



Regione Puglia
 Provincia di Foggia
 Comuni di Sant'Agata di Puglia e Accadia



Proposta di ammodernamento complessivo (“repowering”) del “Parco Eolico Sant’Agata” esistente da 72MW, con smantellamento degli attuali 36 aerogeneratori e sostituzione in riduzione degli stessi con l’installazione di 17 aerogeneratori, per una potenza totale definitiva di 105,4 MW

Titolo:

RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING

Numero documento:

Commissa	Fase	Tipo doc.	Prog. doc.	Rev.
2 2 4 3 0 2	D	R	0 2 6 0	0 0

Proponente:

FRI-EL

FRI-EL S.AGATA S.R.L.
 Piazza del Grano 3
 39100 Bolzano (BZ)
fri-el_s.agata@legalmail.it
 P. Iva/Cod. Fisc. 02380420212

VALUTAZIONE PRELIMINARE, ai sensi dell’art. 6, comma 9 del D.Lgs 152/2006

Progettazione:



PROGETTO ENERGIA S.R.L.

Via Serra 6 83031 Ariano Irpino (AV)
 Tel. +39 0825 891313
www.progettoenergia.biz - info@progettoenergia.biz



SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATI
 INTEGRATED ENGINEERING SERVICES

Progettista:

Ing. Massimo Lo Russo



Sul presente documento sussiste il DIRITTO di PROPRIETA'. Qualsiasi utilizzo non preventivamente autorizzato sarà perseguito ai sensi della normativa vigente

REVISIONI	N.	Data	Descrizione revisione	Redatto	Controllato	Approvato
		00	30.03.2021	EMMISSIONE PER AUTORIZZAZIONE	G. LO RUSSO / C. ELIA	A. FIORENTINO

INDICE

1.	SCOPO	3
2.	CENNI SUL FENOMENO DELLO SHADOW FLICKERING	4
3.	CALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING	5
3.1	CONFIGURAZIONE D'IMPIANTO	5
3.2	INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI	6
3.3	METODOLOGIA DI CALCOLO	8
3.4	RISULTATI	10
4.	CONCLUSIONI	18
5.	ALLEGATI	19

1. SCOPO

Il **Progetto** in esame consta nel "repowering" (ammodernamento complessivo) di un impianto eolico esistente con gli attuali 36 aerogeneratori ubicati nel comune di Sant'Agata di Puglia (FG). Nello specifico, si tratta del "Parco Eolico Sant'Agata" esistente, di proprietà della società Fri – El St. Agata srl, costituito da due sottocampi:

- "Impianto Palino", sito in località Ciommatino – Viticone – Palino, composto da n°20 aerogeneratori aventi ciascuno potenza nominale di 2MW, con una potenza complessiva installata di 40MW;
- "Impianto Piano d'Olivola", sito in località Piano d'Olivola Pezza del Tesoro, composto da n°16 aerogeneratori aventi ciascuno potenza nominale di 2MW, con potenza complessiva di 32MW.

I due sottocampi sono, poi, collegati tramite cavidotti interrati alla stazione elettrica di utenza 150/30kV, a sua volta connessa alla Rete Elettrica Nazionale mediante connessione con uno stallo a 150 KV alla Stazione RTN di smistamento 150kV, ubicata nel Comune di Accadia (FG).

Pertanto, il "Parco Eolico Sant'Agata" nella configurazione innanzi descritta è composto da un totale di 36 aerogeneratori, con una potenza totale installata pari a 72MW, connesso tramite cavidotti interrati alla stazione elettrica di utenza 150/30kV, a sua volta connessa alla Rete Elettrica Nazionale, definito nel seguito "**Impianto eolico esistente**".

Quest'ultimo è attualmente in esercizio ed autorizzato dalle Concessioni edilizie rilasciate dal Comune di Sant'Agata di Puglia (FG), n. 24 del 16/12/2003 e n. 4667 del 20/06/2005, e dal Comune di Accadia (FG): n.02 del 13/04/2005, considerata l'esclusione del Progetto dall'applicazione delle procedure di Valutazione di Impatto Ambientale della Determinazione del Dirigente del Settore Ecologia della Regione Puglia n.185 del 23/06/2003.

Il presente **Progetto di repowering**, consisterà in:

- dismissione degli attuali 36 aerogeneratori dell'impianto eolico esistente (potenza in dismissione pari a 72MW) e delle relative opere accessorie, oltre che nella rimozione dei cavidotti attualmente in esercizio;
- installazione nello stesso sito dell'impianto eolico esistente e in sostituzione di quest'ultimo di 17 aerogeneratori e relative opere accessorie per una potenza complessiva di 105,4 MW. In particolare, l'impianto sarà costituito da aerogeneratori della potenza unitaria di 6,2 MW, diametro del rotore di 170 m ed altezza complessiva di 200 m;
- la costruzione di nuovi cavidotti interrati MT in sostituzione di quelli attualmente in esercizio;
- interventi di adeguamento della stazione elettrica d'utenza attraverso la sola sostituzione di un trasformatore 20/25 MVA con uno da 50/63 MVA e le sue relative opere accessorie, mentre l'impianto di utenza e di rete per la connessione resteranno inalterati;
- futura dismissione dell'impianto ammodernato, al termine della sua vita utile.

Il Progetto, nella configurazione innanzi descritta, viene definito nel seguito "**Progetto di ammodernamento**".

Il tipo di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto (aerogeneratore di progetto) è ad asse orizzontale con rotore tripala e una potenza di 6,2 MW, avente le caratteristiche principali di seguito riportate:

- rotore tripala a passo variabile, di diametro pari a 170 m, posto sopravvento alla torre di sostegno, costituito da 3 pale generalmente in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro e da mozzo rigido in acciaio;
- navicella in carpenteria metallica con carenatura in vetroresina e lamiera, in cui sono collocati il generatore elettrico, il moltiplicatore di giri, il convertitore elettronico di potenza, il trasformatore BT/MT e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
- torre di sostegno tubolare troncoconica in acciaio;
- altezza complessiva massima fuori terra dell'aerogeneratore pari a 200,00 m;
- area spazzata massima: 22.698 m².

2. CENNI SUL FENOMENO DELLO SHADOW FLICKERING

Lo shadow-flickering (letteralmente ombreggiamento intermittente) è l'espressione comunemente impiegata per descrivere una variazione periodica dell'intensità luminosa osservata. Tale effetto (stroboscopico) è causato dalla proiezione, su una generica superficie, dell'ombra indotta da oggetti in movimento. Nel caso specifico di un impianto eolico tale fenomeno è generato dalla proiezione, al suolo o su un ricettore (abitazione), dell'ombra prodotta dalle pale in rotazione degli aerogeneratori allorquando il sole si trova alle loro spalle (cfr. figura successiva).

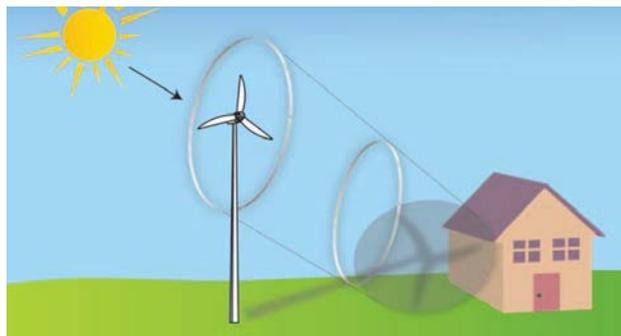


Figura 1 - Rappresentazione schematica del fenomeno dello shadow flicker

Il fenomeno, dal punto di vista di un potenziale ricettore, si traduce in una variazione alternata e ciclica di intensità luminosa che, a lungo andare, può provocare fastidio agli occupanti delle abitazioni le cui finestre risultano esposte al fenomeno stesso. Il fenomeno, ovviamente, risulta assente sia quando il sole è oscurato da nuvole o dalla nebbia, sia quando, in assenza di vento, le pale dell'aerogeneratore 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 Westra1984), e, l'effetto sugli individui è simile a quello che si sperimenterebbe in seguito alle variazioni di intensità luminosa di una lampada ad incandescenza a causa di continui sbalzi della tensione della rete di alimentazione elettrica.

I più recenti aerogeneratori tripala operano ad una velocità di rotazione inferiore ai 35 giri al minuto, corrispondente ad una frequenza di passaggio delle pale sulla verticale inferiore a 1,75 Hz, minore, quindi, della frequenza critica di 2,5 Hz. Inoltre, i generatori di grande potenza (dal MW in su) raramente superano la velocità di rotazione di 20 giri al minuto, corrispondente a frequenze di passaggio delle pale ampiamente minori di quelle ritenute fastidiose per la maggioranza degli individui.

Tale fenomeno, se sperimentato da un ricettore per periodi di tempo prolungati, può generare un disturbo, nelle seguenti condizioni:

- presenza di un livello sufficiente di intensità luminosa, ovvero in condizioni di cielo sereno sgombro da nubi ed in assenza di nebbia e con sole alto rispetto all'orizzonte;
- assenza di ostacoli sulla congiungente ricettore - aerogeneratore: la presenza di vegetazione e/o edifici interposti l'ombra generata da questi ultimi annullerebbe il fenomeno. Quindi, condizione favorevole affinché il fenomeno in esame si verifichi, è quella rappresentata dall'orientamento perpendicolare delle finestre di un'abitazione rispetto alla linea congiungente il ricettore all'aerogeneratore in assenza di ostacoli fisici (alberi, altri edifici ecc...);
- orientamento perpendicolare del rotore rispetto alla congiungente sole - ricettore: infatti, quando il piano del rotore è perpendicolare alla linea sole-ricettore, l'ombra proiettata dalle pale risulta muoversi all'interno di un "disco" che induce un effetto non trascurabile di shadow flickering; viceversa, nel caso in cui il piano del rotore risulti essere in linea con il sole ed il, l'ombra proiettata risulterebbe molto assottigliata e di bassa intensità per cui l'effetto di shadow flickering sarebbe del tutto trascurabile.

