



Nuovo impianto per la produzione
di energia da fonte eolica
nei Comuni di Sassari e Porto Torres
(SS)

RELAZIONE SULLO SHADOW-FLICKERING

Rev. 00

Data: 14 gennaio 2020

WIND006.REL010

Committente:

Ecowind 3 S.r.l.
via Alessandro Manzoni n. 30
20121 MILANO (MI)
C. F. e P. IVA: 11437650960
PEC: ecowind3srl@legalmail.it

Incaricato:

Queequeg Renewables, ltd
Unit 3.21, 1110 Great West Road
TW80GP London (UK)
Company number: 111780524
email: mail@quenter.co.uk

Indice

1. Introduzione	4
2. Metodologia	5
2.1 Specifiche aerogeneratori	6
2.2 Modello digitale di elevazione (DEM).....	6
2.3 Recettori.....	6
2.4 Eliofania e distribuzione dei venti.....	8
2.5 Effetti cumulativi	9
3. Risultati finali	10
3.1 Recettori.....	10
3.2 Strade	16
4. Conclusioni.....	17
5. Appendice.....	18

1. Introduzione

La presente relazione espone l'analisi dell'evoluzione dell'ombra giornaliera generata dalla presenza degli aerogeneratori del parco eolico proposto, denominato "Sa Corredda" (Comune di Sassari), così come richiesto nell'allegato alla D.G.R n.3/17 del 16/01/09, "Studio per l'individuazione delle aree in cui ubicare gli impianti eolici. Lo studio prende in considerazione la formazione di ghiaccio sulle strade e lo sfarfallio dell'ombra (shadow flicker) sugli edifici (di seguito recettori) presenti nell'ambiente circostante al parco.

La formazione di ghiaccio costituisce un pericolo per gli utilizzatori delle strade, e si presenta tipicamente zone montane, pedemontane o appenniniche. L'analisi è limitata alle strade statali e provinciali e alle principali strade comunali che attraversano l'area vasta del parco.

Lo sfarfallio dell'ombra si presenta quando la pala di una turbina interposta tra un recettore e il sole "taglia" il fascio luminoso, producendo un alternarsi di ombra e luce. A seconda della frequenza di sfarfallio questo fenomeno può indurre attacchi epilettici su soggetti predisposti. È stato mostrato¹ che frequenze di sfarfallio inferiori a 3 Hz non pongono un rischio su soggetti fotosensitivi².

Pertanto in questo studio si prenderà tale valore come riferimento.

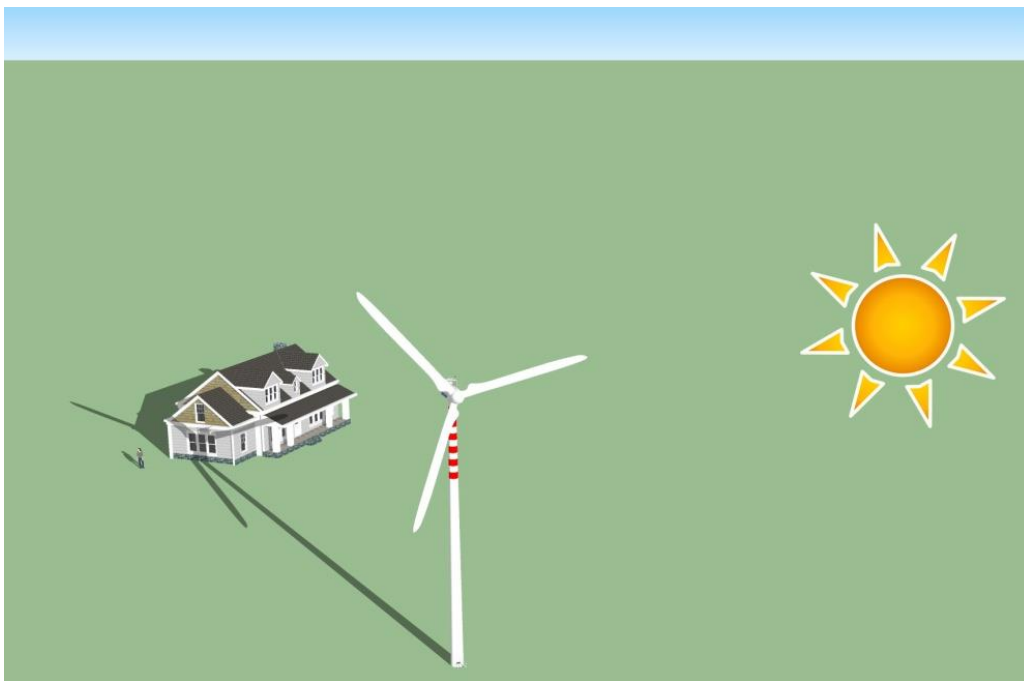


Figura 1: rappresentazione grafica del fenomeno di ombreggiamento.

¹ Harding et al doi:10.1111/j.1528-1167.2008.01563.x

² Ovvero il rischio cumulativo di attacco epilettico è inferiore a 17 persone per milione di soggetti fotosensitivi quando la frequenza di sfarfallio è inferiore a 3 Hz.

Allo stato attuale solo la Germania possiede linee-guida dettagliate sui limiti e sulle condizioni per il calcolo dell'impatto dell'ombra e sono consultabili nel documento "Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen" (WEA-Shattenwurf-Hinweise). Una condizione necessaria affinché si verifichi il fenomeno dello sfarfallio in un dato recettore è che, da quel sito, la dimensione angolare delle pale sia paragonabile alla dimensione angolare del sole, in quanto se la dimensione relativa della pala è piccola rispetto al sole, questa non produce ombra percettibile sul recettore. Seguendo le linee guida tedesche, si pone la soglia di 1/5 come rapporto minimo tra la dimensione angolare della pala e la dimensione angolare del sole perché si possa verificare lo sfarfallio in un certo sito.

I problemi sopra esposti non sussistono qualora (linee guida tedesche):

Il recettore subisca meno di 30 ore/anno di ombra da parte degli aerogeneratori;
per ogni giorno dell'anno, il recettore subisca meno di 30 minuti di ombra.

