

# Regione Puglia

COMUNE DI SALICE SALENTINO - COMUNE DI VEGLIE

PROVINCIA DI LECCE

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTO PER LA  
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTI RINNOVABILI,  
NONCHE' OPERE CONNESSE ED INFRASTRUTTURE, DI POTENZA  
PREVISTA IMMESSA IN RETE PARI A 60 MW  
ALIMENTATO DA FONTE EOLICA DENOMINATO "SAVE ENERGY"**

OPERE DI CONNESSIONE E INFRASTRUTTURE PER IL COLLEGAMENTO ALLA RTN:  
Comuni di Erchie (Br)-San Pancrazio Salentino (Br) - Avetrana (Ta)

## PROGETTO DEFINITIVO

Codice Impianto: 6QTZQR9

Tavola :

Titolo :

SHADOW FLICKERING

R37

Cod. Identificativo elaborato :

6QTZQR9\_DocumentazioneSpecialistica\_R37

Progetto:

**ENERWIND s.r.l.**

Via San Lorenzo 155 - cap 72023 MESAGNE (BR)  
P.IVA 02549880744 - REA BR-154453 - enerwind@pec.it

MSC Innovative Solutions s.r.l.s.

Via Milizia n.55 - 73100 Lecce  
Tel. +39 3383137911  
Email: msc.innovativesolutions@gmail.com - P. IVA 05030190754  
Responsabile progettazione: Dott. Ing. Santo Masilla

Committente:

**AVETRANA ENERGIA s.r.l.**

Piazza del Grano n.3 - cap 39100 BOLZANO (BZ)  
P.IVA 03050420219 - REA BZ 227626 - avetrana.energia@legalmail.it

SOCIETA' DEL GRUPPO

FRI-EL GREEN POWER S.p.A.  
Piazza della Rotonda, 2 - 00186 Roma (RM) - Italia  
Tel. +39 06 6880 4163 - Fax. +39 06 6821 2764  
Email: info@fri-el.it - P. IVA 01533770218

Indagine Specialistiche :

Data

Revisione

Redatto

Approvato

20.06.2021

Prima Emissione

SM

MT

Data: Giugno 2021

Scala :

File: 6QTZQR9\_DocumentazioneSpecialistica\_R37

Controllato:

Formato:

A4

## 1. SHADOW FLICKERING

Lo *shadow flickering* consiste in una variazione periodica dell'intensità luminosa osservata, causata dalla proiezione, su una superficie, dell'ombra indotta da oggetti in movimento. Per un impianto eolico tale fenomeno è generato dalla proiezione, al suolo o su un recettore, dell'ombra prodotta dalle pale in rotazione degli aerogeneratori.

Dal punto di vista di un recettore, lo *shadow flickering* si manifesta in una variazione ciclica dell'intensità luminosa: in presenza di luce solare diretta, un recettore localizzato nella zona d'ombra indotta dal rotore, sarà investito da un continuo alternarsi di luce diretta ed ombra, causato dalla proiezione delle ombre dalle pale in movimento.

Tale fenomeno se vissuto dal recettore per periodi di tempo non trascurabile può generare un disturbo, quando:

- si sia in presenza di un livello sufficiente di intensità luminosa, ossia in condizioni di cielo sereno sgombro da nubi ed in assenza di nebbia e con sole alto rispetto all'orizzonte;
- la linea recettore-aerogeneratore non incontri ostacoli: in presenza di vegetazione o edifici interposti l'ombra generata da quest'ultimi annulla il fenomeno. Pertanto, ad esempio, qualora il recettore sia un'abitazione, perché si generi lo *shadow flickering* le finestre dovrebbero essere orientate perpendicolarmente alla linea recettore-aerogeneratore e non affacciarsi su ostacoli (alberi, altri edifici, ecc.);
- la turbina sia orientata in modo che il rotore risulti perpendicolare alla linea sole-recettore: quando il piano del rotore è perpendicolare alla linea sole-recettore, l'ombra proiettata dalle pale risulta muoversi all'interno di un "cerchio" che riferisce all'circonferenza del rotore inducendo uno *shadow flickering* non trascurabile;
- per situazioni in cui, dal punto di vista del recettore, il piano del rotore risulti essere in linea con il sole ed il recettore, l'ombra proiettata è sottile, di bassa intensità ed è caratterizzata da un rapido movimento, risultando pertanto lo *shadow flickering* di entità trascurabile;
- la posizione del sole sia tale da indurre una luminosità sufficiente. Ciò si traduce, in riferimento alla latitudine di progetto, in un'altezza del sole pari ad almeno  $15^\circ - 20^\circ$ ;
- le pale siano in movimento;
- turbina e recettore siano vicini: le ombre proiettate in prossimità dell'aerogeneratore risultano di maggiore intensità e nitidezza rispetto a quelle proiettate lontano. Quando una turbina è posizionata sufficientemente vicino al recettore, così che una porzione ampia di pala copra il sole (così come osservato dal punto di vista del recettore), l'intensità del flicker risulta maggiore. All'aumentare della distanza tra turbina e recettore, le pale coprono una porzione sempre più piccola del sole, inducendo un flicker di minore entità. Inoltre il fenomeno risulta di bassa entità quando l'ombra proiettata sul recettore è indotta dall'estremità delle pale (rotor tip); raggiunge il massimo dell'intensità in corrispondenza dell'attacco di pala all'hub.