Inoltre, affinché lo shadow flickering, abbia un'intensità non trascurabile è necessario che:

- la posizione del sole sia tale da produrre una luminosità sufficiente; tale condizione corrisponde, per la latitudine di progetto, in un'altezza del sole sull'orizzonte dell'ordine di almeno 10÷15 gradi;
- le pale del rotore siano ovviamente in rotazione;
- l'aerogeneratore ed il potenziale ricettore non siano troppo distanti: infatti, le ombre proiettate in prossimità dell'aerogeneratore risultano di maggiore intensità rispetto a quelle proiettate ad una distanza crescente. Tale condizione deriva dal fatto che in presenza di un ricettore molto prossimo all'aerogeneratore, una porzione ampia di pala copre il disco solare così come osservato dal punto di vista del ricettore stesso, e, quindi, l'intensità del flicker risulta

maggiormente percepibile. All'aumentare della distanza tra aerogeneratore e ricettore, le pale, durante il loro moto di rotazione, andranno a coprire una porzione sempre più piccola del disco solare, inducendo un effetto di flicker di minore intensità.

Alla luce di quanto sopra esposto, 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 300-400 m, il fenomeno in esame potrebbe verificarsi all'alba oppure al tramonto, ovvero in quelle ore in cui le ombre risultano molto lunghe e la radiazione diretta è di minore intensità 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 apparente 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 a quello del 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 m dall'aerogeneratore e le zone a maggiore impatto ricadono entro i 300 - 400 m di distanza dalle macchine; il flickering, se presente, non supera in genere i 30/40 minuti di durata potenziale nell'arco di una giornata.

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

In definitiva, 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.

3. CALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING

3.1 CONFIGURAZIONE D'IMPIANTO

Il Progetto di ammodernamento prevede l'installazione di n. 17 aerogeneratori per una potenza massima di 105,4 MW, la disposizione prevista per le turbine è riportata nella tabella sottostante:

Torre	UTM - WGS84 – FUSO 33		Altitudine (m)
	Long. E [m]	Lat. N [m]	
WTG SGP1 NEW	535905,1	4559638,2	414,0
WTG SGP3 NEW	536234,5	4559307,3	389,0
WTG SGP5 NEW	536508,7	4558998,1	374,0
WTG SGP7 NEW	536791,5	4558771,0	365,0
WTG SGP8 NEW	539010,0	4559598,5	316,0
WTG SGP10 NEW	539481,1	4559599,4	317,0
WTG SGP12 NEW	537421,8	4558449,9	344,0
WTG SGP14 NEW	537672,5	4557807,6	332,0
WTG SGP17 NEW	538410,5	4558491,2	313,0
WTG SGP18 NEW	538698,7	4558164,9	308,0
WTG SGP 20 NEW	539328,4	4557453,1	308,0
WTG SG01 NEW	529214,8	4551457,4	605,0

Torre	UTM - WGS84 – FUSO 33		Altitudine (m)
	Long. E [m]	Lat. N [m]	
WTG SG03 NEW	529792,5	4550256,4	568,0
WTG SG05 NEW	530259,6	4550173,3	554,0
WTG SG11 NEW	529864,0	4551068,0	568,0
WTG SG13 NEW	530376,0	4550908,0	546,0
WTG SG15 NEW	532005,2	4550472,4	497,0

Tabella 1: Coordinate UTM - WGS84 – fuso 33 degli aerogeneratori

Di seguito è riportata la scheda riassuntiva delle principali caratteristiche della turbina SIEMENS-GAMESA SG 6.2-170.

Potenza nominale	6.200 kW
Velocità di accensione:	3 m / s
Velocità nominale del vento	11 m / s
Velocità di spegnimento:	25 m / s
ROTORE	
Diametro del rotore	170 m
Area spazzata	22,698m ²
Numero pale	3
TORRE	
Altezza del mozzo	115 m

Tabella 2: Estratto delle specifiche tecniche turbina SIEMENS-GAMESA SG 6.2-170

3.2 INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI

Ai fini della previsione degli impatti indotti sulle abitazioni dall'impianto eolico in progetto sono stati individuati i recettori presenti nei pressi degli aerogeneratori.

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, si è considerato nella simulazione la presenza di finestre di altezza 1 metro e larghezza 1 metro posizionate ad altezza dal suolo di 2 metri e disposte su tutte le facciate degli edifici.

Di seguito sono riportati i riferimenti geografici dei fabbricati riscontrati e l'orientamento delle finestre ipotizzate

Fabbricato	Comune	Foglio	Particella	Destinazione d'uso	UTM - WGS84		Numero finestre e orientamento
					Long. E [m]	Lat. N [m]	
1	SANT'AGATA DI PUGLIA	10	258	D10	536137,6	4559068,0	4 (11° , 101° , 191° , 281°)
2	SANT'AGATA DI PUGLIA	10	249	C02	536323,9	4558947,5	4 (43° , 133° , 223° , 313°)
3	SANT'AGATA DI PUGLIA	9	448	NON CLASSATO	536557,6	4558308,6	4 (33° , 123° , 213° , 303°)
4	SANT'AGATA DI PUGLIA	12	451 - 452 - 482	C02	536797,6	4558283,6	4 (32° , 122° , 212° , 302°)
5	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	5101	C02	537244,8	4558877,5	4 (11° , 101° , 191° , 281°)
6	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	326	COSTR NO AB	537313,8	4558944,1	4 (42° , 132° , 222° , 312°)
7	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	5102	C02	537333,3	4558817,9	4 (6° , 96° , 186° , 276°)
8	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	436	NON CLASSATO	537357,3	4558788,3	4 (18° , 108° , 198° , 288°)

Fabbricato	Comune	Foglio	Particella	Destinazione d'uso	UTM - WGS84		Numero finestre e orientamento
					Long. E [m]	Lat. N [m]	
9	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	433	D10	537564,4	4559022,0	4 (61° , 151° , 241° , 331°)
10	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	464 - 434	C02	537600,5	4559025,4	4 (65° , 155° , 245° , 335°)
11	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	6	NON CLASSATO	537647,2	4558961,1	4 (38° , 128° , 218° , 308°)
12	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	416	A03 - C02	537686,7	4559045,4	4 (44° , 134° , 224° , 314°)
13	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	459 - 460 - 461 - 462 - 463 - 466	A04 - C02	537575,2	4559057,5	4 (60° , 150° , 240° , 330°)
14	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	458	C06	537598,7	4559086,3	4 (53° , 143° , 233° , 323°)
15	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	430 - 344	C02	537657,2	4559132,3	4 (32° , 122° , 212° , 302°)
16	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	468	A03	537612,4	4559140,5	4 (32° , 122° , 212° , 302°)
17	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	450 - 451	D10	537622,5	4559171,5	4 (36° , 126° , 216° , 306°)
18	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	435 - 200 - 333 - 437 - 472 - 415 - 438	C02 - A04	537649,3	4559194,3	4 (42° , 132° , 222° , 312°)
19	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	452 - 485 - 453 - 454	ENTE URBANO - F01 - A04 - C02	537690,9	4559176,9	4 (34° , 124° , 214° , 304°)
20	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	483 - 444 - 446 - 455 - 443	C02 - D10 - F02	537727,7	4559192,4	4 (26° , 116° , 206° , 296°)
21	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	481	F02	537740,7	4559227,2	4 (44° , 134° , 224° , 314°)
22	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	442 - 480	C02 - C06	537714,5	4559226,0	4 (31° , 121° , 211° , 301°)
23	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	447 - 439 - 448 - 445 - 440 - 449 - 441	D10 - C02 - A04 - A03 - F02	537676,7	4559230,4	4 (36° , 126° , 216° , 306°)
24	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	456 - 457	C02 - C06	537639,8	4559249,5	4 (31° , 121° , 211° , 301°)
25	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	429	A03 - C02	537696,0	4559294,5	4 (43° , 133° , 223° , 313°)
26	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	491 - 492 - 493	C02 - D10	537737,3	4559251,9	4 (45° , 135° , 225° , 315°)
27	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	487	D10 - A03	537763,1	4559243,0	4 (48° , 138° , 228° , 318°)
28	SANT'AGATA DI PUGLIA	10	237	A07	538040,8	4559502,0	4 (72° , 162° , 252° , 342°)
29	SANT'AGATA DI PUGLIA	10	238	C06	538091,0	4559531,4	4 (8° , 98° , 188° , 278°)
30	SANT'AGATA DI PUGLIA	10	253 - 251 - 259 - 178 - 252 - 282 - 260	C02 - COSTR NO AB - A04	538238,1	4559636,4	4 (28° , 118° , 208° , 298°)
31	SANT'AGATA DI PUGLIA	10	184 - 281 - 60 - 61 - 62 - 63 - 250 - 243 - 262	F02 - C02 - A04 - A03	538272,6	4559667,4	4 (26° , 116° , 206° , 296°)
32	SANT'AGATA DI PUGLIA	10	176 - 261	FABB DIRUTO - C02	538304,8	4559675,5	4 (28° , 118° , 208° , 298°)
33	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	405	C02 - A03	538370,3	4559510,0	4 (78° , 168° , 258° , 348°)
34	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	5130	D10	538211,6	4559455,7	4 (78° , 168° , 258° , 348°)
35	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	399	C02	538269,7	4559427,4	4 (70° , 160° , 250° , 340°)
36	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	5121 - 5123 - 5124 - 5125 - 5126	A03 - F06	538219,4	4559422,3	4 (69° , 159° , 249° , 339°)
37	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	413	C02	538168,0	4559408,8	4 (78° , 168° , 258° , 348°)
38	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	5103	A04 - C02 - C06	538230,3	4559394,1	4 (76° , 166° , 256° , 346°)
39	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	425	F02	538554,1	4559419,0	4 (54° , 144° , 234° , 324°)