Inoltre le linee guida specificano che gli ombreggiamenti diventano rilevanti solamente quando si considerano i recettori comportanti attività residenziali e lavorative stabili "... è auspicabile – che l'effetto flickering - si mantenga al di sotto delle 30 ore/anno in presenza di attività lavorative statiche, tipo ufficio, scuole, ospedali, interessate direttamente da impatto".

Questa indicazione è legata al fatto che all'interno di un edificio adibito a uffici, le postazioni di lavoro sono generalmente fisse, pertanto se l'edificio con pareti finestrate risulta prospiciente all'impianto eolico, chiaramente lo sfarfallio delle ombre oltre certi limiti può costituire un problema per quei lavoratori che si ritrovino con le loro postazioni proprio davanti alle pareti vetrate. Viceversa, lo sfarfallio diventa irrilevante per tutte i recettori di tipo non residenziale e dedicati ad attività che non richiedono un'assidua presenza in una stazione fissa, come ad esempio le attività agricole e agropastorali, nelle quali il personale addetto si muove in continuazione all'interno dei terreni per svolgere le proprie mansioni.

2. Metodologia

Tramite una simulazione numerica con il software WindPro sono stati stimati il quantitativo di ombra annuale, il valore massimo di ombra giornaliera e i periodi di ombra (quali ore della giornata e quali periodi dell'anno) per ogni recettore. Queste grandezze dipendono dalla posizione dei

recettori e dalla loro tipologia, dalla dimensione e posizione degli aerogeneratori, dall'eliofania, dall'orografia e dalla distribuzione dei venti.

2.1 Specifiche aerogeneratori

Il modello di aerogeneratori scelto è SGRE 170 Siemens Gamesa, con potenza installata di 6,6 MW, altezza al mozzo di 135 m e altezza totale all'apice di 220 m. La singola pala ha una lunghezza 83,33 m (85 m se si considera il raggio dell'area spazzata dalla pala e quindi considerando la lunghezza a partire dal centro del mozzo) e possiedono larghezza massima di 4.5m. La velocità massima di rotazione del rotore è pari a 12 rpm.

2.2 Modello digitale di elevazione (DEM)

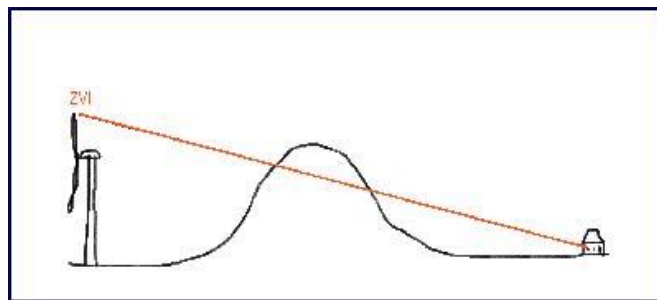


Figura 2 Occlusione visiva dell'aerogeneratore rispetto al recettore, a causa dell'andamento orografico.

Il modello digitale di elevazione (DEM) utilizzato per effettuare le simulazioni con il software WindPro è quello fornito dalla Regione Sardegna³, con risoluzione 10 m. Inoltre si è ipotizzata l'altezza degli occhi di un generico osservatore pari a 1.6 m. L'orografia può determinare l'occlusione della vista degli aerogeneratori da parte dei recettori (Figura 2) ed in questi casi non viene considerato il possibile effetto di ombreggiamento.

2.3 Recettori

I recettori residenziali che si trovano in prossimità del parco, entro 1 km di distanza, sono riportati in Tabella 1 con le relative informazioni catastali e la loro localizzazione rispetto al parco. I recettori sono suddivisi in due tipologie: residenziali e non residenziali. In via conservativa è stato considerato

³ <http://www.sardegnageoportale.it/webgis2/sardegnamappe/>

il caso peggiore, ovvero che tutti i recettori residenziali siano delle serre sferiche (green house) ovvero che tutte le pareti siano trasparenti e che siano ortogonali a tutti gli aerogeneratori. In questo modo la simulazione fornisce una sovrastima degli effetti di ombra delle turbine sui recettori. Se i risultati non indicano superamenti dei limiti indicati nelle linee guida, non si procede oltre, in caso contrario può essere necessario procedere a delle verifiche di dettaglio considerando le reali aperture dei ricettori (dimensioni ed orientazioni di finestre e porte).

Nome	Tipologia	E GB (m)	N GB (m)	Altitudine (m)	WTG più vicina	Distanza WTG più vicina (m)
R03	Residenziale	1438912	4511650	150	WTG001	716
R04	Residenziale	1441470	4515629	115	WTG014	505
R05	Residenziale	1441544	4515640	125	WTG014	503
R08	Residenziale	1441536	4515634	124	WTG014	498
R10	Residenziale	1440053	4514740	92	WTG004	747
R11	Residenziale	1441329	4515671	93	WTG014	595
R12	Residenziale	1440037	4514745	93	WTG004	731
R13	Residenziale	1439997	4514717	94	WTG004	694
R14	Residenziale	1440044	4514710	92	WTG004	741
R16	Residenziale	1440001	4514691	93	WTG004	701
R17	Residenziale	1440062	4514765	92	WTG004	755
R18	Residenziale	1440078	4514798	91	WTG004	770
R19	Residenziale	1440718	4515800	68	WTG006	756
R20	Residenziale	1439942	4515013	122	WTG005	585
R23	Residenziale	1441303	4515664	92	WTG014	601
R24	Residenziale	1441336	4515656	95	WTG014	578
R29	Residenziale	1437417	4511914	136	WTG007	790
R30	Residenziale	1441033	4515516	81	WTG014	678
R39	Residenziale	1437422	4511946	135	WTG007	777
R68	Residenziale	1440076	4514726	90	WTG004	771
R71	Residenziale	1439984	4514658	93	WTG004	690
R72	Residenziale	1439997	4514675	93	WTG004	700

