

COMUNI DI BORGIA E SAN FLORO
PROVINCIA CATANZARO



PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO "E90"

Elaborato: E90_AMB_R13

Scala:

Data: 19/05/2023

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

COMMITTENTE:

ENERGIA LEVANTE s.r.l.
Via Luca Gaurico – Regus Eur - Cap 00143 ROMA
P.IVA 10240591007 - REA RM1219825 - energialevantesrl@legalmail.it
SOCIETA' DEL GRUPPO



sse
Renewables

For a better
world of energy

www.sserenewables.com Tel +39 0654832107

PROFESSIONISTA:

Ing. Andrea Bartolazzi

N°REVISIONE	DATAREVISIONE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO	NOTE
	19/05/2023			Ing. Mercurio	

E' vietata la copia anche parziale del presente elaborato

Analisi di shadow flickering del progetto di parco eolico "E90" nei comuni di Borgia e San Floro (CZ)

Cliente: ENERGIA LEVANTE SRL SOCIETA' DEL GRUPPO SSE RENEWABLES



SR International s.r.l.

Sede legale: C..so Vittorio Emanuele II, 282-284 – 00186 Roma - +39 06 8079555

Partita IVA e Cod. Fisc. 13457211004 - Capitale Sociale € 10.000.

Azienda con sistema di gestione qualità ISO 9001 certificata da Bureau Veritas Italia S.p.A.

www.studiorinnovabili.it - info@studiorinnovabili.it

Progetto **BRG**
Project

Cliente/Proponente Energia Levante srl
Customer/Developer

Nr. Doc: O22030XXAB Tipo di documento: **R**
Document type:

File: Data: 04.07.2023 Materia: **E**
Date: *Subject:*

REV	DATA	DESCRIZIONE DELLA REVISIONE
	<i>Date</i>	<i>Description of revisions</i>

A	19.04.2023	Versione Finale
---	------------	-----------------

PREPARATO
Prepared
AB, MS

CONTROLLATO
Checked
AB

APPROVATO
Approved

AUTORIZZAZIONE SR International srl
Approval

Copyright © 2019 SR international s.r.l.
Tutti i diritti riservati

Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta, memorizzata in sistemi di recupero o trasmessa in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo elettronico, meccanico, fotocopie, registrazione o altrimenti, senza la previa autorizzazione scritta della società SR international srl.

GLOSSARIO

AC	Corrente alternata
AEEG	Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas
BAT	Migliori Tecniche Disponibili
CIP	Comitato interministeriale dei prezzi
CIPE	Comitato interministeriale programmazione economica
DC	Corrente continua
DGR	Decreto Giunta Regionale
DM	Decreto ministeriale
DPCM	Decreto del Presidente Consiglio dei ministri
ENEL	Operatore locale del sistema di trasmissione
ER	Energia rinnovabile
GHG	Gas ad effetto serra
GME	Gestore del mercato elettrico
IAFR	Domanda da presentare al GSE per iniziare un impianto di ER
MAP	Ministero delle attività produttive
MT	Media tensione
NA	Non ammissibili
NC	Non comunicati
NN	Non necessario
PRG	Piano Regolatore Comunale
RTI	Raggruppamento temporaneo di imprese
SR	Studio Rinnovabili
TERNA	Operatore del sistema di trasmissione nazionale
UTF	Ufficio tecnico di finanza
WTG	Wind Turbine Generator

INDICE

INDICE	5
INDICE FIGURE	5
INDICE TABELLE	5
1. SINTESI E CONCLUSIONI	6
2. PREMESSA	7
3. INTRODUZIONE	7
4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
4.1. Normativa internazionale.....	8
4.2. Normativa nazionale e regionale.....	8
5. IL PROGETTO	8
5.1. Inquadramento territoriale e progettuale	8
5.2. Layout dell’impianto eolico.....	9
5.3. Ricettori interessati	10
6. EFFETTO SHADOW-FLICKERING	16
6.1. Premessa Metodologica	16
6.2. Il software previsionale WindFarm	16
6.3. Impatti cumulati	38
6.4. Mitigazioni degli impatti	38
7. APPENDICE A – DIAGRAMMI RICETTORI / FINESTRE	40

Indice figure

Figura 1 Stralcio su ortofoto con indicazione del progetto e dei ricettori sensibili	9
Figura 2. Dettaglio del layout del parco su mappa orografica	11
Figura 3 Mappa delle ore annuali di occorrenza del fenomeno di shadow flickering - aerogeneratori e ricettori delle 10 nuove turbine previste dal progetto (impatto turbine progetto)	38
Figura 4 Mappa degli eventi presso il ricettore sensibile maggiormente impattato (R39).....	40

Indice tabelle

Tabella 1 – Coordinate aerogeneratori del progetto eolico	10
Tabella 2 – Elenco e direzione finestre per i ricettori.....	15
Tabella 3 – Numero di ore di ombra intermittente	37

1. SINTESI E CONCLUSIONI

Energia Levante ha incaricato Studio Rinnovabili di effettuare una valutazione dell'effetto shadow-flicker di un progetto parco eolico denominato "E90" nei comuni di Borgia e San Floro(CZ) in Calabria.

Nel presente documento si è descritto il quadro generale e normativo riferito dell'ombreggiamento intermittente prodotto degli aerogeneratori sulle strutture e osservatori, ad un determinato periodo del giorno in cui il sole si trova dietro al rotore di un punto di vista dell'osservatore.