Fabbricato	Comune	Foglio	Particella	Destinazione d'uso	UTM - WGS84		Numero finestre e orientamento
					Long. E [m]	Lat. N [m]	
40	SANT'AGATA DI PUGLIA	11	5113	D01	538623,9	4559171,4	4 (69° , 159° , 249° , 339°)
41	SANT'AGATA DI PUGLIA	72	161	D10 - A06	530199,2	4551393,2	4 (5° , 95° , 185° , 275°)
42	SANT'AGATA DI PUGLIA	72	<u>168</u>	C02 - A03	530245,6	4551391,2	4 (6° , 96° , 186° , 276°)
43	SANT'AGATA DI PUGLIA	67	429	A03 - C06 - C02	529228,2	4550663,7	4 (26° , 116° , 206° , 296°)
44	SANT'AGATA DI PUGLIA	71	571	A03	529204,5	4550494,2	4 (29° , 119° , 209° , 299°)
45	SANT'AGATA DI PUGLIA	71	596	D10	529226,8	4550546,4	4 (33° , 123° , 213° , 303°)
46	SANT'AGATA DI PUGLIA	71	611	D10	529254,5	4550581,6	4 (32° , 122° , 212° , 302°)
47	SANT'AGATA DI PUGLIA	71	588 - 586 - 587 - 576 - 585	F02 - C02 - A04 - A03	529226,6	4550594,9	4 (31° , 121° , 211° , 301°)
48	SANT'AGATA DI PUGLIA	71	629 - 198 - 610 - 609 - 604 - 603 - 602 - 601	A04 - C02 - A03 - A06 - D10	529272,2	4550614,4	4 (28° , 118° , 208° , 298°)
49	SANT'AGATA DI PUGLIA	71	545	COSTR. NO AB	529284,2	4550651,8	4 (20° , 110° , 200° , 290°)
50	SANT'AGATA DI PUGLIA	71	616 - 577	C06 - C02	529295,1	4550677,0	4 (28° , 118° , 208° , 298°)
51	SANT'AGATA DI PUGLIA	71	615 - 620 - 619 - 589 - 628	A04 - C02 - CA03 - F02	529314,5	4550697,1	4 (26° , 116° , 206° , 296°)
52	SANT'AGATA DI PUGLIA	71	614 - 462 - 590	C02 - FABB. DIRUTO	529331,4	4550684,1	4 (24° , 114° , 204° , 294°)
53	SANT'AGATA DI PUGLIA	71	265	NON CLASSATO	530092,2	4550367,2	4 (86° , 176° , 266° , 356°)
54	SANT'AGATA DI PUGLIA	78	3	NON CLASSATO	529338,5	4550128,8	4 (13° , 103° , 193° , 283°)
55	SANT'AGATA DI PUGLIA	78	713	C02 - C06 - A03	529711,4	4549799,8	4 (7° , 97° , 187° , 277°)
56	SANT'AGATA DI PUGLIA	71	512	C02	529809,0	4549817,1	4 (8° , 98° , 188° , 278°)
57	SANT'AGATA DI PUGLIA	71	511	A03	529802,0	4549799,4	4 (9° , 99° , 189° , 279°)
58	SANT'AGATA DI PUGLIA	78	746	C02 - A04	530341,5	4549459,2	4 (22° , 112° , 202° , 292°)
59	SANT'AGATA DI PUGLIA	71	290	FABB. DIRUTO	530958,6	4549826,5	4 (24° , 114° , 204° , 294°)
60	SANT'AGATA DI PUGLIA	74	26	FABB. DIRUTO	531075,3	4550463,8	4 (87° , 177° , 267° , 357°)
61	SANT'AGATA DI PUGLIA	74	86	A06 - D10	531423,1	4550704,0	4 (45° , 135° , 225° , 315°)
62	SANT'AGATA DI PUGLIA	75	78	NON CLASSATO	531826,7	4551010,0	4 (4° , 94° , 184° , 274°)
63	SANT'AGATA DI PUGLIA	75	142	D10 - A02	532127,5	4551116,4	4 (23° , 113° , 203° , 293°)
64	SANT'AGATA DI PUGLIA	75	143	A03 - C2	532123,7	4551030,9	4 (74° , 164° , 254° , 344°)
65	SANT'AGATA DI PUGLIA	75	139	C02 - F02	532157,5	4551030,4	4 (5° , 95° , 185° , 275°)
66	SANT'AGATA DI PUGLIA	76	145 - 146 - 147 - 148	C02	532633,6	4550779,0	4 (44° , 134° , 224° , 314°)

Tabella 3: Coordinate UTM - WGS84 – fuso 33 puntuali dei recettori

Alcuni fabbricati individuati nell'area sono edifici abbandonati in pessime condizioni, per lo più diruti o semidiruti, altri sono depositi connessi ad attività agricole utilizzati come ricovero per mezzi e materiali. Questi fabbricati sebbene ivi riportati solo per completezza di analisi non verranno considerati nello studio che segue, in quanto la presenza di persone è solo saltuaria e per brevi periodi. Nelle elaborazioni che seguono verranno considerati solo i fabbricati potenzialmente abitabili.

3.3 METODOLOGIA DI CALCOLO

L'analisi dell'impatto da shadow flickering prodotto da un parco eolico è realizzata, generalmente, attraverso l'impiego di specifici applicativi che modellano il fenomeno in esame. I pacchetti software impiegati per la progettazione di impianti eolici contengono moduli specifici per il calcolo e l'analisi del fenomeno di flickering.

L'analisi si basa sull'impiego di un modello digitale del terreno dell'area oggetto di progettazione, sulle posizioni (E, N, quota) degli aerogeneratori e dei potenziali ricettori sensibili, nonché sui 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 ricettori è necessario definire la longitudine, la latitudine ed il fuso orario dell'area interessata dal progetto.

Nello specifico è stato impiegato il modulo shadow flickering del software WindFarm (ReSoft Limited©). Esso consente di analizzare la posizione del sole nell'arco di un anno allo scopo di identificare i tempi in cui ogni aerogeneratore può proiettare ombre sulle finestre delle abitazioni vicine.

In particolare, il modello permette di:

- calcolare il potenziale per le ombre intermittenti alle finestre delle abitazioni;
- mostrare un calendario grafico degli eventi di flickering;
- mostrare un elenco dettagliato di ciascun evento di ombreggiamento (ora di inizio, di fine, durata del fenomeno, aerogeneratore/i coinvolti ecc...);
- creare mappe di impatto potenziale che mostrano le ore d'ombra intermittente per l'intero parco eolico o per le singole macchine (curve di isodurata) nell'arco dell'anno.

Al di là di una certa distanza, come già osservato, l'ombra smette di essere un problema perché il rapporto tra lo spessore della pala e il diametro apparente del disco solare diventa piccolo. Poiché non vi è un valore generalmente accettato per questa distanza massima, WindFarm permette di specificare il limite in metri o multipli del diametro della turbina o dell'altezza complessiva del generatore eolico.

Nello specifico, nel caso in esame, per quanto concerne le simulazioni effettuate, si è assunta una distanza massima di influenza del fenomeno in esame pari a circa 8 volte l'altezza dell'aerogeneratore di progetto ed un angolo minimo di altezza del sole sull'orizzonte pari a 2°. Tali assunzioni di input al modello risultano molto conservative in relazione a quanto espresso sopra in termini teorici in riferimento al fenomeno di shadow flickering.

Il software utilizza una serie di dati di input caratterizzanti quali:

- l'altimetria della zona simulata;
- la disposizione geografica delle turbine e dimensione geometrica dei loro componenti (torre e pale);
- la disposizione geografica dei "recettori sensibili" (abitazioni e relative finestre);
- la latitudine e longitudine dell'area interessata.

Sulla base di questi dati il software calcola il numero di ore annue di esposizione allo shadow flickering per ciascun nodo del grigliato che copre l'intera area, nonché il numero di ore di esposizione per gli ambienti abitativi attraverso le finestre.

Per l'esecuzione della simulazione sono stati fissati i seguenti parametri:

- coordinate baricentriche (UTM-WGS84-FUSO 33): 534096E, 4554843N
- coordinate UTM-WGS84-FUSO 33 delle turbine considerate (vedi tabella 1)
- coordinate UTM-WGS84-FUSO 33 dei recettori considerati e disposizione delle finestre (vedi tabella 3)
- raggio d'influenza massimo: 1,5 km dal punto di installazione dell'aerogeneratore
- altezza del punto di vista dell'osservatore: 2 m
- parametri turbina SIEMENS-GAMESA SG 6.2-170
 - diametro rotore: 170 m
 - altezza torre: 115 m
 - larghezza media della pala: 3 m

Il calcolo viene effettuato dal software nella condizione più sfavorevole possibile (caso peggiore), in quanto si considera che:

- il sole splenda per tutta la giornata, dall'alba al tramonto (cioè si è sempre in assenza di copertura nuvolosa);
- il piano di rotazione delle pale sia sempre perpendicolare alla direttrice sole-aerogeneratore (l'aerogeneratore "insegue" il sole);
- gli aerogeneratori siano sempre operativi;

- non siano presenti alberi o altri ostacoli che, intercettando l'ombra degli aerogeneratori, riducano o annullino il fastidio del flickering.

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), corrispondente alle ore in cui il sole permane al di sopra dell'orizzonte nell'arco dell'anno (ore di luce, circa 4465h/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 (REAL CASE), si dovrebbe considerare il valore di eliofania locale, ovvero il numero di ore di cielo libero da nubi durante il giorno. Per l'area in esame tale valore corrisponde a circa 2460 h/a come riscontrato presso la *Stazione meteorologica di Foggia Amendola*, e verificato (*Riferimento Pinna M. (1985). L'eliofania in Italia. Mem. Soc. Geogr. It., e Lavagnini A., Martorelli S., Coretti C. (1987). Radiazione solare in Italia. Mappe mensili della radiazione globale giornaliera. Roma, CNR, Ist. Fis. Atm.,*), quindi, i risultati del calcolo possono, ragionevolmente, essere abbattuti del 44.9%, pari al complemento a 1 del rapporto $2460/4465 = 55,1\%$.

In altri termini, rispetto al WORST CASE, la probabilità di occorrenza del fenomeno di shadow flickering si riduce realisticamente, per l'area in esame, al 55,1 % del valore calcolato dal modello impiegato e che corrisponde proprio alla probabilità che il disco solare risulti libero da nubi.