Tabella 1: Recettori residenziali

2.4 Eliofoania e distribuzione dei venti

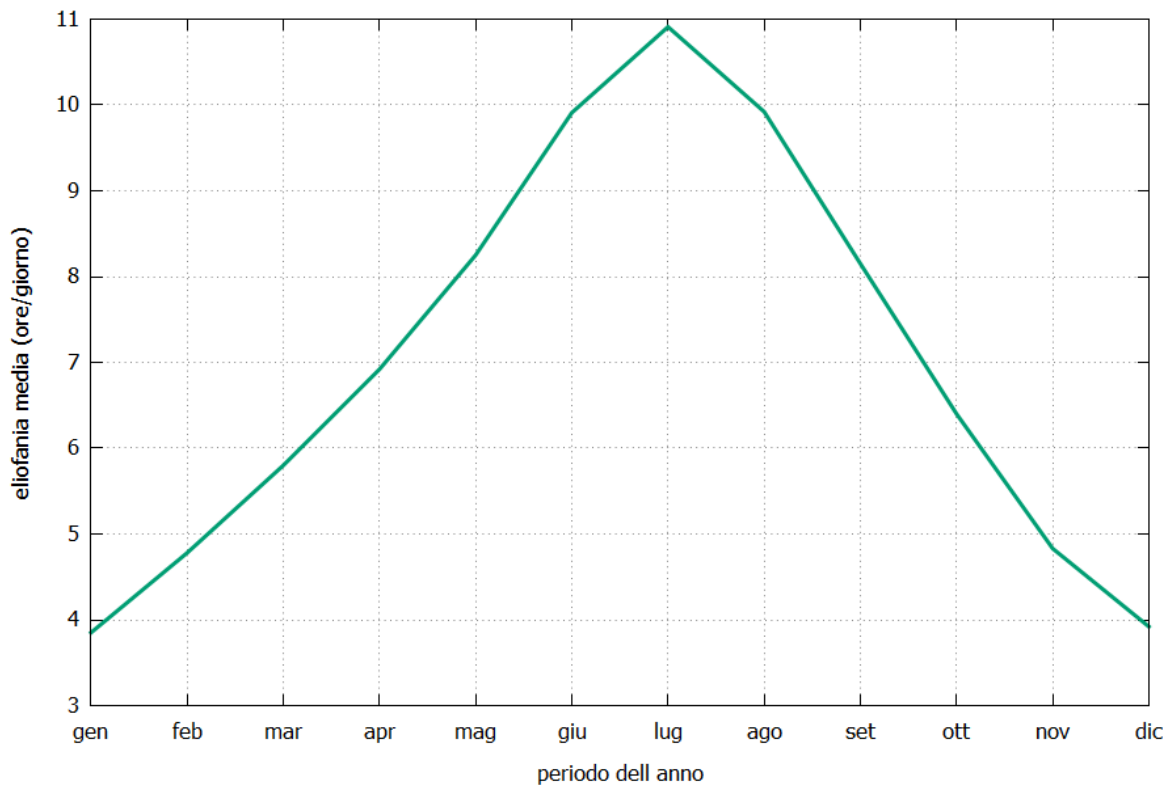


Figura 3 : Eliofoania media. Dati rilevati nella stazione di Alghero.

I problemi dovuti all'ombra degli aerogeneratori sono presenti solamente quando è presente illuminazione diretta del sole (eliofoania). I dati rilevanti nelle nostre simulazioni sono la lunghezza del dì (ovvero le ore presenti tra alba e tramonto, che non dipende dalle condizioni meteo) e le ore di illuminazione diretta. La prima varia con continuità nell'arco dell'anno, senza apprezzabili distinzioni tra le varie zone della Sardegna, mentre la seconda è variabile da zona a zona e dipende da fenomeni a grande scala che influenzano in maniera sostanzialmente uniforme l'intera superficie isolana.

Di conseguenza il valore climatologico dell'eliofoania è da considerarsi lo stesso su tutta la Sardegna (fonte: ARPA Sardegna), e per questo motivo sono stati utilizzati i valori di eliofoania forniti dalla stazione meteorologica di Alghero.

L'ombra che gli aerogeneratori proiettano sui recettori dipende anche dalla direzione del piano di rotazione delle pale; nello specifico, l'ombra è massima quando il piano di rotazione è perpendicolare al recettore. L'orientazione del piano di rotazione è determinato dalla direzione del vento, quindi l'orientazione segue la distribuzione dei venti.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
ore																
attività/anno	350	372	406	451	293	316	135	192	496	654	575	406	496	744	564	383

Tabella 2 Rosa dei venti. Valori scalati su un anno di attività, ovvero su un totale di 6832 ore.

Nella simulazione questo fattore è preso in considerazione, in modo da diminuire o aumentare l'ombra a seconda dell'orientamento relativo tra il piano di rotazione delle pale e i recettori. In Figura 4 Rosa dei venti per la località Sa Corredda. è riportata la rosa dei venti in unità arbitrarie e in Tabella 2 la distribuzione dei venti normalizzata rispetto ad un anno di attività, ovvero al 78% di un anno, che rappresenta il tempo medio di attività del parco. Questo quantitativo di ore è quello che viene inserito come input nella simulazione per determinare la porzione di tempo nella quale una turbina ruota in una specifica direzione.

Tutte le considerazioni esposte tengono conto dei risultati delle simulazioni realistiche, ovvero simulazioni basate sull'eliofania e sulla distribuzione dei venti (a differenza della simulazione rispetto al caso peggiore in cui non se ne tiene conto).