Si sono dunque passati in rassegna i possibili ricettori di questo effetto, e si è effettuato il calcolo post-operam dell'esposizione dei ricettori, individuando il tempo in cui si manifesta il disagio per ciascuna finestra dei ricettori nelle vicinanze del parco eolico.

Nel valutare i risultati bisogna considerare che l'aerogeneratore è in rotazione per un tempo limitato e sostanzialmente solo se il vento supera le condizioni di cut-in. Inoltre, le condizioni di insolazione con luce diretta sono limitate anche esse ad una porzione del tempo totale. Considerando queste due situazioni congiuntamente si riduce fortemente il tempo in cui il disagio si manifesta.

Risultano interessate dal fenomeno un numero di 93 pareti di ricettori, per un massimo di 125 ore presso le pareti Nord ed Est del ricettore R39. Infine, sono state indicate delle opzioni di mitigazione.

2. PREMESSA

Il presente documento descrive il fenomeno della intermittenza dell'ombra giornaliera dovuta alla rotazione delle pale degli aerogeneratori (denominato effetto shadow-flickering), con riferimento alla tecnologia utilizzata nel progetto Parco Eolico denominato "E90" nei comuni di Borgia e San Floro (CZ) in Calabria.

3. INTRODUZIONE

Gli impianti per la produzione di energia elettrica da fonte eolica prevedono l'installazione di aerogeneratori che, per le loro caratteristiche tecniche e di funzionamento possono determinare la presenza di ombre intermittenti nell'area di installazione.

Durante il periodo di funzionamento del parco, il movimento di rotazione del rotore crea un effetto di ombreggiamento intermittente nell'area circostante chiamato shadow-flickering. Questo effetto accade, quindi, nel corso della giornata, in particolare nelle ore mattutine e serali per via della bassa posizione del sole sull'orizzonte.

In presenza di ricettori nelle vicinanze del parco eolico, l'occorrenza di questo effetto dovrà essere studiata e quantificata, per verificare il fastidio potenziale per gli esseri umani all'interno di una abitazione.

Gli elementi dell'impianto eolico che possono causare ombra sono:

- torre di sostegno
- pale in rotazione

Il fenomeno viene definito in termini tecnici "flickering" delle pale, e viene avvertito soprattutto alle elevate latitudini nord-europee, dove la permanenza del sole ad altezze limitate sopra l'orizzonte è maggiore.

4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

4.1. Normativa internazionale

L'effetto shadow-flickering è più pronunciato nelle latitudini settentrionali durante i mesi invernali. In particolare, nel Nord Europa, il sole splende in un angolo obliquo per più ore del giorno e più giorni l'anno. Alcuni paesi hanno adottato dei limiti relativi all'esposizione all'effetto in questione.

I regolamenti internazionali, alcuni studi, e le linee guida del Nord Europa e Australia hanno proposto 30 ore di effetto shadow-flickering per anno come soglia di impatto significativo, ovvero il punto in cui l'effetto ombra è comunemente percepito come fastidioso. Ad esempio, un tribunale in Germania ha stabilito che l'ombreggiamento intermittente massimo consentito dovrebbe essere di 30 ore all'anno (Klepinger, 2007). In Austria, Dobesch e Kury (2001) raccomanda che il fenomeno non superi le 30 ore/anno. Le linee guida per lo sviluppo di energia eolica nello Stato di Victoria, Australia, specificano che l'intermittenza dell'ombra non può superare 30 ore all'anno in qualsiasi abitazione nelle immediate vicinanze (Sustainable Energy Authority Victoria, 2003).

In alcuni paesi vengono considerati limiti di vario tipo all'ombreggiamento intermittente. Il più rilevante è la **Germania** dove il limite è a 30 ore. Questo limite è contenuto in un documento applicativo che è consuetudine utilizzare per l'applicazione della legge federale sul controllo delle immissioni (BImSchG art.5 comma 1, punti 1 e 2, e art. 22 comma 1) (Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen - Indicazioni sulla determinazione e valutazione delle immissioni ottiche delle turbine eoliche). Secondo le consuetudini tedesche, il massimo ombreggiamento su un vicino è:

- Massimo 30 ore all'anno di ombra massima astronomica
- Massimo 30 minuti al giorno di ombra massima astronomica

Se si usa una regolazione automatica, il reale impatto dell'ombra andrà limitato a 8 ore all'anno.

Anche in **Svezia** e **Danimarca** vi sono limiti usati in pratica di 10 ore (Danimarca) e 8 ore (Svezia).

Un approccio basato sulla valutazione caso per caso è contenuto nel documento "National Policy Statement for Renewable Energy Infrastructure (EN-3)" del Department of Energy and Climate Change (**Regno Unito**, 2011)) dove si indica una distanza di 10 diametri come zona potenzialmente impattata.

4.2. Normativa nazionale e regionale

Non esiste, al momento, normativa nazionale che faccia riferimento all'effetto shadow-flickering o che stabilisca alcun limite di esposizione a questo fenomeno. Anche al livello regionale non sono presenti disposizioni specifiche che stabiliscono limiti quantitativi o indicazioni cui sottostare.

5. IL PROGETTO

5.1. Inquadramento territoriale e progettuale

Il progetto eolico "E90", oggetto dello studio è localizzato in Calabria, in provincia di Catanzaro, nel territorio comunale di Borgia e San Floro(CZ).