Pertanto, in riferimento a quanto sin qui esposto, durata ed entità dello *Shadow flickering* sono determinate e condizionate:

- dalla distanza tra aerogeneratore e recettore;
- dalla direzione ed intensità del vento;
- dall'orientamento del recettore;
- dalla presenza o meno di ostacoli lungo la linea di vista recettore – aerogeneratore – sole;
- dalle condizioni meteorologiche;
- dall'altezza del sole.

## **2. CALCOLO DELL'OMBRA**

Al fine di verificare la sussistenza del fenomeno dello *shadow flickering* indotto dalle opere in progetto di n.10 aerogeneratori previsti nel Comune di Salice Salentino (Le) e Veglie (Le), del progetto denominato SAVE ENERGY, sono state effettuate simulazioni in considerazione:

- del diagramma solare riferito alla latitudine di installazione del parco;
- dell'altezza complessiva di macchina, intesa quale somma tra l'altezza del mozzo e la lunghezza di pala;
- dall'orientamento del rotore rispetto al ricettore;
- della posizione del sole e quindi della proiezione dell'ombra rispetto ai recettori;
- della posizione dei possibili recettori.

Le simulazioni effettuate con l'ausilio del programma windPRO facendo le seguenti assunzioni:

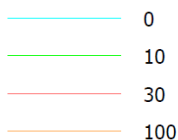
- la massima distanza di influenza pari a 1.904 m è stata calcolata solo quando più del 20% del sole è coperto dalla pala;
- altezza minima del sole sull'orizzonte 3°;
- probabilità di ore di sole nell'area di impianto, sulla base di dati statistici elaborati dallo stesso programma windPRO
- le ore di funzionamento dell'impianto, in relazione anche alla direzione del vento, sono state calcolate sulla base di dati statistici elaborati dallo stesso programma. Si rammenta a tal proposito che windPRO è uno dei programmi più utilizzati per il calcolo della producibilità degli impianti eolici
- un aerogeneratore è stato considerato visibile quando è completamente visibile dalle finestre del ricettore
- sono stati individuati nell'area di impianto i ricettori potenzialmente sensibili (edifici rurali);
- non sono stati considerati eventuali ostacoli interposti tra i recettori e la turbina eolica
- la simulazione è stata altresì condotta non considerando l'orografia del terreno in quanto non ha una influenza significativa sulla proiezione delle ombre per via dell'andamento piano altimetrico praticamente piatto dell'area di esame.

Sono stati censiti i recettori sensibili come da scheda allegata.

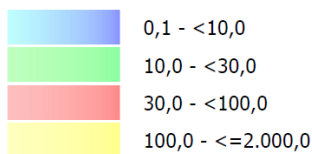
Il programma effettua il calcolo delle ore del giorno in cui si potrebbe avere l'effetto del flickering sul ricettore, facendo la somma dei minuti. Effettua poi la somma teorica dei minuti di ciascun mese (worst case) e quindi per l'intero anno, valori che poi sono corretti prendendo in considerazione le giornate soleggiate, l'operatività effettiva dell'impianto eolico, la direzione del vento.