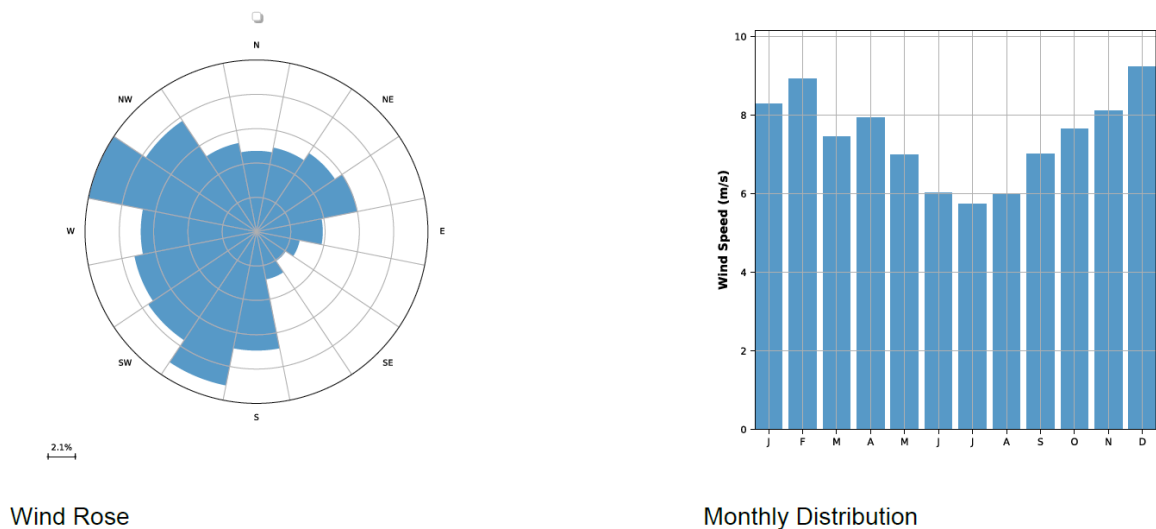


Figura 4 Rosa dei venti per la località Sa Corredda.

2.5 Effetti cumulativi

La simulazione è stata in seguito ripetuta tenendo conto degli effetti cumulativi generati dalla presenza degli altri aerogeneratori esistenti adiacenti al parco in proposta.

3. Risultati finali

3.1 Recettori

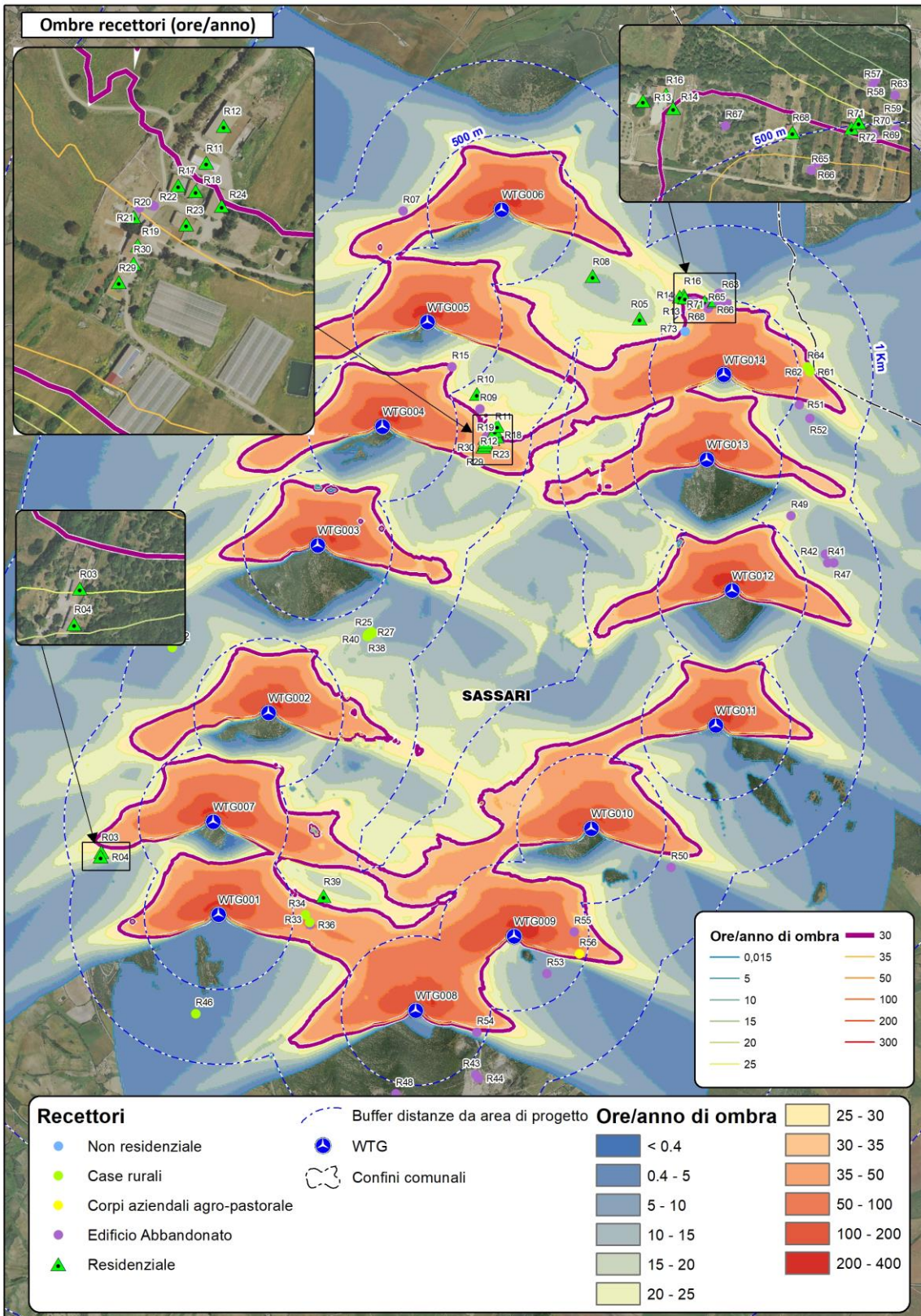


Figura 5: Ore di ombra totale all'anno su ortofoto. Sono presenti tutti i recettori. I triangoli verdi mostrano I recettori residenziali. L'isolinea viola delimita al suo interno regioni con ombra>30 ore/anno e al suo esterno regioni con ombra<30 ore/anno.

Nome	Ombra (ore/anno)	ombra max giornaliera (min/giorno)	Giornate di ombra (giorno/anno)
R03	26	19	135
R04	22	17	123
R05	18	19	123
R08	15	12	138
R10	23	23	146
R11	29	24	177
R12	27	20	177
R13	29	15	182
R14	30	16	185
R16	29	15	179
R17	31	26	168
R18	31	25	171
R19	39	27	210
R20	36	28	183
R23	33	27	186
R24	30	25	174
R29	44	28	204
R30	43	27	204
R39	24	17	176
R68	32	17	185
R71	28	16	185
R72	26	15	179

Tabella 3: Ombra proiettata sui recettori.