Inoltre, dal momento che il fenomeno in esame è prodotto dalla contemporanea presenza di sole libero da nubi (potenzialità di generare ombre) e di velocità del vento superiori a quella di cut-in (rotore in moto), i valori calcolati dal modello (considerando la condizione più penalizzante di rotore permanentemente in moto) possono essere ulteriormente abbattuti di una percentuale corrispondente alle ore annue di effettivo funzionamento macchina rispetto al totale delle ore in un anno (8760 h).

Per l'impianto in esame le ore macchina si stimano all'incirca pari all'85% delle ore anno, ovvero 7446 ore, quindi la probabilità che il rotore di un aerogeneratore risulti in movimento è appunto dell'ordine dell'85 % (pari al rapporto $7446/8760$).

In definitiva, i valori calcolati dal modello numerico (ore di ombreggiamento intermittente all'anno) possono, realisticamente, essere ridotti di un fattore pari al complemento a 1 del prodotto $85\% \times 55,1\% = 46,8\%$, ovvero del 53,2 %, corrispondente alla probabilità composta di avere contemporaneamente l'occorrenza di rotore in moto (vento) e sole libero da nubi (ombre), fenomeni, questi ultimi, stocasticamente indipendenti per cui la probabilità composta risulta pari al prodotto delle singole probabilità.

3.4 RISULTATI

Al fine di verificare la presenza e l'intensità del fenomeno dello shadow flickering indotto dal parco eolico in progetto sono state effettuate una serie di simulazioni con software dedicato che tiene conto:

- della latitudine locale, allo scopo di considerare il corretto diagramma solare;
- della geometria effettiva delle macchine previste, ed in particolare dell'altezza complessiva di macchina, intesa come somma tra l'altezza del mozzo ed il raggio del rotore;
- dell'orientamento del rotore rispetto al ricettore;
- della posizione del sole e quindi della proiezione dell'ombra rispetto ai ricettori;
- dell'orografia locale, tramite un modello digitale del terreno (DTM);
- della posizione dei possibili ricettori (abitazioni), nonché degli aerogeneratori (layout di progetto).

Come sopra accennato, le simulazioni effettuate sono state condotte in condizioni conservative, assumendo il cielo completamente sgombro da nubi, foschia, ecc. e nessun ostacolo interposto tra i ricettori individuati e gli aerogeneratori previsti in progetto.

Il programma effettua il calcolo delle ore del giorno in cui si potrebbe avere l'effetto del flickering sul ricettore considerato, facendo la somma dei minuti in cui il fenomeno risulta presente. Effettua poi la somma teorica dei minuti di ciascun mese (worst case) che poi può essere ridotta in considerazione delle giornate soleggiate, dell'operatività effettiva dell'impianto eolico, della direzione del vento ecc.. Inoltre, avendo calcolato geometricamente l'evoluzione delle ombre durante la giornata, è possibile identificare l'area in cui avviene il fenomeno dello shadow flickering per ciascun aerogeneratore. Si ottengono così i dati sinteticamente riportati nelle seguenti figure.

La frequenza dello shadow flickering è correlata alla velocità di rotazione del rotore; le frequenze tipiche per le macchine considerate nel presente progetto sono dell'ordine di $0,7 \div 1,5$ Hz (circa un passaggio al secondo). In termini di impatto sulla popolazione, tali frequenze sono innocue; basti pensare che le lampade stroboscopiche, largamente impiegate nelle discoteche, producono frequenze comprese tra 5 e 10 Hz.

Le distanze reciproche tra generatori eolici e ricettori, le condizioni orografiche del sito considerato, determinano la pressoché totale assenza del fenomeno in esame. È comunque utile sottolineare che, a vantaggio di sicurezza, le simulazioni effettuate sono state eseguite in condizioni non realistiche, ipotizzando che si verificano contemporaneamente le condizioni più sfavorevoli per un determinato ricettore potenzialmente soggetto a shadow flickering, ovvero concomitanza dei seguenti fattori: assenza di nuvole o nebbia, rotore frontale ai ricettori, rotore in movimento continuo, assenza di ostacoli, luce diretta ecc.

La tabella seguente riassume i risultati dell'analisi eseguita secondo la metodologia di calcolo innanzi descritta, e per quanto precisato al punto 3.2 la stessa si riferisce ai soli fabbricati potenzialmente abitabili, per come riscontrati dal sopralluogo in sito, di seguito riportato:

Fabbricato	WGS84 - UTM fuso 33		Caso peggiore		Caso reale
	Est	Nord	Giorni Anno	Ore Anno	Est
12	537687	4559045	286	138	65
13	537575	4559058	248	132	62
16	537612	4559141	251	120	56
18	537649	4559194	218	94	44
19	537691	4559177	208	87	41
23	537677	4559230	201	89	41
25	537696	4559295	207	89	41
27	537763	4559243	148	63	29
28	538041	4559502	110	48	23
30	538238	4559636	67	46	21
31	538273	4559667	70	51	24
33	538370	4559510	103	80	37
36	538219	4559422	96	57	27
38	538230	4559394	107	65	30
41	530199	4551393	185	185	86
42	530246	4551391	187	176	83
43	529228	4550664	215	153	72
44	529205	4550494	124	91	43
47	529227	4550595	176	135	63
48	529272	4550614	183	154	72
51	529315	4550697	188	142	67
55	529711	4549800	0	0	0
57	529802	4549799	0	0	0
58	530342	4549459	0	0	0
61	531423	4550704	154	127	60
63	532128	4551116	0	0	0
64	532124	4551031	0	0	0

Tabella 4: Risultati di calcolo

In particolare in tabella 4 vengono riportati il numero di giorni e di ore in cui è fisicamente possibile che il fenomeno si presenti (caso peggiore) e il valore reale atteso di ore all'anno in cui il fenomeno potrebbe presentarsi (caso reale). A tal proposito è importante sottolineare che anche il caso reale, calcolato tenendo conto dell'eliofania 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.

Dalla tabella 4 si evince che presso 22 potenziali recettori potrebbe verificarsi l'effetto di shadow flickering, tuttavia tale effetto si può considerare trascurabile per via della scarsa durata del fenomeno che si riduce, nel caso reale, a poche ore l'anno. Per i fabbricati evidenziati, presso i quali l'effetto di shadow flickering potrebbe essere superiore a 50 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 del fenomeno (condizioni del

caso peggiore). Le curve di colore blu indicano l'ora dell'alba e del tramonto e le macchie colorate indicano il periodo in cui è possibile il verificarsi del fenomeno. Sull'asse delle ordinate sono riportati i giorni dell'anno e sull'asse delle ascisse l'ora del giorno.

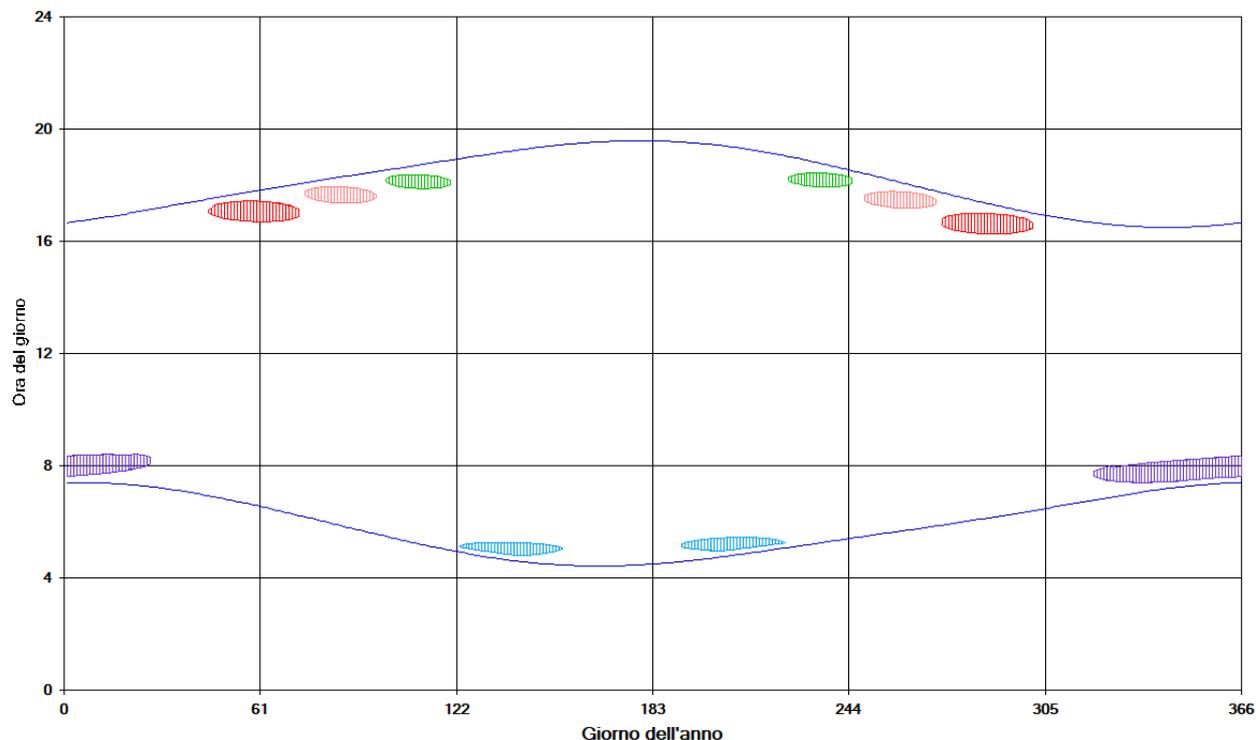


Figura 2– Calendario dell'ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 12

Dalla lettura del calendario in figura 2, si legge facilmente che, presso il fabbricato 12, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa degli aerogeneratori:

- WTG SGP3 NEW dal 9 aprile al 29 aprile e dal 12 agosto al 1° settembre tra le ore 17:50 e le 18:25 (macchia verde);
- WTG SGP5 NEW dal 15 marzo al 6 aprile e dal 5 settembre al 27 settembre tra le ore 17:10 e le 18:00 (macchia rosa);
- WTG SGP7 NEW dal 14 febbraio al 13 marzo e dal 29 settembre al 27 ottobre tra le ore 16:15 e le 17:25 (macchia rossa).
- WTG SGP8 NEW dal 2 maggio al 3 giugno e dal 10 luglio all'11 agosto tra le ore 04:45 e le 05:25 (macchia azzurra).
- WTG SGP17 NEW dal 1° gennaio al 27 gennaio e dal 15 novembre al 31 dicembre tra le ore 07:25 e le 08:25 (macchia viola).