Il layout del progetto consiste attualmente di 10 generatori Siemens Gamesa 170 che operano in modalità standard. Vi sono alcune turbine già presenti sul territorio circostante, ma nessuna a meno di 1 km.

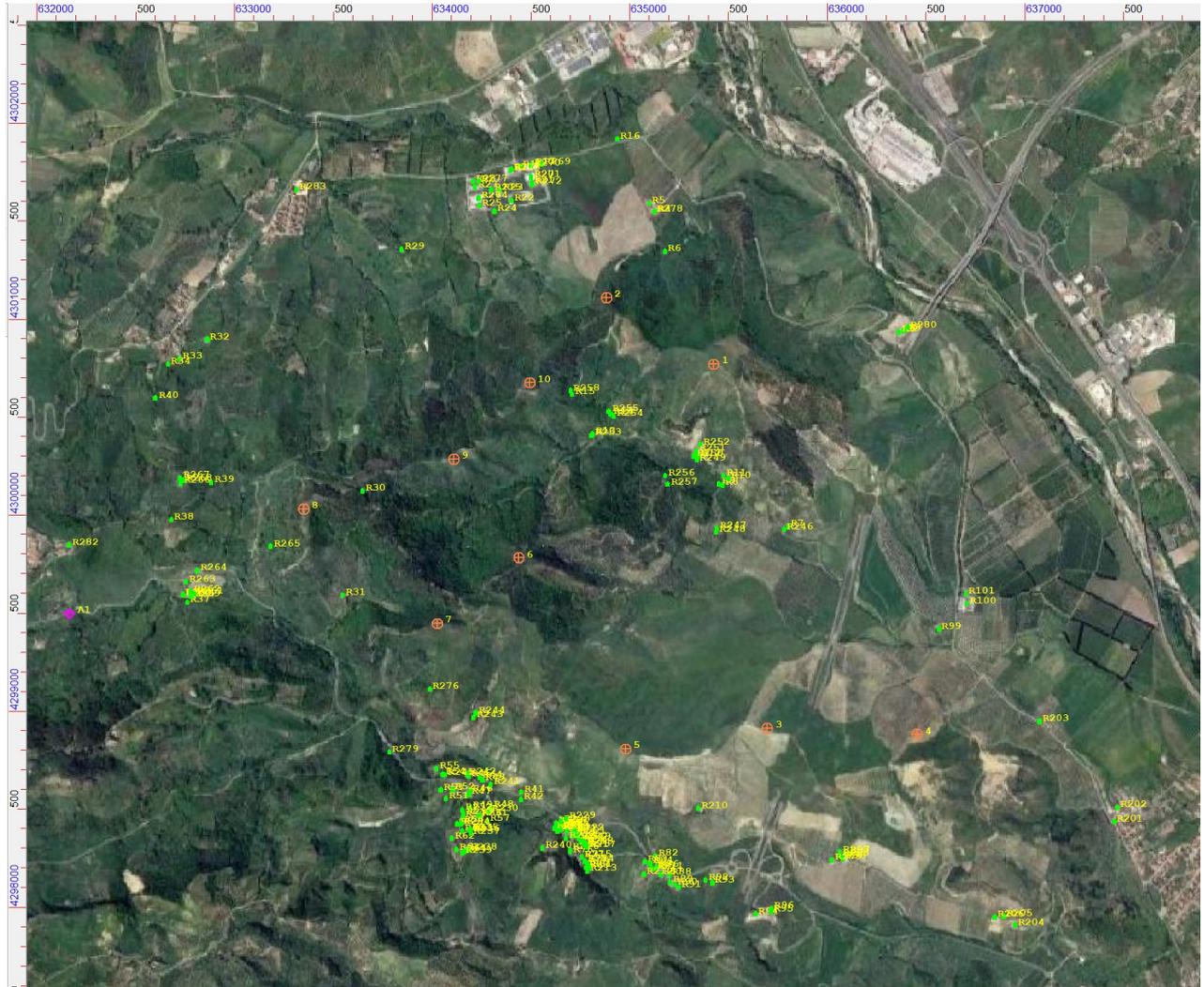


Figura 1 Stralcio su ortofoto con indicazione del progetto e dei ricettori sensibili

Si riporta in **Figura 1** una rappresentazione fotografica della porzione di territorio interessata dal progetto parco Eolico “E90” Calabria.

5.2. Layout dell’impianto eolico

Nella **Tabella 1** sono riportate le coordinate espresse nel sistema di riferimento UTM–WGS84. Il layout presentato utilizza la turbina Siemens Gamesa SG170

Turbine/ Sorgenti	Comune	Altitudine	Long	Lat	Prop.	Tipo
E1	Borgia (CZ)	345	635425	4300774	Energia Levante	SGRE 6.2-170 HH115
E2	San Floro (CZ)	275	634882	4301110	Energia Levante	SGRE 6.2-170 HH115
E3	Borgia (CZ)	225	635698	4298918	Energia Levante	SGRE 6.2-170 HH115
E4	Borgia (CZ)	202	636456	4298884	Energia Levante	SGRE 6.2-170 HH115
E5	Borgia (CZ)	281	634981	4298812	Energia Levante	SGRE 6.2-170 HH115

Turbine/ Sorgenti	Comune	Altitudine	Long	Lat	Prop.	Tipo
E6	Borgia (CZ)	365	634438	4299785	Energia Levante	SGRE 6.2-170 HH115
E7	Borgia (CZ)	376	634025	4299452	Energia Levante	SGRE 6.2-170 HH115
E8	San Floro (CZ)	375	633350	4300035	Energia Levante	SGRE 6.2-170 HH115
E9	San Floro (CZ)	315	634108	4300289	Energia Levante	SGRE 6.2-170 HH115
E10	San Floro (CZ)	305	634493	4300678	Energia Levante	SGRE 6.2-170 HH115

Tabella 1 – Coordinate aerogeneratori del progetto eolico

Potenza unitaria:	6,2 MW
Altezza da terra della navicella	115 m
Diametro del rotore:	170 m

5.3. Ricettori interessati

Il terreno dell'area di progetto è prevalentemente destinato ad uso agricolo e fuori dal raggio dell'abitato di Borgia e San Floro di oltre 2 Km.