Si ottiene così la mappa sotto riportata. Nella mappa sono perimetrare le aree in cui gli ombreggiamenti si manifestano per 5, 10, 50 ore anno. E' evidente che un ombreggiamento che si manifesta per sole 10 ore l'anno non può produrre effetti negativi sulla salute umana. Prenderemo in considerazione pertanto solo le aree in cui l'effetto di ombreggiamento si manifesta per almeno 50 ore durante l'anno. In queste aree non abbiamo edifici rurali abitati fatta eccezione per l'edificio Masseria *La Casa* adibita a impianto industriale ed uffici e Masseria *Casaute*, che peraltro resta al limite della curva di ombreggiamento.

Hours per year, worst case



Hours per year, worst case



Legenda: ore all'anno nel peggiore dei casi

### **3. CONCLUSIONI**

A commento riportati riguardanti lo shadow flickering osserviamo quanto segue.

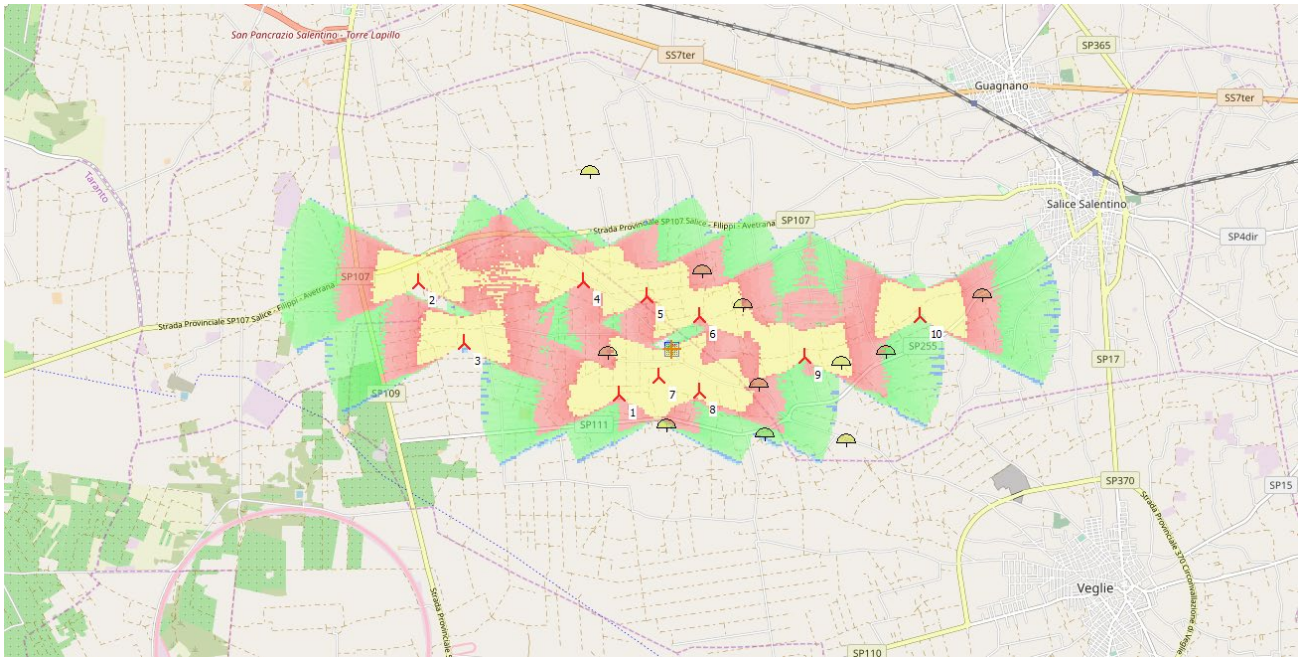
Le relazioni spaziali tra un aerogeneratore ed un ricettore (abitazione), così come la direzione del vento risultano essere fattori chiave per la durata del fenomeno di shadow flicker. Per distanze dell'ordine dei 375 m, il fenomeno in esame potrebbe verificarsi all'alba oppure al tramonto, ovvero in 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. Quindi, 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. Sebbene il fenomeno possa essere percepito anche all'esterno, esso risulta evidente e fastidioso in quegli ambienti con finestrate rivolte verso le ombre. In generale, l'area soggetta a shadow flicker non si estende oltre i 500-1000 m dall'aerogeneratore e le zone a maggiore impatto ricadono entro i 300 m di distanza dalle macchine con durata del fenomeno dell'ordine delle 200 ore all'anno; il flickering, se presente, non supera in genere i 20 minuti di durata nell'arco di una giornata. Lo studio di shadow flickering che è parte integrante del progetto definitivo del parco eolico ha consentito di stabilire che nel caso in esame non è presente nessun impatto significativo da shadow flickering sui ricettori individuati.