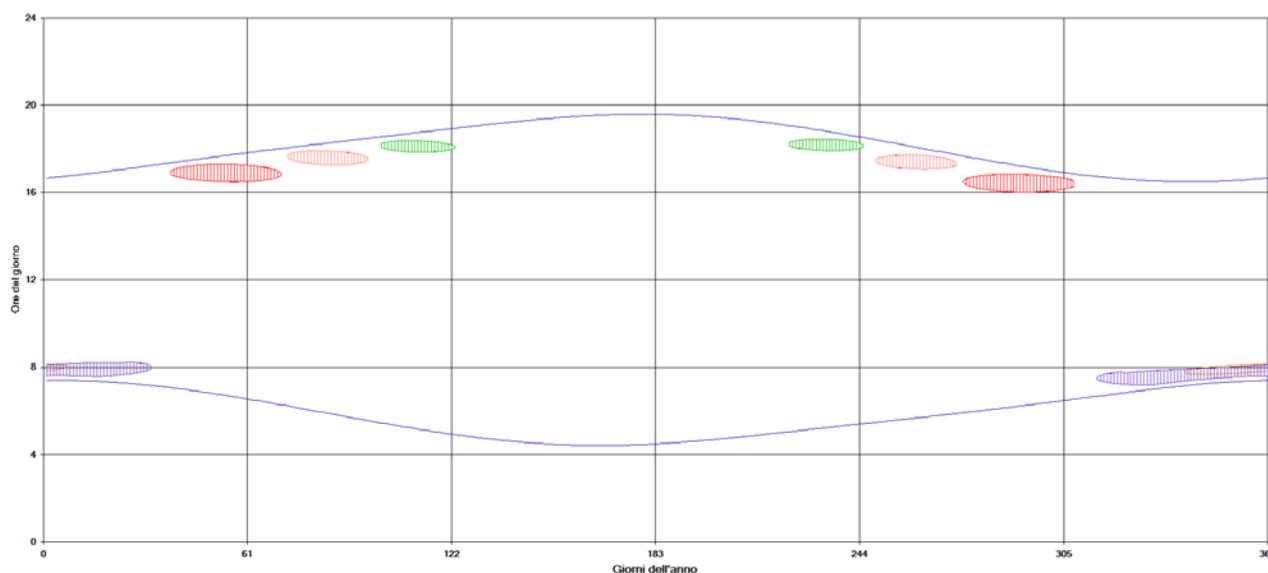


Figura 3 – Calendario dell'ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 13

Dalla lettura del calendario in figura 3, si legge facilmente che, presso il fabbricato 13, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa degli aerogeneratori:

- WTG SGP3 NEW dal 10 aprile al 2 maggio e dal 10 agosto al 1° settembre tra le ore 17:50 e le 18:25 (macchia verde);
- WTG SGP5 NEW dal 13 marzo al 6 aprile e dal 5 settembre al 29 settembre tra le ore 17:05 e le 17:55 (macchia rosa);
- WTG SGP7 NEW dal 7 febbraio all'11 marzo e dal 1° ottobre al 3 novembre tra le ore 16:00 e le 17:20 (macchia rossa);
- WTG SGP17 NEW dal 1° gennaio al 1° febbraio e dal 10 novembre al 31 dicembre tra le ore 07:10 e le 08:15 (macchia viola);
- WTG SGP18 NEW dal 1° gennaio al 7 gennaio e dal 6 dicembre al 31 dicembre tra le ore 07:40 e le 08:10 (macchia arancione).

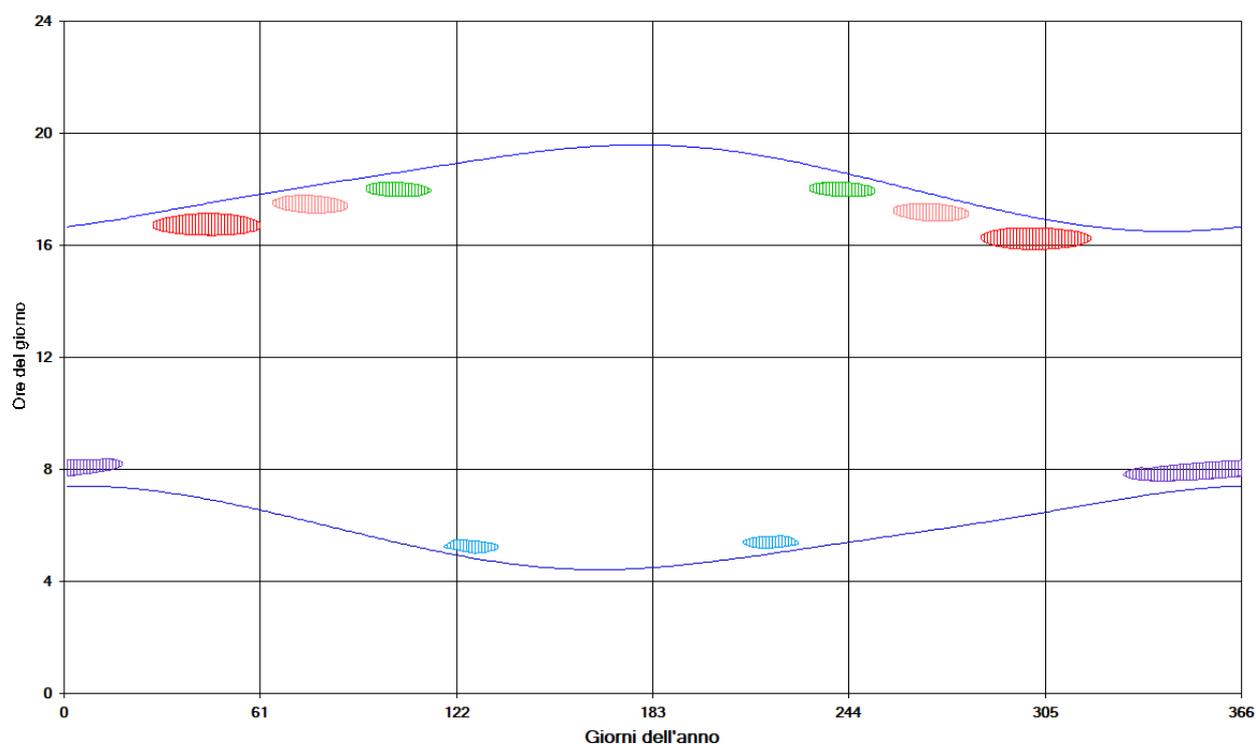


Figura 4 – Calendario dell'ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 16

Dalla lettura del calendario in figura 4, si legge facilmente che, presso il fabbricato 16, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa degli aerogeneratori:

- WTG SGP3 NEW dal 3 aprile al 23 aprile e dal 19 agosto all'8 settembre tra le ore 17:45 e le 18:15 (macchia verde);
- WTG SGP5 NEW dal 5 marzo al 28 marzo e dal 14 settembre al 7 ottobre tra le ore 16:50 e le 17:45 (macchia rosa);
- WTG SGP7 NEW dal 28 gennaio al 1° marzo e dall'11 ottobre al 14 novembre tra le ore 15:50 e le 17:10 (macchia rossa);
- WTG SGP8 NEW dal 27 aprile al 14 maggio e dal 29 luglio al 15 agosto tra le ore 05:00 e le 05:40 (macchia azzurra);
- WTG SGP17 NEW dal 1° gennaio al 18 gennaio e dal 24 novembre al 31 dicembre tra le ore 07:35 e le 08:25 (macchia viola).

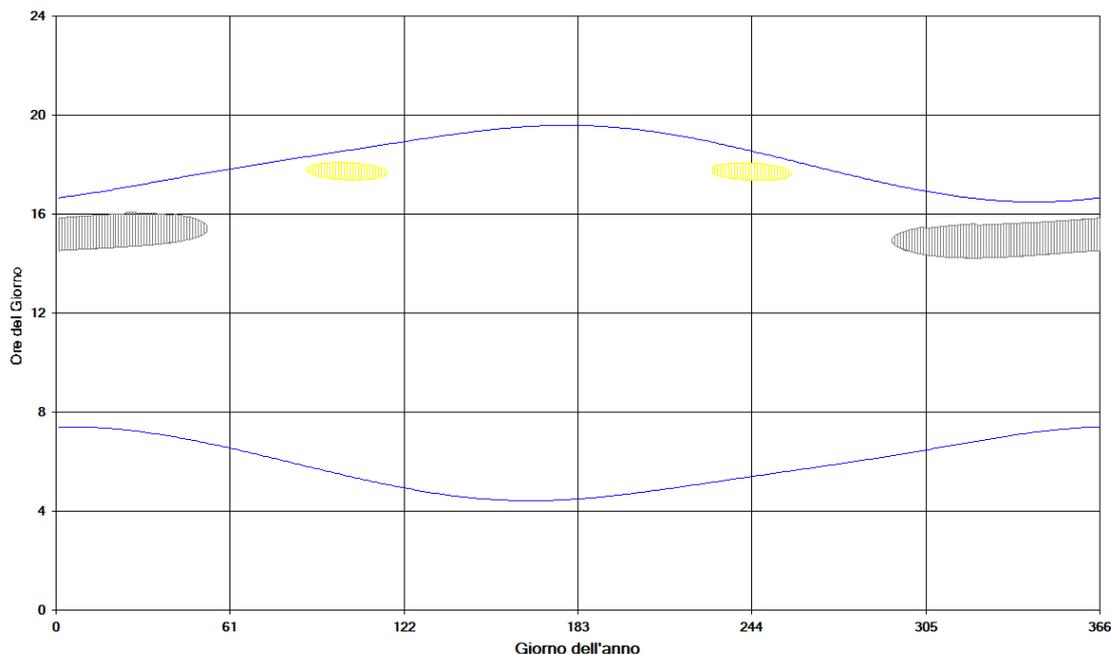


Figura 5 – Calendario dell'ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 41

Dalla lettura del calendario in figura 5, si legge facilmente che, presso il fabbricato 41, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa degli aerogeneratori:

- WTG SG01 NEW dal 28 marzo al 25 aprile e dal 19 agosto al 14 settembre tra le ore 17:20 e le 18:05 (macchia gialla);
- WTG SG11 NEW dal 1° gennaio al 22 febbraio e dal 19 ottobre al 31 dicembre tra le ore 14:15 e le 16:05 (macchia grigia).