In Figura 5 sono riportati i risultati della simulazione di ore totali di ombra all'anno. I relativi valori sono tabulati in Tabella 3. I recettori residenziali R17, R18, R19, R21, R23, R24, R29, R30, e i recettori R14, R68 ricadono dentro la zona ad alto impatto con ombra totale annuale > 30 ore/anno. I dati sono riportati in tabella Tabella 3: Ombra proiettata sui recettori.. Notiamo che il recettore residenziale che subisce più ombra è R29 con un ombra di 44 ore/anno.

In figura 6 è riportato l'effetto cumulativo, che tiene conto del contributo sia del parco proposto che di tutti gli aerogeneratori già presenti o con V.I.A. positiva nel territorio in cui il parco si inserisce. La figura mostra che le isolinee sono identiche in prossimità di tutti i recettori residenziali considerati, pertanto concludiamo che è assente un effetto cumulativo del parco in proposta con i parchi già esistenti o con V.I.A. positiva. Per questo motivo di seguito consideriamo gli effetti di ombra e flickering dovuti solamente al parco proposto.

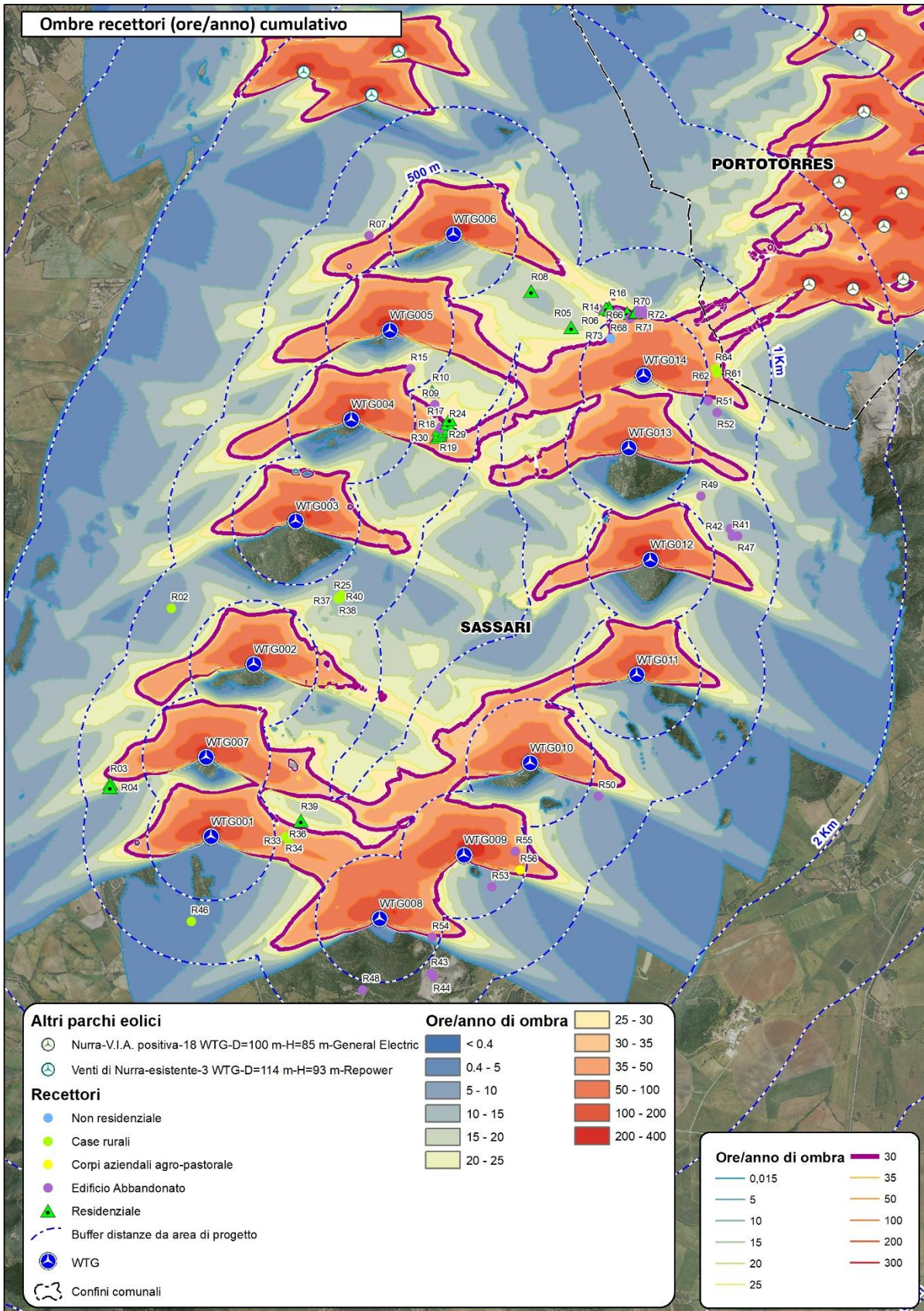


Figura 6 Ore di ombra all'anno. Effetto cumulativo del parco proposto in blu e dei parchi già esistenti o con V.I.A. positiva.

Il calendario grafico in Figura 7 mostra i periodi dell'anno e le ore alle quali i recettori sono interessati dall'ombra delle WTG nel caso peggiore, ovvero senza tenere conto dell'eliofania e della rosa dei venti. I recettori R14 e R68, che ricadono nella zona con ombreggiatura > 30 ore/anno sono soggette all'ombra delle torri WTG005, WTG006, WTG014 in diversi periodi dell'anno, e comunque sempre meno di 30 min/giorno (nel caso realistico). Non vi è mai sovrapposizione di ombre di queste torri sui recettori R14 e R68, ovvero l'ombra su questi recettori è sempre dovuta ad una torre per volta. Questo esclude la presenza di flickering nei recettori R14 e R68. Infatti, considerata la modesta velocità massima di rotazione delle pale (12 rpm), è necessario che diverse pale siano allineate e che contemporaneamente proiettino la loro ombra su un recettore affinché si verifichi il fenomeno del flickering.