Inoltre vi è da osservare che:

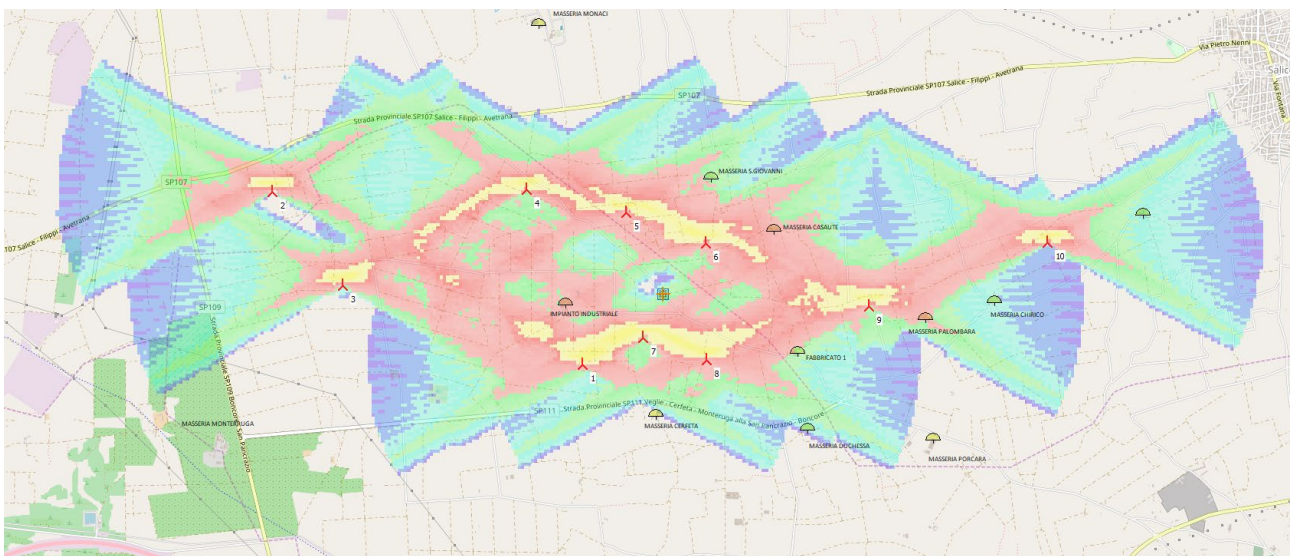
- 1) L'effetto sui ricettori si presenta per un periodo limitato durante la giornata, tipicamente per circa 1,5 ore nelle prime ore del mattino e 1,5 ore prima del tramonto
- 2) L'effetto sui ricettori non si presenta tutti i giorni dell'anno ma solo in alcuni periodi;
- 3) In genere anche sulla base di normative presenti in altri Paesi, l'effetto si considera trascurabile qualora si mantenga al di sotto delle 10 ore anno.
- 4) E' evidente che si tratta di ore potenziali poiché se l'aerogeneratore è fermo per assenza di vento l'effetto dello shadow flickering è assente, potendosi manifestare solo l'ombra sul ricettore.
- 5) Studi scientifici hanno accertato che frequenze inferiori a 10 Hz non hanno alcuna correlazione con attacchi di natura epilettica. Nel nostro caso gli aerogeneratori hanno una velocità di rotazione massima di 12,1 g/min, corrispondente a circa 0,2 Hz circa.

Infine per quanto attiene all'ombra che si potrebbe manifestare sulle strade più vicine al parco eolico:

- Date le latitudini l'ombra non può generare ghiaccio sulla sede stradale;
- Sono interessati dal fenomeno tratti stradali molto brevi di strade peraltro secondarie.