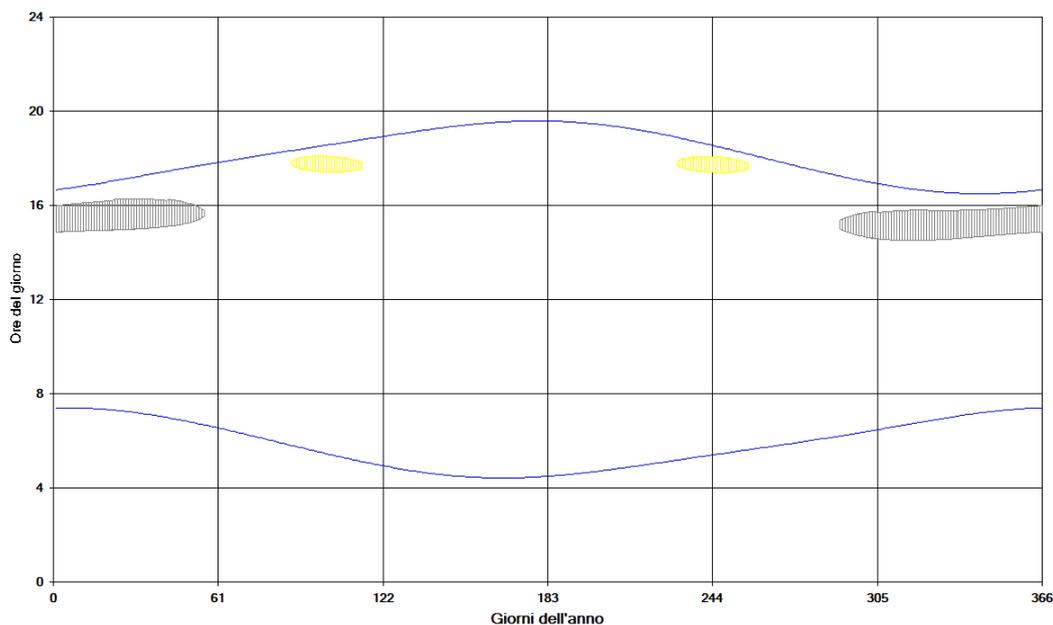


Figura 6 – Calendario dell'ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 42

Dalla lettura del calendario in figura 6, si legge facilmente che, presso il fabbricato 42, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa degli aerogeneratori:

- WTG SG01 NEW dal 28 marzo al 23 aprile e dal 18 agosto al 14 settembre tra le ore 17:20 e le 18:05 (macchia gialla);
- WTG SG11 NEW dal 1° gennaio al 25 febbraio e dal 17 ottobre al 31 dicembre tra le ore 14:30 e le 16:15 (macchia grigia).

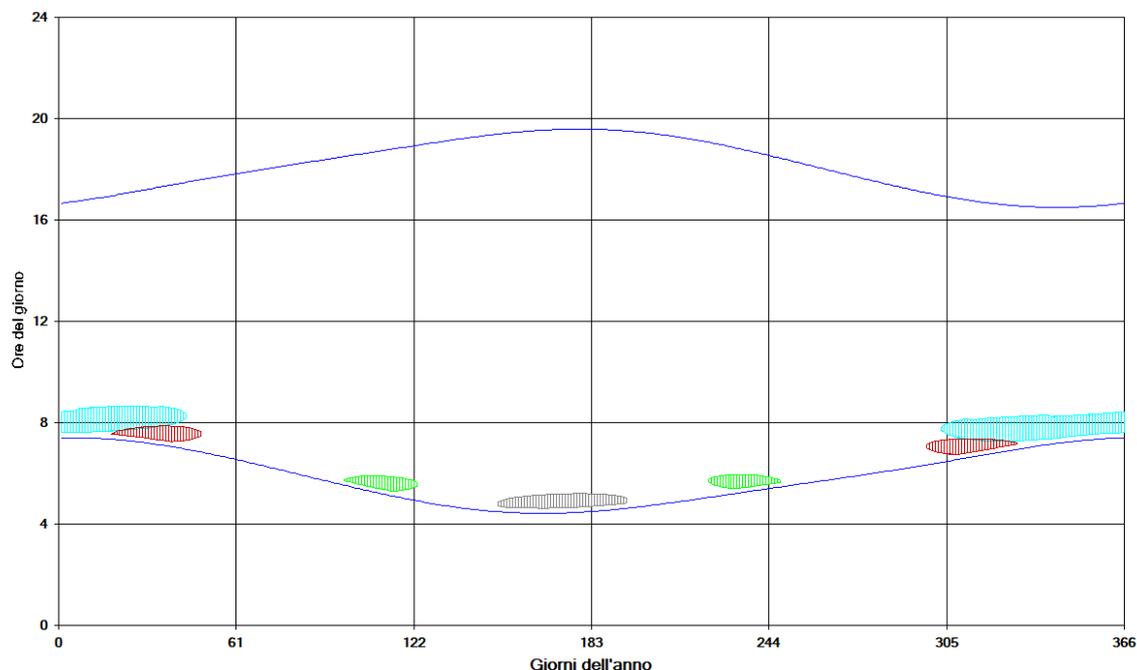


Figura 7 – Calendario dell'ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 43

Dalla lettura del calendario in figura 7, si legge facilmente che, presso il fabbricato 43, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa degli aerogeneratori:

- WTG SG03 NEW dal 1° gennaio al 13 febbraio e dal 29 ottobre al 31 dicembre tra le ore 07:15 e le 08:40 (macchia celeste);
- WTG SG11 NEW dal 30 maggio al 13 luglio tra le ore 04:35 e le 05:10 (macchia grigia);
- WTG SG13 NEW dal 7 aprile al 2 maggio e dal 10 agosto al 4 settembre tra le ore 05:20 e le 06:00 (macchia verde chiaro).

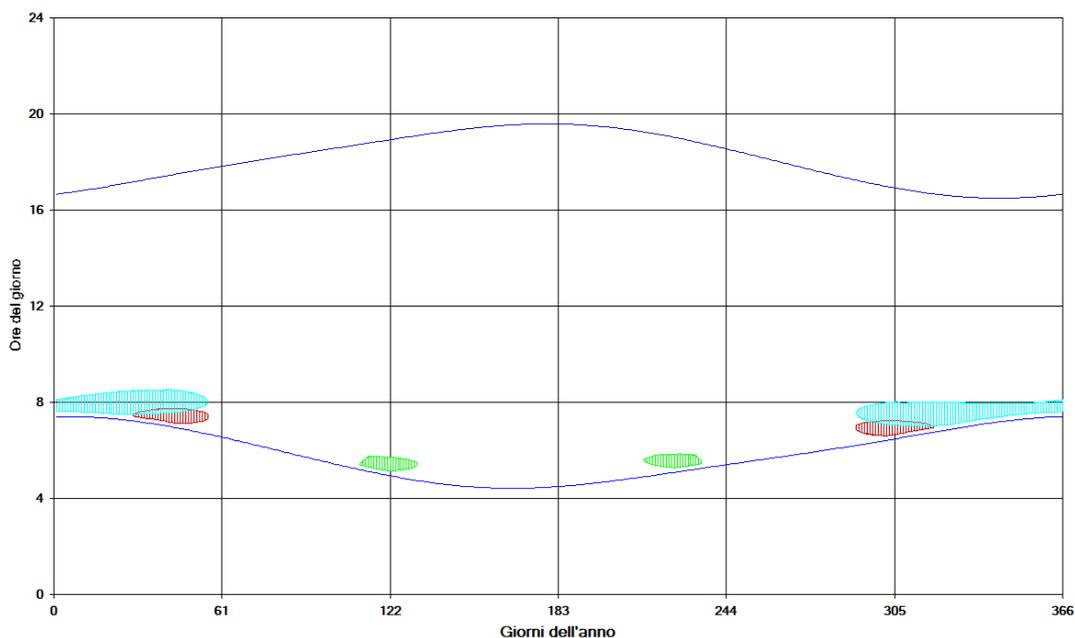


Figura 8 – Calendario dell'ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 47

Dalla lettura del calendario in figura 8, si legge facilmente che, presso il fabbricato 47, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa degli aerogeneratori:

- WTG SG03 NEW dal 1° gennaio al 25 febbraio e dal 17 ottobre al 31 dicembre tra le ore 07:00 e le 08:30 (macchia celeste);
- WTG SG05 NEW dal 29 gennaio al 25 febbraio e dal 17 ottobre al 14 novembre tra le ore 06:35 e le 07:45 (macchia bordeaux);
- WTG SG13 NEW dal 20 aprile all'11 maggio e dal 1° agosto al 22 agosto tra le ore 05:10 e le 05:50 (macchia verde chiaro).