La maggior parte dei ricettori individuati nell'area del futuro parco eolico sono edifici di campagna, capanni, depositi e magazzini utilizzati per attività agricole.

Si riporta in **Figura 2** un dettaglio del territorio interessato da progetto, con la distribuzione degli aerogeneratori ed i ricettori sul terreno.

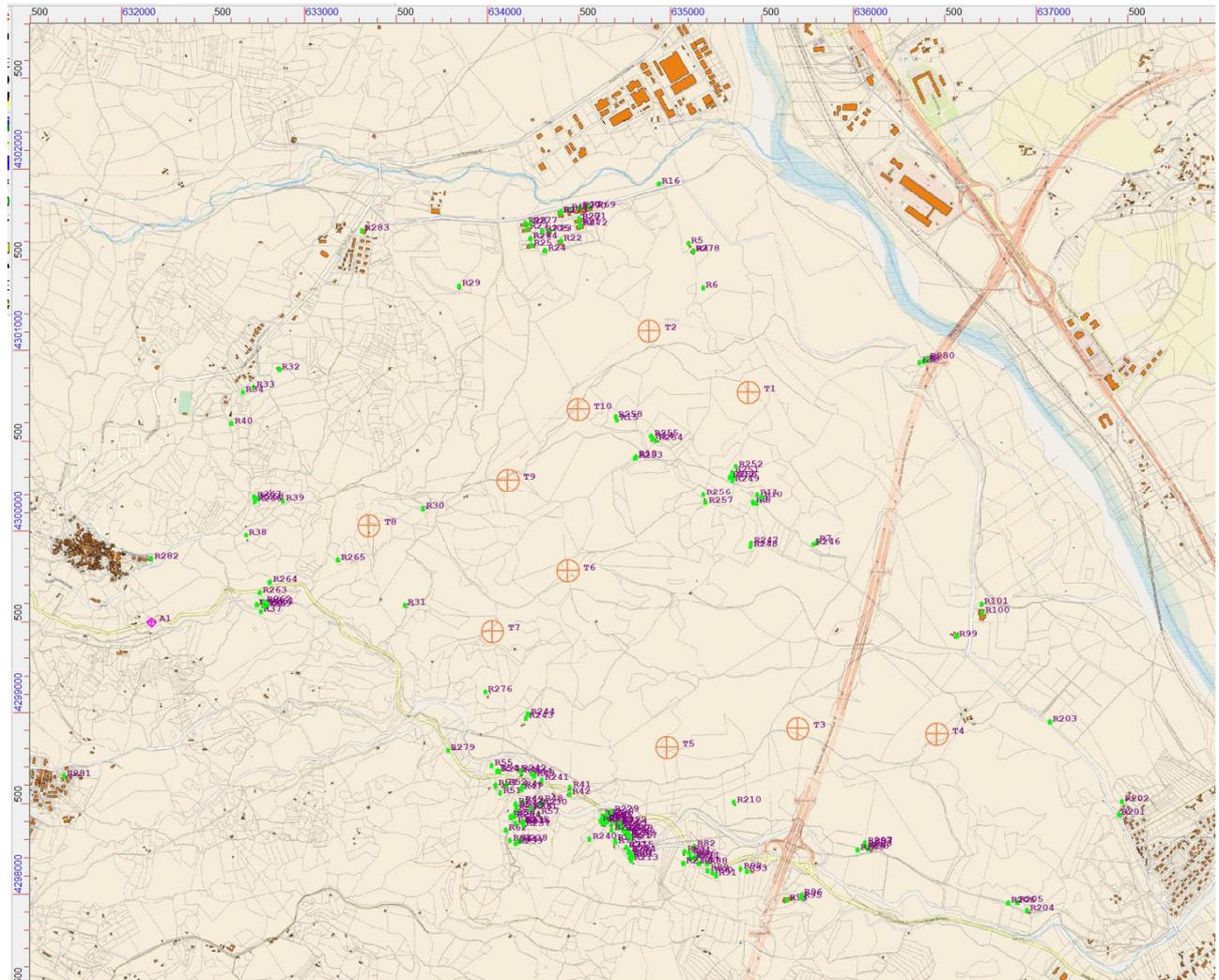


Figura 2. Dettaglio del layout del parco su mappa orografica

Nella **Tabella 2** si riporta l'elenco di ricettori possibilmente affetti dall'effetto shadow-flickering viene presentato l'elenco dei ricettori con specificate le loro finestre, per ciascuna delle quali viene riportato anche l'orientamento.

