriche della turbina

## 1. CENNI SUL FENOMENO DELLO SHADOW FLICKERING

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

Lo SHADOW FLICKERING (letteralmente ombreggiamento intermittente) è l'espressione comunemente utilizzata per descrivere l'effetto stroboscopico delle ombre proiettate dalle pale in rotazione degli aerogeneratori quando la luce proiettata dal sole si trova alle loro spalle.



Figura 1.1 Esempio di effetto flickering

La variazione alternata di intensità luminosa, valutata nel lungo periodo, può provocare fastidio agli occupanti delle abitazioni le cui finestre risultano esposte al fenomeno stesso.

Ovviamente, tale fenomeno risulta assente sia quando il sole è oscurato da nuvole o nebbia, sia quando, in specifiche condizioni 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 sottoposta a continui sbalzi della tensione della rete di alimentazione elettrica.

Tuttavia, i più recenti aerogeneratori tripala operano ad una velocità di rotazione massima di 25 giri al minuto, corrispondente ad una frequenza di passaggio delle pale sulla verticale inferiore a 0.5 Hz, minore, quindi, della frequenza critica di 2.5 Hz.

Inoltre, i generatori di grande potenza (dal MW in su, come nel caso in oggetto) mediamente non superano la velocità di rotazione di 15 giri al minuto, corrispondente a frequenze di passaggio delle pale (0.25 Hz)

ampiamente minori di quelle ritenute fastidiose per la maggioranza degli individui.

Studi condotti sui possibili effetti dello shadow flickering sulla salute umana raccomandano, al fine di ridurre al minimo i fastidi, una velocità di flickering non superiore a 3 tagli al secondo (Harding, 4 Aprile 2008).

Nel caso di aerogeneratori tripala, tale frequenza si traduce in una velocità massima di rotazione del rotore di 60 rpm (rotazioni per minuto).

Le relazioni spaziali tra un aerogeneratore ed un ricettore sensibile, così come la direzione del vento, l'intensità del medesimo, la copertura del cielo, la posizione del sole (variabile nell'arco dell'anno) risultano essere fattori chiave per la esistenza e durata del fenomeno di shadow flickering.

Per distanze dell'ordine dei 500 m, il fenomeno in esame potrebbe verificarsi all'alba oppure al tramonto, ossia in quelle ore in cui le ombre risultano molto lunghe per effetto della piccola elevazione solare.

Al di là di una certa distanza, in realtà l'ombra smette di essere un problema perché il rapporto tra lo spessore della pala ed il diametro del sole diventa molto piccolo.

Come è facile immaginare, la condizione più penalizzante corrisponde al caso in cui il piano del rotore risulta ortogonale alla congiungente ricevitore – sole; infatti, in tali condizioni, l'ombra proiettata darà origine ad un cerchio di diametro pari al rotore del generatore eolico.

Sebbene il fenomeno possa essere percepito anche all'esterno, esso risulta evidente e fastidioso in quegli ambienti con le finestre rivolte verso le ombre.

In un'ottica generale e in relazione alle condizioni meteo-climatiche medie della penisola italiana, è possibile affermare che le aree soggette al fenomeno di shadow flickering non si estendono mai oltre i 500-1000 m dall'aerogeneratore e le zone a maggiore impatto ricadono solitamente entro i 300 m di distanza dalle macchine con durata del fenomeno dell'ordine delle 200 ore all'anno e non superiore in genere ai 20/30 minuti di durata nell'arco di una giornata.

L'intensità del fenomeno viene definita come la differenza di luminosità che si percepisce in presenza ed in assenza di flickering in una data posizione.

In generale, si può affermare che:



- avendo le pale una forma rastremata con lo spessore che cresce verso il mozzo, il fenomeno risulterà tanto più intenso quanto maggiore sarà la porzione di disco solare coperta dalla pala stessa e quanto minore la distanza dal ricettore;
- l'intensità del flickering sarà minima quando l'ombra prodotta è generata all'estremità delle pale;
- maggiori distanze tra generatore e ricettore determinano ombre meno nette; in tal caso l'effetto flickering risulterà meno intenso e distinto.