Minuti per giorno



Giorni per anno

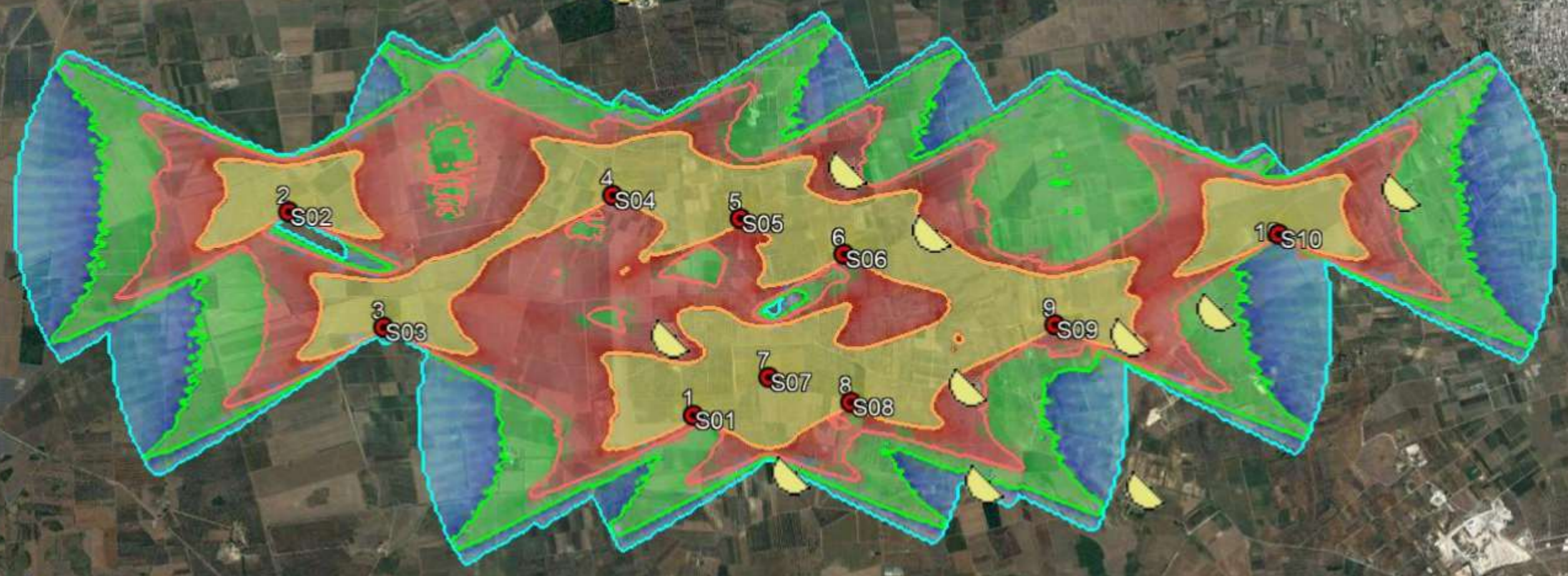
**Le distanze reciproche tra generatori eolici e ricettori, le condizioni orografiche del sito considerato, nonché la percentuale dei giorni dell'anno con la presenza concomitante di sole e vento (condizioni necessarie affinché ci sia il fenomeno di shadow flickering) determinano la pressoché totale assenza del fenomeno in esame su tutti i ricettori censiti.**