Ric.	Comune	Long	Lat		Par1	Par2	Par3	Par4
R1	San Floro	636400	4300943	non sens.	45	135	225	315
R2	San Floro	636384	4300939	non sens.	45	135	225	315
R3	San Floro	636363	4300935	non sens.	45	135	225	315
R4	San Floro	635129	4301548	sensibile	45	135	225	315
R5	San Floro	635099	4301590	non sens.	60	150	240	330
R6	San Floro	635181	4301346	non sens.	45	135	225	315
R7	Borgia	635802	4299943	non sens.	80	170	260	350
R8	Borgia	635471	4300155	non sens.	45	135	225	315
R9	Borgia	635453	4300161	non sens.	45	135	225	315
R10	Borgia	635500	4300186	non sens.	45	135	225	315
R11	Borgia	635476	4300203	non sens.	45	135	225	315
R12	Borgia	635351	4300303	non sens.	0	90	180	270

Ric.	Comune	Long	Lat		Par1	Par2	Par3	Par4
R13	Borgia	634814	4300416	non sens.	50	140	230	320
R14	Borgia	634904	4300516	non sens.	30	120	210	300
R15	Borgia	634711	4300618	non sens.	30	120	210	300
R16	San Floro	634940	4301918	non sens.	70	160	250	340
R17	San Floro	634508	4301788	non sens.	70	160	250	340
R18	San Floro	634448	4301775	non sens.	80	170	260	350
R19	San Floro	634403	4301763	non sens.	70	160	250	340
R20	San Floro	634503	4301726	non sens.	70	160	250	340
R21	San Floro	634505	4301693	non sens.	70	160	250	340
R22	San Floro	634402	4301604	non sens.	80	170	260	350
R23	San Floro	634345	4301658	non sens.	80	170	260	350
R24	San Floro	634315	4301551	non sens.	30	120	210	300
R25	San Floro	634239	4301578	non sens.	70	160	250	340
R26	San Floro	634235	4301618	non sens.	70	160	250	340
R27	San Floro	634217	4301672	non sens.	1	91	181	271
R28	San Floro	634209	4301700	non sens.	0	90	180	270
R29	San Floro	633846	4301356	non sens.	45	135	225	315
R30	San Floro	633651	4300124	non sens.	0	90	180	270
R31	Borgia	633548	4299591	sensibile	30	120	210	300
R32	San Floro	632861	4300895	sensibile	0	90	180	270
R33	San Floro	632722	4300797	sensibile	50	140	230	320
R34	San Floro	632663	4300769	sensibile	50	140	230	320
R35	Borgia	632742	4299593	non sens.	30	120	210	300
R36	Borgia	632784	4299585	non sens.	30	120	210	300
R37	Borgia	632760	4299557	non sens.	30	120	210	300
R38	San Floro	632681	4299979	sensibile	20	110	200	290
R39	San Floro	632882	4300167	sensibile	45	135	225	315
R40	San Floro	632602	4300598	non sens.	0	90	180	270
R41	Borgia	634453	4298590	non sens.	0	90	180	270
R42	Borgia	634450	4298553	non sens.	0	90	180	270
R43	Borgia	634256	4298649	sensibile	70	160	250	340
R44	Borgia	634241	4298663	sensibile	50	140	230	320
R45	Borgia	634186	4298669	sensibile	40	130	220	310
R46	Borgia	634193	4298594	sensibile	80	170	260	350
R47	Borgia	634184	4298579	sensibile	30	120	210	300
R48	Borgia	634300	4298510	sensibile	70	160	250	340
R49	Borgia	634194	4298508	sensibile	80	170	260	350
R50	Borgia	634157	4298462	sensibile	40	130	220	310
R51	Borgia	634071	4298555	sensibile	0	90	180	270
R52	Borgia	634102	4298602	sensibile	0	90	180	270
R53	Borgia	634045	4298599	sensibile	0	90	180	270
R54	Borgia	634054	4298679	sensibile	20	110	200	290
R55	Borgia	634023	4298709	non sens.	70	160	250	340
R56	Borgia	634239	4298470	sensibile	80	170	260	350