La tipologia di aerogeneratore prevista per l'installazione ha una velocità di rotazione massima di 8,83 rpm che corrisponde ad una velocità massima di flickering di circa 0,45 tagli al secondo, nettamente inferiore alla frequenza massima raccomandata per la tutela della salute umana.

Tuttavia, una progettazione scrupolosa è fondamentale al fine evitare questo fenomeno.

Partendo da tali presupposti, l'individuazione delle aree sulle quali ubicare l'impianto è ricaduta in una zona localizzata distante dai centri urbani e dagli edifici abitativi e lavorativi.

## 2. ALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING

### 2.1 Descrizione del contesto territoriale

L'insediamento produttivo sarà realizzato in un'area ricadente nel comune di Sestino (AR – Regione Toscana), in località “Poggio delle Campane” ad una quota di circa 1.000 m s.l.m.

Gli aerogeneratori distano circa 4 km dal centro abitato di Sestino, posto a Nord-Ovest rispetto all'impianto; circa 2 km dalla frazione di Petrella Massana (AR – Regione Toscana) posto a Nord-Est; circa 2 km dalla frazione di Valdiceci di Sopra (AR – Regione Toscana) ubicato a Nord; circa 1.40 km dalla frazione di Ville di Sopra (AR – Regione Toscana) ubicato a Sud-Est; ed a circa 1.40 km e 2 km rispettivamente dalle frazioni di Motolano e Colcellalto (AR – Regione Toscana) ubicato a Sud-Ovest del parco eolico.

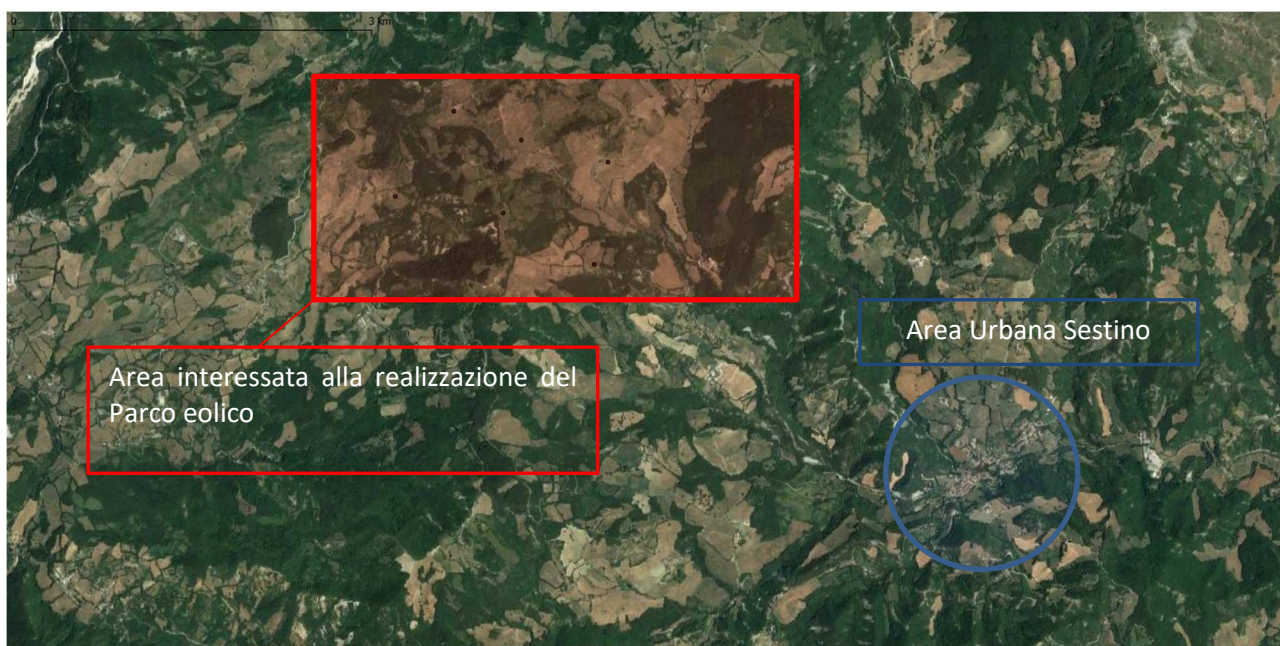
Per quanto riguarda l'inquadramento catastale delle opere, il layout del parco eolico interesserà il territorio comunale di Sestino (AR), mentre la Sottostazione elettrica di trasformazione sarà ubicata nel territorio del Comune di Mercatello sul Metauro (PU) si riportano di seguito i dati catastali:

| Identificativo<br>Aerogeneratore | Comune       | Foglio | Particella |
|----------------------------------|--------------|--------|------------|
| AG_01                            | Sestino (AR) | 29     | 5          |
| AG_02                            | Sestino (AR) | 15     | 13         |
| AG_03                            | Sestino (AR) | 15     | 5          |
| AG_04                            | Sestino (AR) | 28     | 33         |
| AG_05                            | Sestino (AR) | 29     | 23         |
| AG_06                            | Sestino (AR) | 30     | 56         |

| Identificativo<br>Aerogeneratore | Comune                         | Foglio | Particella |
|----------------------------------|--------------------------------|--------|------------|
| SOTTOSTAZIONE                    | Mercatello sul Metauro<br>(PU) | 81     | 45         |

### Tabella 1 – Individuazione dei fogli catastali interessati.

L'area di intervento interesserà una fascia altimetrica compresa tra i 900 m e 1.000 m s.l.m. del settore orientale del territorio comunale, destinata principalmente a territorio agricolo (seminativi irrigui e non irrigui) che conferisce al paesaggio caratteristiche di antropizzazione tali da non favorire processi di completa rinaturalizzazione.



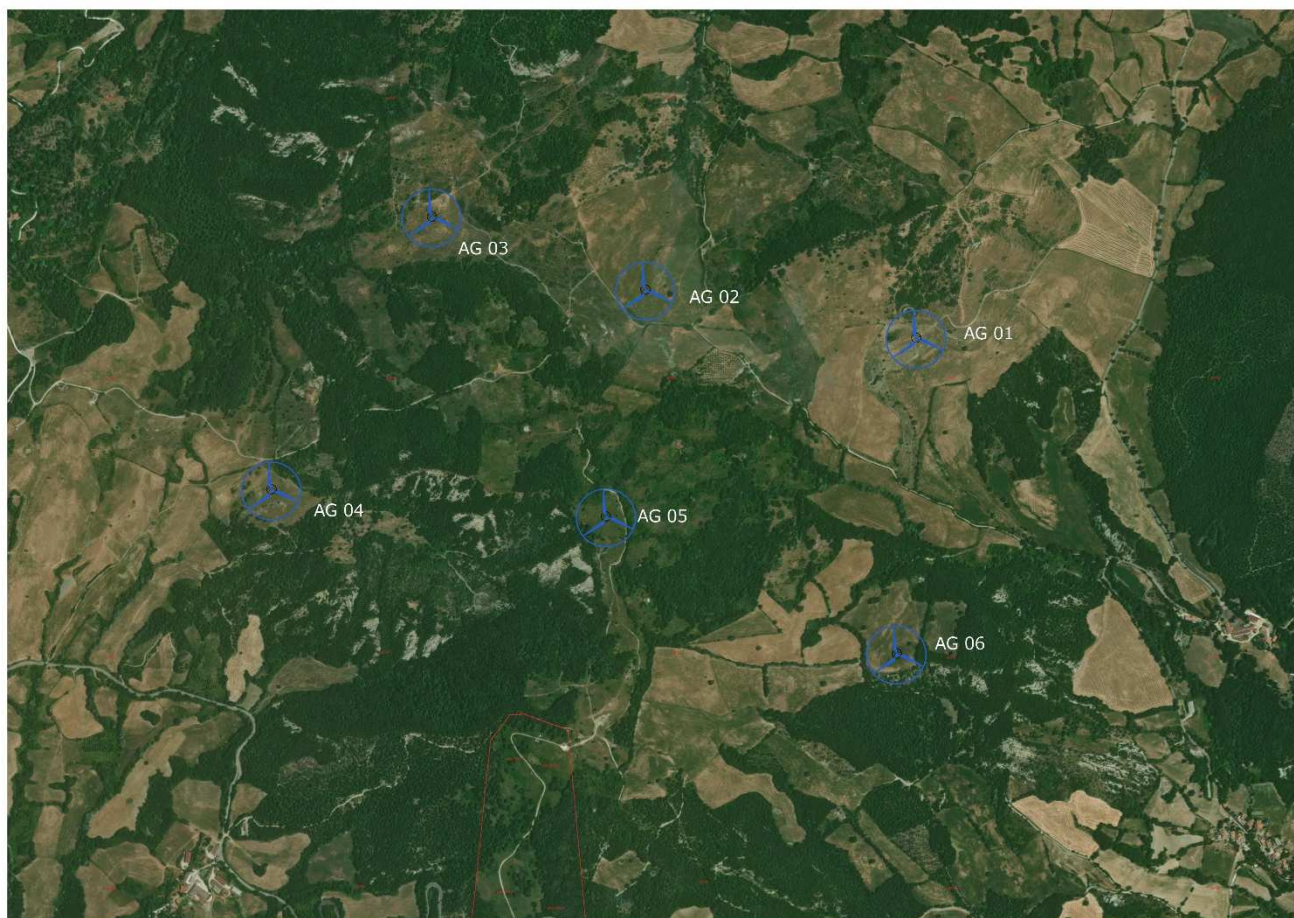
**Figura 2.1** Contesto territoriale in cui si prevede l'inserimento del parco eolico