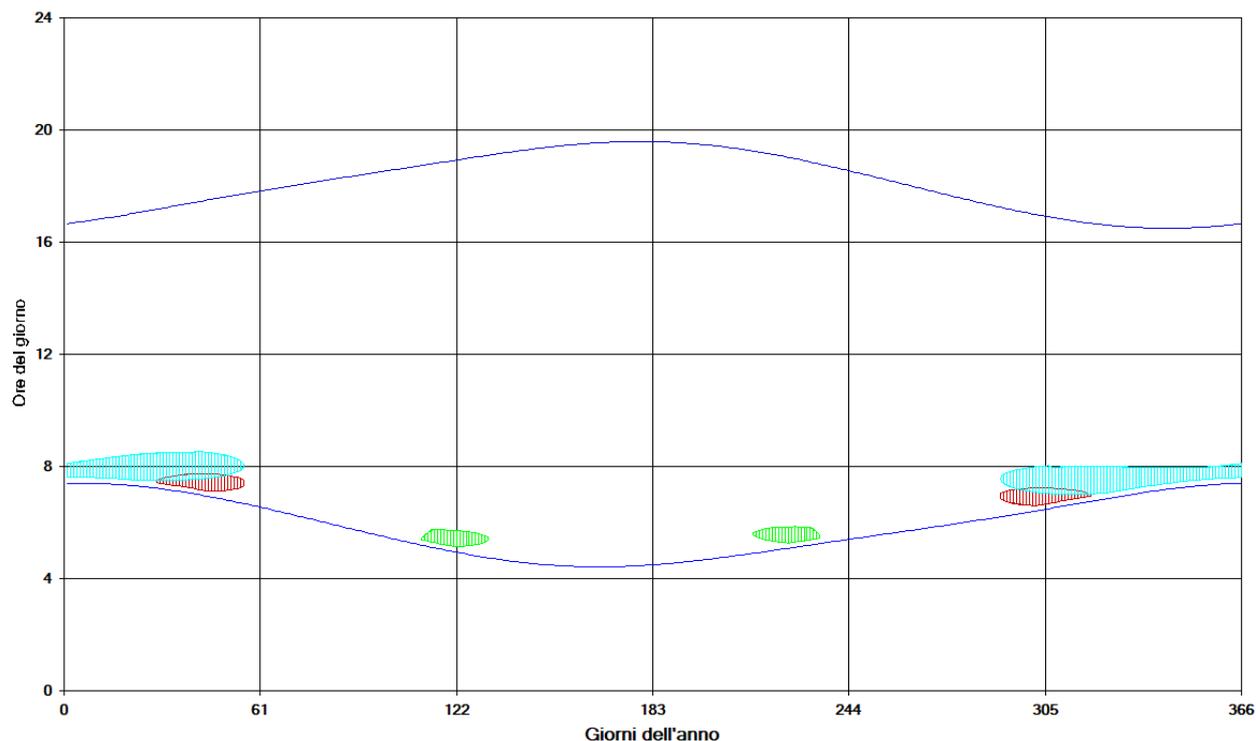


Figura 9 – Calendario dell'ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 48

Dalla lettura del calendario in figura 9, si legge facilmente che, presso il fabbricato 48, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa degli aerogeneratori:

- WTG SG03 NEW dal 1° gennaio al 19 febbraio e dal 23 ottobre al 31 dicembre tra le ore 07:10 e le 08:40 (macchia celeste);
- WTG SG05 NEW dal 23 gennaio al 22 febbraio e dal 20 ottobre al 20 novembre tra le ore 06:40 e le 07:50 (macchia bordeaux);
- WTG SG13 NEW dal 13 aprile all'11 maggio e dal 2 agosto al 29 agosto tra le ore 05:10 e le 05:50 (macchia verde chiaro).

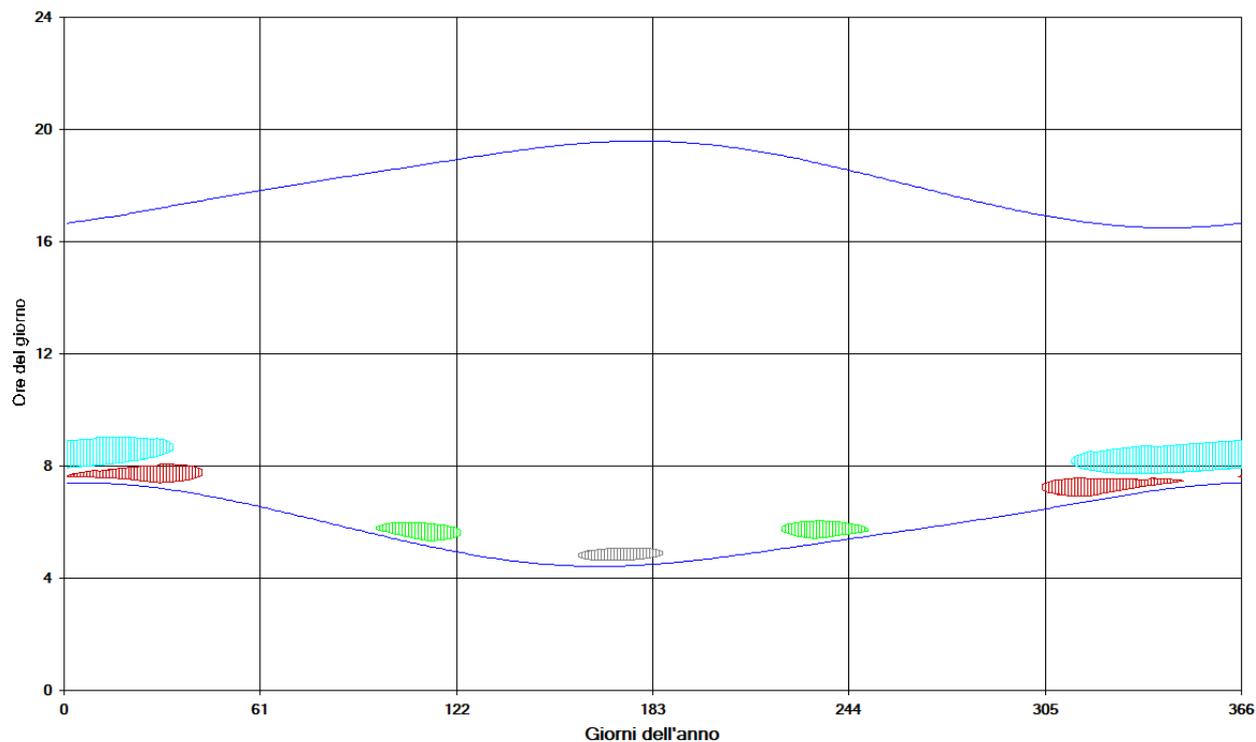


Figura 10– Calendario dell'ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 51

Dalla lettura del calendario in figura 10, si legge facilmente che, presso il fabbricato 51, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa degli aerogeneratori:

- WTG SG03 NEW dal 1° gennaio al 3 febbraio e dal 8 novembre al 31 dicembre tra le ore 07:43 e le 08:35 (macchia celeste);
- WTG SG05 NEW dal 1° gennaio al 12 febbraio e dal 30 ottobre al 31 dicembre tra le ore 06:55 e le 08:05 (macchia bordeaux);
- WTG SG11 NEW dall'8 giugno al 4 luglio tra le ore 04:35 e le 05:05 (macchia grigia);
- WTG SG13 NEW dal 6 aprile al 2 maggio e dal 10 agosto al 6 settembre tra le ore 05:20 e le 06:00 (macchia verde chiaro).

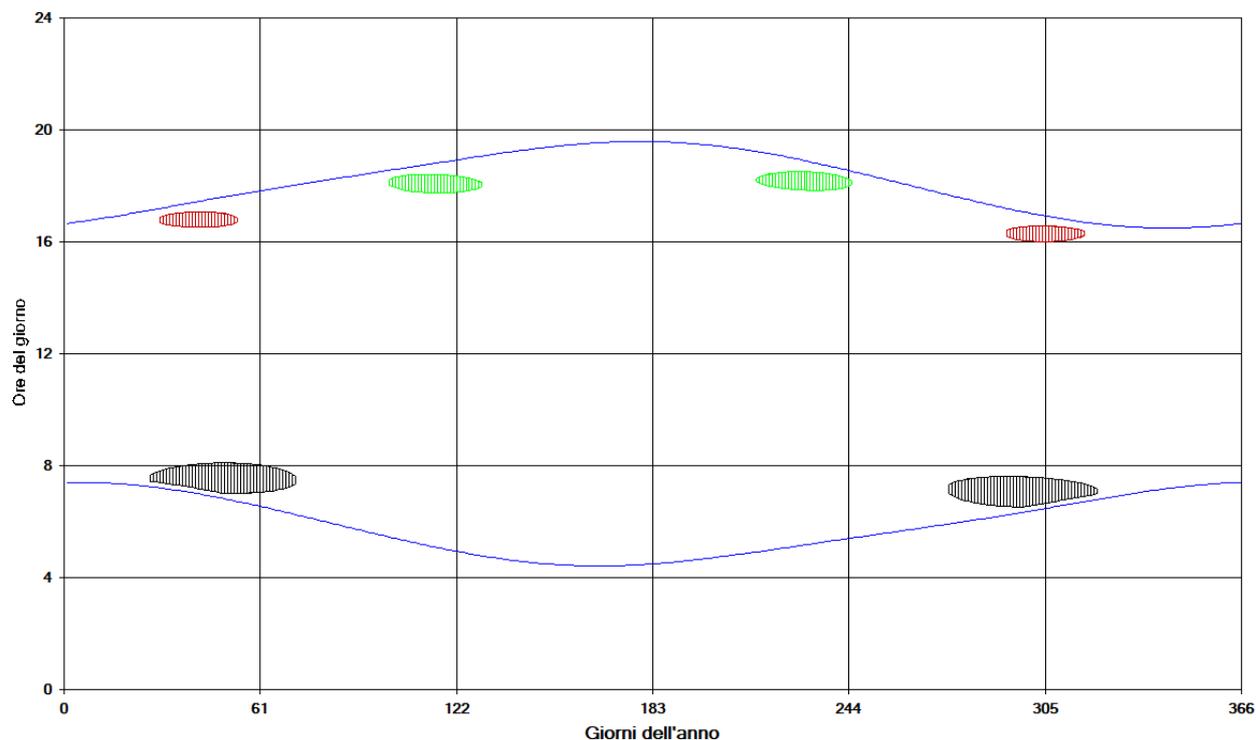


Figura 11– Calendario dell'ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 61

Dalla lettura del calendario in figura 11, si legge facilmente che, presso il fabbricato 61, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa degli aerogeneratori:

- WTG SG05 NEW dal 30 gennaio al 23 febbraio e dal 19 ottobre al 12 novembre tra le ore 16:00 e le 17:05 (macchia bordeaux);
- WTG SG13 NEW dal 10 aprile al 9 maggio e dal 2 agosto al 1° settembre tra le ore 17:44 e le 18:30 (macchia verde chiaro);
- WTG SG15 NEW dal 27 gennaio al 12 marzo e dal 1° ottobre al 16 novembre tra le ore 06:30 e le 08:30 (macchia nera).