Ric.	Comune	Long	Lat		Par1	Par2	Par3	Par4
R57	Borgia	634280	4298442	sensibile	45	135	225	315
R58	Borgia	634151	4298435	sensibile	20	110	200	290
R59	Borgia	634128	4298427	sensibile	40	130	220	310
R60	Borgia	634152	4298391	sensibile	30	120	210	300
R61	Borgia	634198	4298395	sensibile	30	120	210	300
R62	Borgia	634101	4298352	non sens.	45	135	225	315
R63	Borgia	634124	4298295	non sens.	0	90	180	270
R64	Borgia	634164	4298286	sensibile	70	160	250	340
R65	Borgia	634628	4298430	sensibile	15	105	195	285
R66	Borgia	634648	4298419	sensibile	15	105	195	285
R67	Borgia	634669	4298418	sensibile	30	120	210	300
R68	Borgia	634650	4298399	sensibile	15	105	195	285
R69	Borgia	634636	4298390	non sens.	30	120	210	300
R70	Borgia	634682	4298388	sensibile	30	120	210	300
R71	Borgia	634721	4298387	sensibile	45	135	225	315
R72	Borgia	634716	4298366	sensibile	45	135	225	315
R73	Borgia	634752	4298337	sensibile	30	120	210	300
R74	Borgia	634774	4298330	sensibile	30	120	210	300
R75	Borgia	634787	4298310	sensibile	30	120	210	300
R76	Borgia	634700	4298282	non sens.	60	150	240	330
R77	Borgia	634758	4298256	sensibile	30	120	210	300
R78	Borgia	634774	4298237	sensibile	30	120	210	300
R79	Borgia	634785	4298221	sensibile	15	105	195	285
R80	Borgia	634781	4298205	sensibile	15	105	195	285
R81	Borgia	634797	4298207	sensibile	0	90	180	270
R82	Borgia	635132	4298262	sensibile	15	105	195	285
R83	Borgia	635079	4298232	sensibile	70	160	250	340
R84	Borgia	635107	4298225	sensibile	30	120	210	300
R85	Borgia	635111	4298202	sensibile	20	110	200	290
R86	Borgia	635138	4298206	sensibile	20	110	200	290
R87	Borgia	635156	4298170	sensibile	20	110	200	290
R88	Borgia	635199	4298167	sensibile	80	170	260	350
R89	Borgia	635205	4298130	sensibile	15	105	195	285
R90	Borgia	635230	4298118	sensibile	30	120	210	300
R91	Borgia	635251	4298103	sensibile	0	90	180	270
R92	Borgia	635387	4298139	sensibile	10	100	190	280
R93	Borgia	635418	4298126	sensibile	10	100	190	280
R94	Borgia	635639	4297968	non sens.	80	170	260	350
R95	Borgia	635716	4297979	sensibile	45	135	225	315
R96	Borgia	635720	4297995	sensibile	45	135	225	315
R97	Borgia	636105	4298279	sensibile	0	90	180	270
R98	Borgia	636083	4298250	sensibile	0	90	180	270
R99	Borgia	636566	4299420	non sens.	0	90	180	270
R100	Borgia	636709	4299548	non sens.	0	90	180	270

Ric.	Comune	Long	Lat		Par1	Par2	Par3	Par4
R101	Borgia	636703	4299601	sensibile	0	90	180	270
R201	Borgia	637452	4298436	sensibile	70	160	250	340
R202	Borgia	637472	4298511	sensibile	70	160	250	340
R203	Borgia	637077	4298950	non sens.	45	135	225	315
R204	Borgia	636952	4297910	sensibile	30	120	210	300
R205	Borgia	636894	4297956	non sens.	40	130	220	310
R206	Borgia	636851	4297953	non sens.	40	130	220	310
R207	Borgia	636066	4298282	non sens.	0	90	180	270
R208	Borgia	636066	4298263	non sens.	0	90	180	270
R209	Borgia	636025	4298243	non sens.	0	90	180	270
R210	Borgia	635351	4298507	non sens.	0	90	180	270
R211	Borgia	635127	4298197	sensibile	30	120	210	300
R212	Borgia	635072	4298170	non sens.	45	135	225	315
R213	Borgia	634786	4298188	non sens.	30	120	210	300
R214	Borgia	634773	4298234	sensibile	15	105	195	285
R215	Borgia	634760	4298256	sensibile	20	110	200	290
R216	Borgia	634698	4298298	non sens.	45	135	225	315
R217	Borgia	634783	4298309	sensibile	45	135	225	315
R218	Borgia	634770	4298324	sensibile	45	135	225	315
R219	Borgia	634759	4298347	non sens.	30	120	210	300
R220	Borgia	634742	4298351	non sens.	30	120	210	300
R221	Borgia	634734	4298373	sensibile	45	135	225	315
R222	Borgia	634724	4298396	non sens.	45	135	225	315
R223	Borgia	634681	4298355	non sens.	50	140	230	320
R224	Borgia	634647	4298398	sensibile	30	120	210	300
R225	Borgia	634646	4298419	sensibile	15	105	195	285
R226	Borgia	634631	4298424	sensibile	15	105	195	285
R227	Borgia	634618	4298405	non sens.	15	105	195	285
R228	Borgia	634652	4298440	non sens.	30	120	210	300
R229	Borgia	634681	4298455	non sens.	50	140	230	320
R230	Borgia	634290	4298492	non sens.	80	170	260	350
R231	Borgia	634237	4298469	non sens.	80	170	260	350
R232	Borgia	634155	4298498	non sens.	0	90	180	270
R233	Borgia	634161	4298477	non sens.	30	120	210	300
R234	Borgia	634146	4298427	non sens.	20	110	200	290
R235	Borgia	634189	4298396	non sens.	30	120	210	300
R236	Borgia	634195	4298387	sensibile	30	120	210	300
R237	Borgia	634195	4298375	non sens.	30	120	210	300
R238	Borgia	634183	4298296	non sens.	60	150	240	330
R239	Borgia	634155	4298275	sensibile	70	160	250	340
R240	Borgia	634558	4298305	non sens.	45	135	225	315
R241	Borgia	634298	4298628	non sens.	30	120	210	300
R242	Borgia	634176	4298680	non sens.	40	130	220	310
R243	Borgia	634211	4298970	non sens.	60	150	240	330