## 2.2 Configurazione di impianto

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa con indicazione delle coordinate di riferimento degli aerogeneratori previsti nel sistema di riferimento UTM WGS84 fuso 33:

| Turbina | Comune  | Coordinate UTM |              | Altitudine [m] |
|---------|---------|----------------|--------------|----------------|
|         |         | Long. E [m]    | Lat. N [m]   |                |
| AG_01   | Sestino | 43°43'52.82"   | 12°15'28.96" | 935            |
| AG_02   | Sestino | 43°43'57.98"   | 12°14'56.31" | 944            |
| AG_03   | Sestino | 43°44'5.16"    | 12°14'30.75" | 894            |
| AG_04   | Sestino | 43°43'41.62"   | 12°14'9.97"  | 912            |
| AG_05   | Sestino | 43°43'38.09"   | 12°14'50.43" | 1011           |
| AG_06   | Sestino | 43°43'25.03"   | 12°15'25.09" | 902            |
|         |         |                |              |                |

**Tabella 2 - Ubicazione degli aerogeneratori.**



**Figura 2.2 Posizione delle turbine di progetto sul territorio**

Di seguito è riportata una scheda riassuntiva delle principali caratteristiche della turbina che si intendono installare di potenza nominale pari a 6.6 MW:

|                                  |                      |
|----------------------------------|----------------------|
| Potenza nominale                 | 6,6 MW               |
| n° pale                          | 3                    |
| Diametro rotore                  | 170 m                |
| Area spazzata                    | 22698 m <sup>2</sup> |
| Altezza mozzo rotore             | 115,0 m              |
| Tipologia torre                  | tubolare             |
| Velocità di rotazione del rotore | 8,83 rpm             |
| Velocità vento di avvio          | 3,0 m/s              |
| Velocità vento nominale          | 15,5 m/s             |
| Velocità vento di stacco         | 25,0 m/s             |

**Tabella 3 Estratto delle specifiche tecniche delle turbine che si intendono installare.**

### 2.3 Definizione dell'ambito di studio

In generale, come ambito di studio si intende la porzione di territorio che si ritiene potenzialmente interferita dalle opere in progetto nelle loro modalità di funzionamento.

Di conseguenza, a ciascun aerogeneratore è stata associata un'area di potenziale interferenza dovuta al fenomeno di shadow flickering delimitata da una circonferenza avente centro nel singolo aerogeneratore e raggio pari a 1000 m.

L'ambito di studio complessivo (cfr. Figura 2.3) del parco eolico in progetto è quindi definito dall'involuppo delle 6 singole aree, ciascuna definita per ogni aerogeneratore secondo il suddetto criterio.