4. CONCLUSIONI

A seguito di quanto descritto nei paragrafi precedenti si può concludere che, pur considerando 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 all'eventuale presenza di ostacoli e/o vegetazione interposti tra il sole e la finestra, il fenomeno dello shadow flickering si potrebbe verificare esclusivamente su 22 abitazioni (si veda tabella 4), incidendo in maniera trascurabile, in quanto il valore atteso è per tutti i recettori inferiore a 86 ore l'anno, e per la maggior parte di essi inferiore a 50 ore l'anno.

Va altresì sottolineato che:

- la velocità di rotazione delle turbine previste in progetto SIEMENS-GAMESA SG 6.2-170 è nettamente inferiore a 60 rpm, frequenza massima raccomandata al fine di ridurre al minimo i fastidi e soddisfare le condizioni di benessere;
- le turbine in progetto che causano il fenomeno dell'ombreggiamento sono molto distanti dai recettori. In tali circostanze l'effetto dell'ombra è trascurabile poiché il rapporto tra lo spessore della pala e la distanza dal fabbricato è molto ridotto;
- una stima più approfondita del fenomeno, formulata tenendo conto della posizione del piano di rotazione delle pale in relazione alle direzioni dei venti attese, porterebbe ad un ulteriore abbattimento dei valori di shadow flickering sopra esposti.

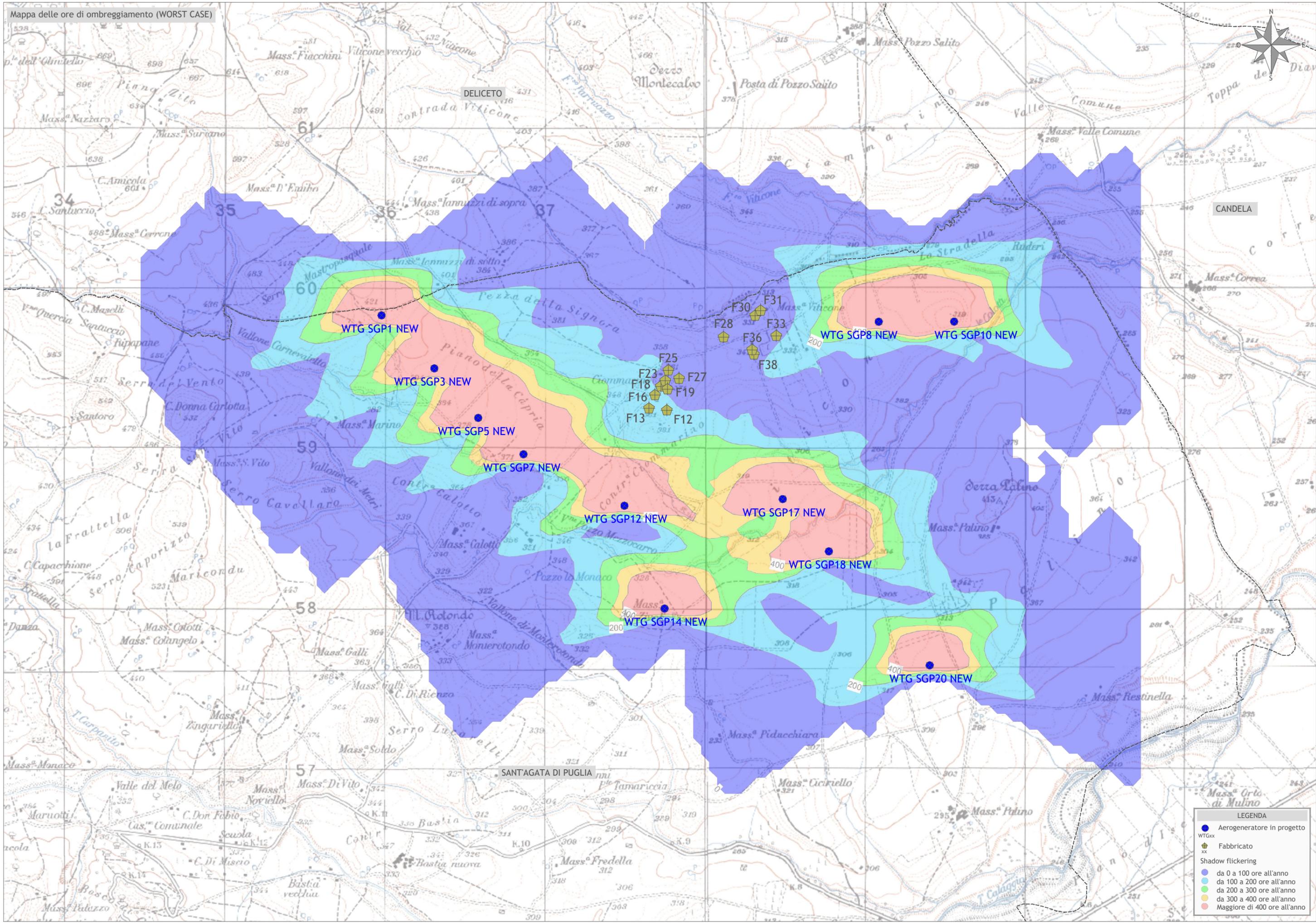
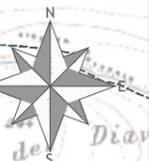
5. ALLEGATI

- Mappa delle ore di ombreggiamento (WORST CASE)

Progettista

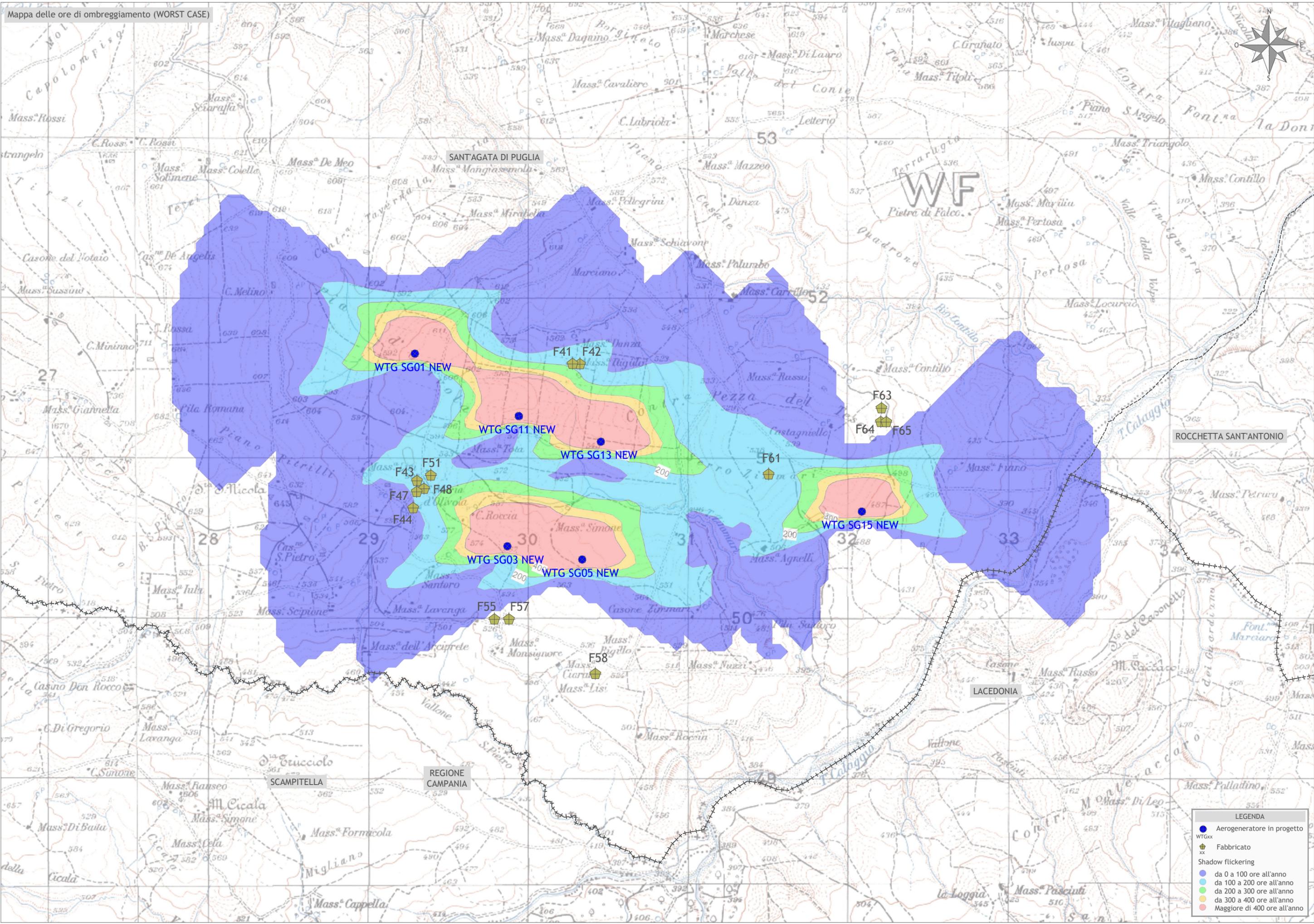
(ing. Massimo LO RUSSO)





LEGENDA

- Aerogeneratore in progetto
- WTG_{xx}
- ◆ Fabbricato
- xx
- Shadow flickering
- da 0 a 100 ore all'anno
- da 100 a 200 ore all'anno
- da 200 a 300 ore all'anno
- da 300 a 400 ore all'anno
- Maggiore di 400 ore all'anno



LEGENDA

- Aerogeneratore in progetto
- WTGxx
- ✦ Fabbricato
- xx
- Shadow flickering
 - da 0 a 100 ore all'anno
 - da 100 a 200 ore all'anno
 - da 200 a 300 ore all'anno
 - da 300 a 400 ore all'anno
 - Maggiore di 400 ore all'anno