Ric.	Comune	Long	Lat		Par1	Par2	Par3	Par4
R244	Borgia	634222	4298991	non sens.	60	150	240	330
R245	Borgia	634065	4298676	non sens.	0	90	180	270
R246	Borgia	635783	4299925	non sens.	80	170	260	350
R247	Borgia	635444	4299934	sensibile	30	120	210	300
R248	Borgia	635440	4299914	non sens.	30	120	210	300
R249	Borgia	635342	4300280	non sens.	20	110	200	290
R250	Borgia	635327	4300303	non sens.	15	105	195	285
R251	Borgia	635339	4300328	non sens.	45	135	225	315
R252	Borgia	635359	4300360	non sens.	45	135	225	315
R253	Borgia	634811	4300409	non sens.	70	160	250	340
R254	Borgia	634921	4300507	non sens.	40	130	220	310
R255	Borgia	634898	4300531	non sens.	40	130	220	310
R256	Borgia	635183	4300202	non sens.	40	130	220	310
R257	Borgia	635195	4300157	non sens.	60	150	240	330
R258	Borgia	634703	4300634	non sens.	30	120	210	300
R259	San Floro	632779	4299586	non sens.	40	130	220	310
R260	San Floro	632738	4299593	non sens.	80	170	260	350
R261	San Floro	632797	4299600	non sens.	0	90	180	270
R262	San Floro	632779	4299610	non sens.	0	90	180	270
R263	San Floro	632757	4299659	non sens.	0	90	180	270
R264	San Floro	632812	4299720	non sens.	80	170	260	350
R265	San Floro	633184	4299841	non sens.	80	170	260	350
R266	San Floro	632729	4300166	non sens.	45	135	225	315
R267	San Floro	632726	4300191	non sens.	60	150	240	330
R268	San Floro	632740	4300176	non sens.	45	135	225	315
R269	San Floro	634555	4301790	sensibile	80	170	260	350
R270	San Floro	634503	4301782	sensibile	80	170	260	350
R271	San Floro	634503	4301723	sensibile	80	170	260	350
R272	San Floro	634508	4301687	sensibile	80	170	260	350
R273	San Floro	634398	4301758	sensibile	80	170	260	350
R274	San Floro	634237	4301618	sensibile	0	90	180	270
R275	San Floro	634302	4301657	sensibile	80	170	260	350
R276	Borgia	633990	4299113	sensibile	45	135	225	315
R277	San Floro	634238	4301701	sensibile	70	160	250	340
R278	San Floro	635124	4301545	sensibile	45	135	225	315
R279	Borgia	633784	4298794	non sens.	70	160	250	340
R280	San Floro	636408	4300956	sensibile	45	135	225	315
R281	Borgia	631684	4298651	sensibile	0	90	180	270
R282	San Floro	632162	4299848	sensibile	0	90	180	270
R283	San Floro	633316	4301661	sensibile	0	90	180	270

Tabella 2 – Elenco e direzione finestre per i ricettori

6. EFFETTO SHADOW-FLICKERING

Shadow-flickering è il fenomeno di ombreggiamento intermittente, caratterizzato dalle ombre che occorrono su strutture e osservatori in un determinato periodo del giorno in cui il sole si trova dietro al rotore dal punto di vista dell'osservatore. L'effetto è dovuto alla rotazione delle pale che proiettano un'ombra intermittente sul territorio circostante e sulle finestre delle case.

Questo effetto è più marcato nelle latitudini a nord durante i mesi invernali, per causa dell'angolo del sole. Tuttavia, è possibile che l'ombreggiamento intermittente accada in qualunque breve momento tra l'alba ed il tramonto. L'effetto di ombreggiamento intermittente può essere esperito dagli osservatori e strutture localizzate nelle vicinanze delle turbine eoliche.

Il fenomeno non accade in giorni nuvolosi, o quando qualsiasi altro fenomeno oscura il sole, o quando gli aerogeneratori non sono in funzionamento.

L'effetto è più visibile dall'interno degli edifici. L'ombra mobile del rotore si proietta sulle finestre di una casa creando all'interno della stessa un effetto fastidioso di alternanza luce ombra.

L'ombreggiamento intermittente e la sua durata dipendono da questi fattori:

- direzione della casa relativamente alla turbina
- distanza dalla turbina (quanto più lontano, più trascurabile)
- direzione del vento – la forma dell'ombra sarà determinata dalla posizione della pala in imbardata, che si muove in accordo con la direzione del vento
- altezza della turbina e diametro del rotore
- giorno e stagione dell'anno
- condizione meteorologiche (la presenza di nuvole riduce la luce diretta e perciò il rischio di ombreggiamento intermittente)

6.1. Premessa Metodologica

Le variabili utilizzate per la modellazione dell'effetto shadow-flickering includono:

- coordinate degli aerogeneratori
- coordinate dei ricettori esistenti entro una distanza di 1000 metri dalle turbine eoliche e disposizione delle pareti
- i dati sugli aerogeneratori previsti nel layout – altezza, diametro del rotore
- la rosa dei venti
- l'orografia del terreno
- la percentuale oraria d'illuminazione solare
- l'elevazione del sole. Se è inferiore a 2 gradi rispetto all'orizzonte l'effetto si annulla (dovuto allo scattering dell'atmosfera sugli angoli minori)
- la velocità del vento. L'effetto è stato considerato inesistente per vento inferiore o superiore velocità di generazione (creando così una stima più conservativa della quantità di tempo che i rotori sono in movimento)
- dati meteo in sito prelevati dall'archivio MeteoNorm

6.2. Il software previsionale WindFarm

Il modello di calcolo dell'ombreggiamento intermittente è stato condotto usando il modulo Shadow Flickering 5.0.2.2 del software WindFarm 5, usato specificamente per la modellazione e valutazione dei progetti di parchi eolici.

Il modulo "Shadow flicker" di WindFarm calcola il numero di volte all'anno in cui il rotore, visualizzato da una finestra di una casa nelle vicinanze dell'aerogeneratore, è in linea con il sole e, quindi, accade l'effetto di ombreggiamento intermittente.