**Allegati:**

- **Tabella recettori**
- **Planimetria di calcolo**

# SHADOW FLICKERING

**Legenda**  
● WTG



Google Earth

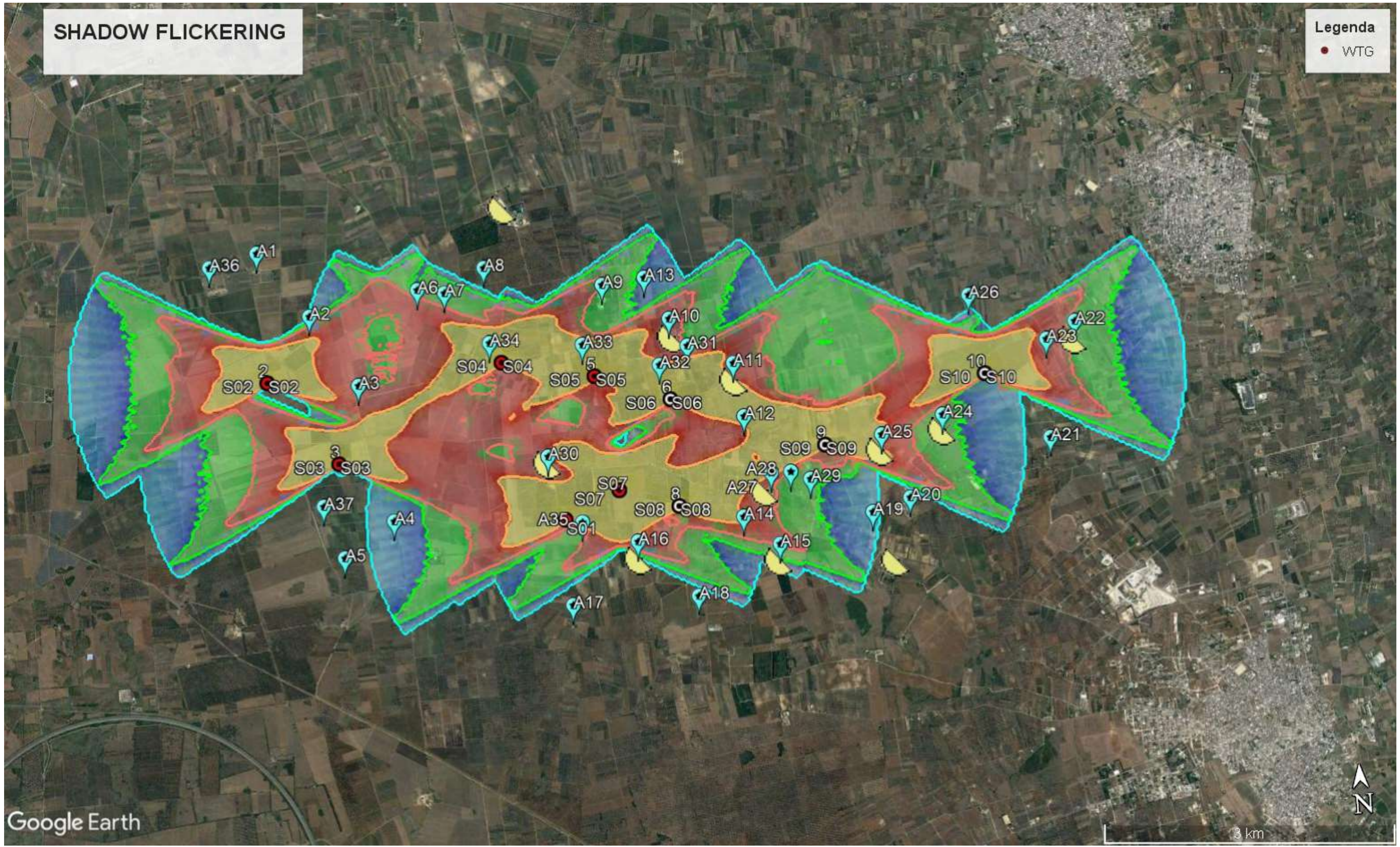


3 km



# SHADOW FLICKERING

Legenda  
● WTG



Nell'ambito di un 1Km dalle WTG sono state censiti i RECETTORI sensibili come di seguito indicato