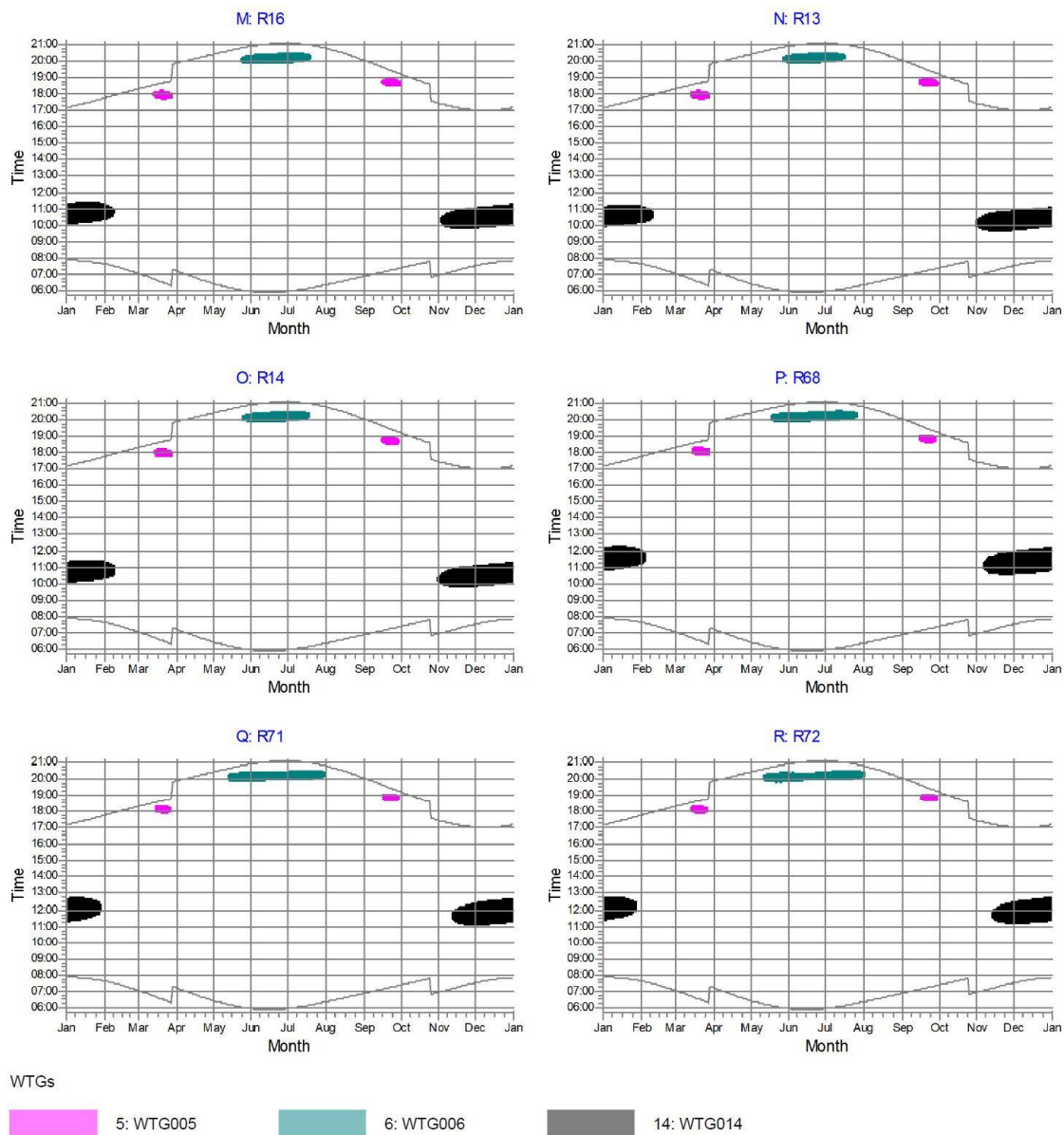


Figura 7 Calendario grafico ombre per ogni recettore al caso peggiore, senza tenere conto di eliofania e rosa dei venti. Le linee continue indicano l'ora di alba e tramonto. Le macchie colorate indicano il periodo dell'anno e le ore nelle quali i recettori sono interessati dall'ombra di una WTG. I recettori critici sono R14 e R68.