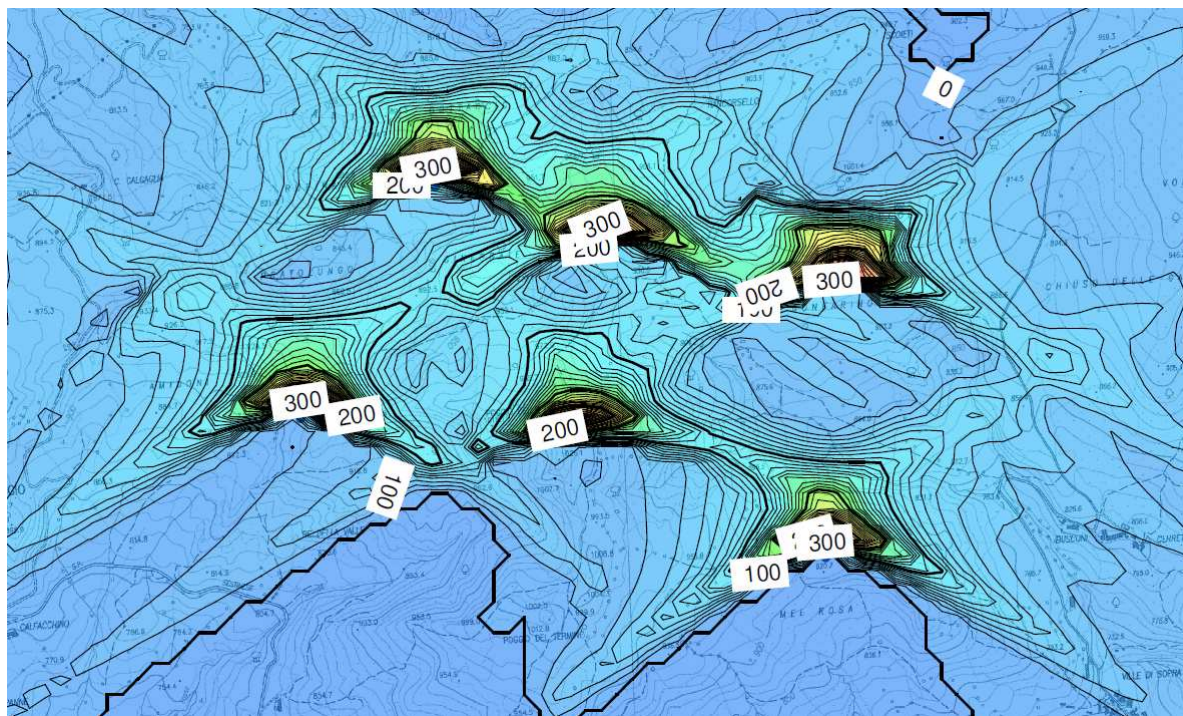


Figura 2.3 Studio del fenomeno shadow flickering per il parco eolico in progetto

## 2.4 Individuazione dei ricettori

Successivamente, ai fini della previsione degli impatti indotti sulle abitazioni e sugli edifici lavorativi dall'impianto eolico in progetto, sono stati censiti i ricettori presenti nel raggio di 1km dagli aerogeneratori; distanza oltre la quale si può ipotizzare essere nullo il fenomeno di shadow flickering.



I ricettori sono stati ricercati calcolando l'involuppo delle circonferenze di raggio pari a 1km con centro geometrico corrispondente alle coordinate geografiche delle turbine, precedentemente indicate (vedi Tabella 2).

All'interno del raggio di 1 km non sono stati rilevati recettori sensibili al fenomeno.

### 3. CONCLUSIONI

A seguito di quanto descritto nei paragrafi precedenti si può concludere che il fenomeno dello shadow flickering non interesserà allo stato attuale nessun recettore in quanto nell'area individuata per la futura installazione degli aerogeneratori non risulta la presenza di abitazioni o opifici di nessuna natura.

**L'incidenza di tale fenomeno sulla qualità della vita può ritenersi dunque nullo.**