Ubicazione recettore							CATASTO		WGS84 33N		Agibile
Codice	Recettore	Tipologia	Distanza(m)	WTG	Comune	Prov.	Foglio	P.lla	X	Y	
A1	Mazzetta	Masseria	1100	S2	SaliceS	Le	8	160	741795	4474403	SI
A2	Mazzetta	fabbricato	630	S2	SaliceS	Le	12	20	742230	4413756	NO
A3	Cantalupi	Masseria	630	S3	Veglie	Le	1	280	742704	4473037	SI
A4	D.Sandra	Ristorante	1000	S3	Veglie	Le	3	505	743020	4471612	SI
A5	Monterruga	Masseria	1200	S3	Veglie	Le	3	282	742477	4471257	NO
A6	Cantalupi	Masseria	1000	S4	Veglie	Le	1	18	743355	4473974	NO
A7	Cantalupi	fabbricato	800	S4	Veglie	Le	1	16	743632	4473934	NO
A8	Filippi	Masseria	790	S4	SaliceS	Le	14	109	744015	4474178	SI
A9	S.Giovanni	Ristorante	788	S5	SaliceS	Le	25	358	745268	4473995	SI
A10	Causate	Masseria	614	S6	Salice	Le	26	91	745941	4473547	SI
A11	Orsi	Masseria	640	S6	Salice	Le	37	116	746572	4473070	NO
A12	Fabbricato	civile	836	S6	Salice	Le	37	16	746674	4472525	NO
A13	Fabbricato	civile	930	S5	Salice	Le	25	376	745705	4473982	NO
A14	Fabbricato	civile	740	S8	Veglie	Le	5	38	746602	4471490	NO
A15	Duchessa	Masseria	1200	S8	Veglie	Le	6	114	746958	4471172	SI
A16	Cerfeta	Masseria	737	S8	Veglie	Le	4	375	745497	4471265	NO
A17	Vocettina	Masseria	1100	S1	Veglie	Le	4	8	744792	4470677	NO
A18	Pirazzi	Masseria	1100	S8	Veglie	Le	4	691	746106	4470709	NO
A19	Perrone	Masseria	1022	S9	SliceS	Le	48	379	747932	4471483	NO
A20	Fabbricato	civile	1020	S9	Salice	Le	45	210	748316	4471615	NO
A21	Valente	Masseria	1100	S10	SaliceS	Le	46	149	749811	4472865	SI
A22	Cagnizzi	Masseria	980	S10	SaliceS	Le	40	433	750092	4473362	SI
A23	Fabbricato	civile	625	S10	SaliceS	Le	40	426	749806	4473162	SI
A24	San Chidro	Masseria	745	S10	SaliceS	Le	39	188	748665	4472482	SI
A25	Palombaro	Masseria	545	S9	SaliceS	Le	44	166	748055	4472286	NO
A26	Il Pastore	Masseria	610	S10	SaliceS	Le	39	7-6	749030	4473660	NO
A27	Fabbricato	civile	750	S10	SaliceS	Le	44	164	746886	4471957	NO
A28	Fabbricato	Masseria	565	S10	SaliceS	Le	44	179	747108	4471961	SI
A29	Fabbricato	Civ.abitaz(*)	254	S10	SaliceS	Le	44	162	747421	4472114	SI
A30	Fabbricato	Industriale(*)	510	S1	SaliceS	Le	2	41	744635	4472230	SI

<i>A31</i>	<i>Fabbricato</i>	<i>civile</i>	<i>362</i>	<i>S6</i>	<i>SaliceS</i>	<i>Le</i>	<i>31</i>	<i>121</i>	<i>746100</i>	<i>4473279</i>	<i>SI</i>
<i>A32</i>	<i>Fabbricato</i>	<i>Rudere</i>	<i>181</i>	<i>S6</i>	<i>SaliceS</i>	<i>Le</i>	<i>26</i>	<i>109</i>	<i>745817</i>	<i>4473090</i>	<i>NO</i>
<i>A33</i>	<i>Fabbricato</i>	<i>Rudere</i>	<i>180</i>	<i>S5</i>	<i>SaliceS</i>	<i>Le</i>	<i>25</i>	<i>231</i>	<i>745029</i>	<i>4473333</i>	<i>NO</i>
<i>A34</i>	<i>Fabbricato</i>	<i>Rudere</i>	<i>139</i>	<i>S4</i>	<i>Veglie</i>	<i>Le</i>	<i>1</i>	<i>128</i>	<i>744211</i>	<i>4473403</i>	<i>NO</i>
<i>A35</i>	<i>Fabbricato</i>	<i>Rudere</i>	<i>271</i>	<i>S1</i>	<i>Veglie</i>	<i>Le</i>	<i>4</i>	<i>1238</i>	<i>744950</i>	<i>4471530</i>	<i>NO</i>
<i>A36</i>	<i>Fabbricato</i>	<i>AziendaA.</i>	<i>1001</i>	<i>S2</i>	<i>SaliceS</i>	<i>Le</i>	<i>12</i>	<i>477</i>	<i>741265</i>	<i>4474246</i>	<i>SI</i>
<i>A37</i>	<i>Fabbricato</i>	<i>deposito</i>	<i>670</i>	<i>S3</i>	<i>Veglie</i>	<i>Le</i>	<i>3</i>	<i>508</i>	<i>742294</i>	<i>4471802</i>	<i>NO</i>