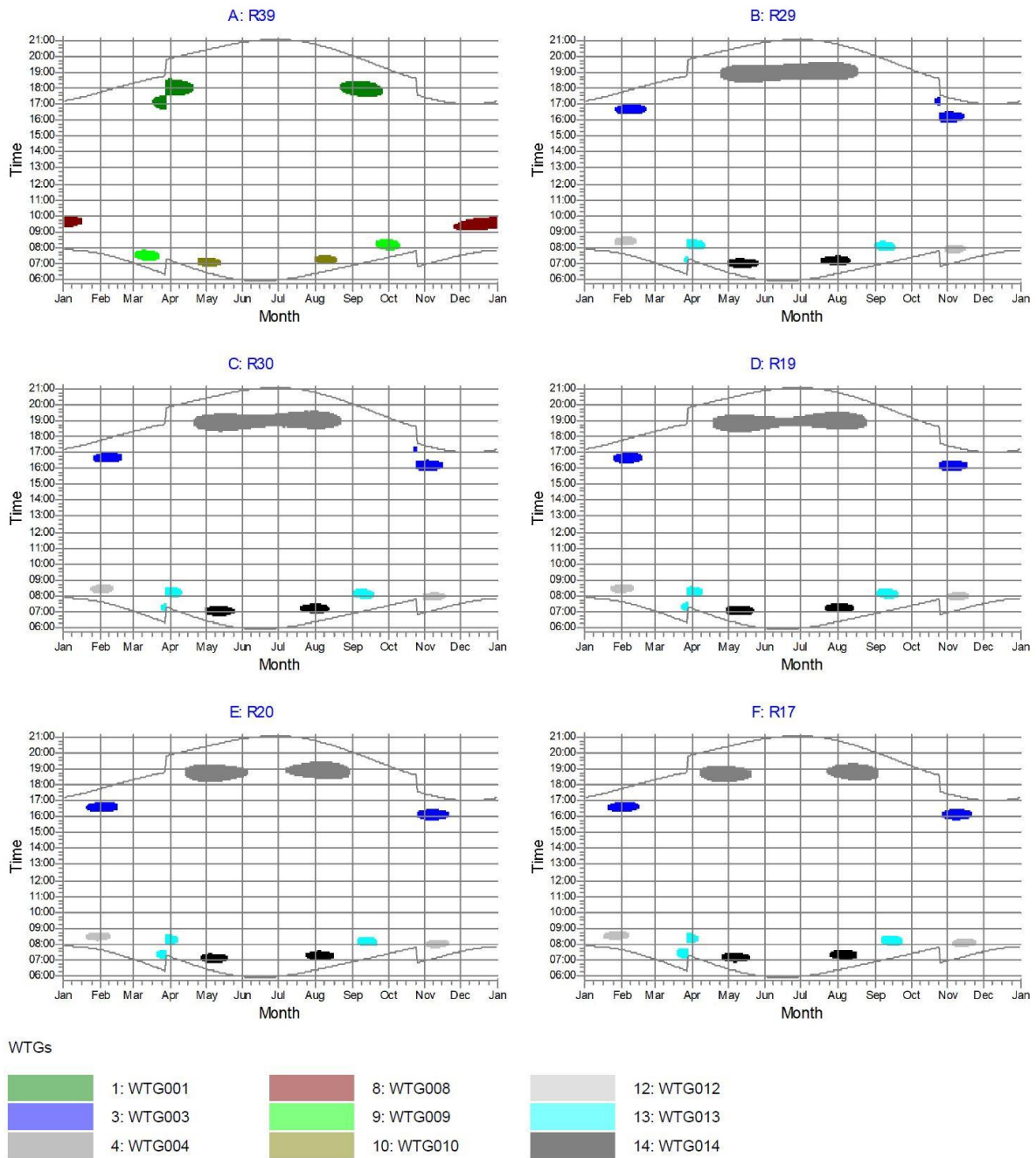


Figura 8 Calendario grafico ombre per ogni recettore al caso peggiore, senza tenere conto di eliofanìa e rosa dei venti. Le linee continue indicano l'ora di alba e tramonto. Le macchie colorate indicano il periodo dell'anno e le ore nelle quali i recettori sono interessati dall'ombra di una WTG. I recettori critici sono R17,R19,R29,R30.

Si considerino i calendari grafici per i recettori R17, R19, R29, R30 in Figura 9; questi sono molto simili tra loro come pure quelli per i recettori R18, R21, R23, R24 in quanto sono tutti vicini tra loro (figura Figura 5). Questo gruppo di recettori subisce ombra da parte delle turbine WTG003, WTG004, WTG012, WTG013, WTG014. Anche in questo caso non vi è sovrapposizione congiunta di ombre da parte di queste turbine. Si conclude, come nel caso precedente, che secondo la simulazione nessun fenomeno di flickering può manifestarsi nei recettori residenziali considerati.

La figura Figura 9 riporta il massimo numero di minuti di ombra percepita dai recettori in un singolo giorno realisticamente; si può osservare che nessun recettore residenziale ricade sotto la soglia dei 30 min/giorno secondo le linee guida esposte nel Capitolo 1.

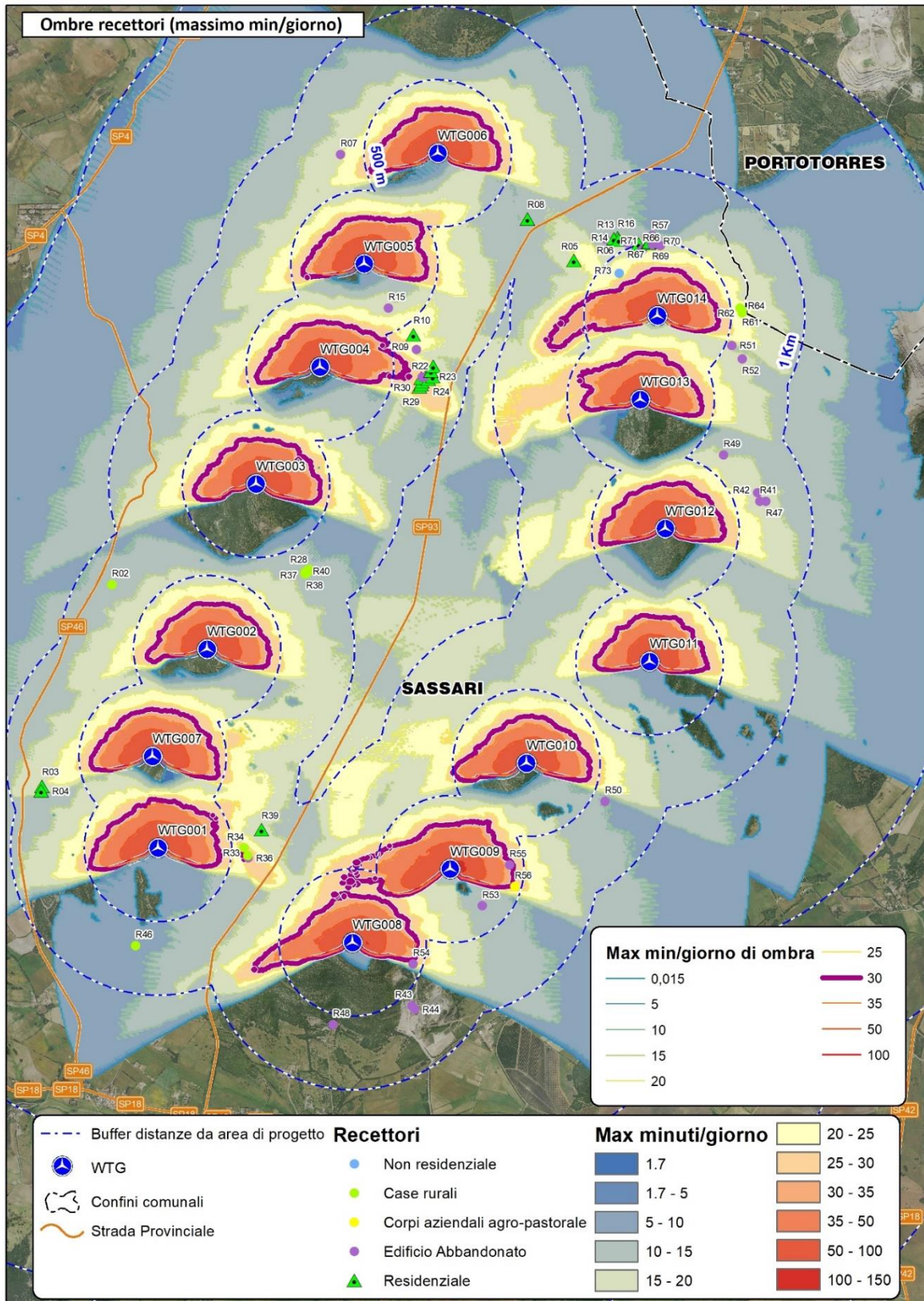


Figura 9: numero massimo di minuti di ombra in un singolo giorno. Tutti i recettori residenziali ricadono nella zona a basso impatto. Caso realistico. Sono riportate le principali strade provinciali comunali e statali, delle quali nessuna ricade nella zona ad alto impatto.

3.2 Strade

Le strade provinciali e statali sono riportate in figura 9. Le strade provinciali più vicine al parco sono la SP 46 e la SP 93, che non attraversano nessuna regione con ombra giornaliera > 30 min/giorno e quindi il parco proposto non contribuisce all'eventuale formazione di ghiaccio sulle strade circostanti.

4. Conclusioni

I recettori residenziali R17, R18, R19, R21, R23, R24, R29, R30, R14, R68 ricadono all'interno dell'area con ombra > 30 ore/anno (caso reale). Tuttavia nessuno di essi subisce l'ombra di più turbine contemporaneamente (subiscono solamente l'ombra di una turbina per volta), e a causa della modesta velocità massima di rotazione delle pale (12 rpm = 0.6 Hz contando le 3 pale), nessuno dei recettori considerati è soggetto al fenomeno di flickering. Inoltre i recettori residenziali considerati subiscono un'ombra giornaliera < 30 minuti/giorno. Di conseguenza, seguendo le linee guida precedentemente esposte, nessuno dei recettori ricade in zone ad alto impatto, cosicché non si ritiene necessario proporre interventi di mitigazione.

Le strade provinciali e statali adiacenti al parco attraversano zone a basso impatto (ombra < 30 minuti/giorno) per cui il parco proposto non presenta criticità per la formazione di ghiaccio sulle strade.

Dalla simulazione software delle ombre emerge che la soglia di 30 h/anno indicata dalle linee guida tedesche viene superata in alcuni fabbricati rurali, ma per essi il fenomeno non risulta critico in quanto non si fa riferimento ad ambienti in cui i lavoratori permangono continuamente in una determinata posizione rispetto alle WTG, pertanto non si è proceduto con l'analisi di dettaglio.

5. Appendice

Si riportano in appendice il censimento dei recettori e il calendario grafico e tabellare per ogni recettore e per ogni turbina. Le metodologie di lettura delle tabelle e dei grafici sono state espone nei precedenti paragrafi.

ID	Tipologia	Est GB (m)	Nord GB (m)
R02	Case rurali	1437896	4513317
R03	Residenziale	1437422	4511946
R04	Residenziale	1437417	4511914
R05	Residenziale	1441033	4515516
R06	Edificio Abbandonato	1441244	4515663
R07	Edificio Abbandonato	1439446	4516238
R08	Residenziale	1440718	4515800
R09	Edificio Abbandonato	1439962	4514913
R10	Residenziale	1439942	4515013
R11	Residenziale	1440062	4514765
R12	Residenziale	1440078	4514798
R13	Residenziale	1441303	4515664
R14	Residenziale	1441336	4515656
R15	Edificio Abbandonato	1439772	4515195
R16	Residenziale	1441329	4515671
R17	Residenziale	1440037	4514745
R18	Residenziale	1440053	4514740
R19	Residenziale	1440001	4514691
R20	Residenziale	1439997	4514717
R21	Edificio Abbandonato	1440002	4514724
R22	Edificio Abbandonato	1440015	4514726
R23	Residenziale	1440044	4514710
R24	Residenziale	1440076	4514726
R25	Case rurali	1439239	4513409
R26	Case rurali	1439244	4513412
R27	Case rurali	1439220	4513401
R28	Case rurali	1439223	4513411
R29	Residenziale	1439984	4514658
R30	Residenziale	1439997	4514675
R31	Case rurali	1439235	4513420
R33	Case rurali	1438818	4511476
R34	Case rurali	1438792	4511527
R36	Edificio Abbandonato	1438821	4511459
R37	Case rurali	1439207	4513399
R38	Case rurali	1439213	4513390
R39	Residenziale	1438912	4511650
R40	Case rurali	1439205	4513390
R41	Edificio Abbandonato	1442294	4513881
R42	Edificio Abbandonato	1442279	4513941
R43	Edificio Abbandonato	1439932	4510454
R44	Edificio Abbandonato	1439950	4510430

ID	Tipologia	Est GB (m)	Nord GB (m)
R46	Case rurali	1438056	4510864
R47	Edificio Abbandonato	1442334	4513882
R48	Edificio Abbandonato	1439397	4510328
R49	Edificio Abbandonato	1442048	4514197
R50	Edificio Abbandonato	1441243	4511844
R51	Edificio Abbandonato	1442104	4514941
R52	Edificio Abbandonato	1442174	4514850
R53	Edificio Abbandonato	1440410	4511134
R54	Edificio Abbandonato	1439941	4510739
R55	Edificio Abbandonato	1440594	4511412
R56	Corpi aziendali agro-pastorale	1440630	4511266
R57	Edificio Abbandonato	1441560	4515682
R58	Edificio Abbandonato	1441563	4515688
R59	Edificio Abbandonato	1441573	4515643
R60	Edificio Abbandonato	1441618	4515619
R61	Case rurali	1442173	4515178
R62	Case rurali	1442175	4515162
R63	Edificio Abbandonato	1441585	4515671
R64	Case rurali	1442158	4515194
R65	Edificio Abbandonato	1441491	4515587
R66	Edificio Abbandonato	1441498	4515595
R67	Edificio Abbandonato	1441395	4515637
R68	Residenziale	1441470	4515629
R69	Edificio Abbandonato	1441562	4515627
R70	Edificio Abbandonato	1441586	4515632
R71	Residenziale	1441536	4515634
R72	Residenziale	1441544	4515640
R73	Non residenziale	1441338	4515431