Il software WindFarm calcola, quindi, il numero di ore teoriche per anno in cui l'effetto shadow-flickering accade, in qualsiasi localizzazione entro i 2000 m di distanza delle turbine.

Il modello di calcolo di WindFarm considera le seguenti semplificazioni:

- il sole è sempre presente, in qualsiasi periodo dell'anno
- il sole può essere rappresentato da un unico punto
- il rotore gira di fronte all'osservatore e, quindi le pale delle turbine sono sempre perpendicolari alla direzione di visualizzazione dalla localizzazione del ricettore

Fattori che affettano la modellazione dell'effetto shadow-flickering

La durata dell'effetto shadow-flickering utilizzando questa metodologia sovrastima il numero di ore del fenomeno nella localizzazione del progetto per diverse ragioni:

1. La direzione di rotazione del rotore considerata è la più problematica. Qualsiasi orientazione del rotore riduce l'area in cui è proiettata l'ombra, e quindi, riduce la durata del fenomeno. La rosa dei venti del sito può essere utilizzata per determinare l'orientazione probabile del rotore e, quindi, calcolare la riduzione della durata dell'effetto di ombreggiamento intermittente.
2. Una giornata nuvolosa depotenzia il numero di ore in cui accade il fenomeno di shadow-flickering. I dati meteorologici della stazione più vicina possono essere usati per stimare la frequenza di nuvolosità e, dunque, fornire una indicazione di quanto venga ridotto l'effetto.
3. Aerosol, fumo, o umidità presenti nell'atmosfera possono influenzare l'ombreggiamento causato dall'aerogeneratori.
4. La lunghezza dell'ombra dipende dell'angolo di diffusione della incidenza diretta di sole che, invece, è dipendente della concentrazione di umidità, fumo e altri aerosol, che sono dispersi nell'atmosfera, tra la fonte e i ricettori.
5. La modellazione delle pale di dimensione uniforme, anziché della sua forma reale (più larga vicino alla torre e più sottile alla punta) risultano in una sovrastima della durata dell'ombreggiamento intermittente. Ciò deriva dal fatto che l'ombra causata per la parte più sottile della pala è meno lunga dell'ombra risultante dalla parte più larga.
6. La modellazione del sole come un punto, anziché in forma di un disco, risolta in una sovrastima della durata dell'effetto. La luce proveniente da diverse porzioni del sole si può sovrapporre attorno all'aerogeneratore risultando nella riduzione dell'ombreggiamento intermittente.
7. L'analisi non considera che, quando il sole è posizionato direttamente dietro alla navicella della turbina eolica, non esiste variazione nella intensità di luce ricevuta al ricettore e quindi, non accade il fenomeno.
8. La presenza di vegetazione o altre barriere fisiche in torno al ricettore può funzionare come scudo alla visualizzazione della turbina eolica, e quindi, ridurre o annullare l'effetto.
9. I periodi di fermo per causa di bassa ventosità, o per manutenzione, riducono l'effetto shadow-flickering.

Nella **Tabella 3** sono riportati i risultati dell'analisi effettuata con il software WindFarm, indicati per ogni parete di ogni abitazione e per ogni ricettore abitativo.

Si è simulata la presenza di **quattro pareti per ogni ricettore**. I risultati per la detta finestra sono rappresentativi per tutto il fronte in cui è posizionata la finestra.

I risultati comprendono:

- il numero di ore annue teorico in cui si può verificare il fenomeno della ombra intermittente
- l'elenco dei periodi di tempo in cui teorici in cui si può verificare il fenomeno della ombra intermittente

La **Figura 3** seguente rappresenta la mappa delle ore annuali di occorrenza del fenomeno di shadow-flickering per l'area del progetto del parco eolico di "Borgia".

Ricettore/ Parete	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)
R1 / P1	non sens.	45	0,0
R1 / P2	non sens.	135	0,0
R1 / P3	non sens.	225	30,5
R1 / P4	non sens.	315	30,6
R2 / P1	non sens.	45	0,0
R2 / P2	non sens.	135	0,0
R2 / P3	non sens.	225	30,7
R2 / P4	non sens.	315	30,7
R3 / P1	non sens.	45	0,0
R3 / P2	non sens.	135	0,0
R3 / P3	non sens.	225	31,7
R3 / P4	non sens.	315	31,8
R4 / P1	sensibile	45	0,0
R4 / P2	sensibile	135	113,0
R4 / P3	sensibile	225	113,6
R4 / P4	sensibile	315	0,0
R5 / P1	non sens.	60	0,0
R5 / P2	non sens.	150	85,3
R5 / P3	non sens.	240	85,6
R5 / P4	non sens.	330	0,0
R6 / P1	non sens.	45	0,0
R6 / P2	non sens.	135	61,0
R6 / P3	non sens.	225	268,3
R6 / P4	non sens.	315	206,8
R7 / P1	non sens.	80	0,0
R7 / P2	non sens.	170	8,1
R7 / P3	non sens.	260	34,7
R7 / P4	non sens.	350	26,5
R8 / P1	non sens.	45	0,0
R8 / P2	non sens.	135	0,0
R8 / P3	non sens.	225	40,5
R8 / P4	non sens.	315	40,6
R9 / P1	non sens.	45	0,0
R9 / P2	non sens.	135	0,0
R9 / P3	non sens.	225	39,9
R9 / P4	non sens.	315	40,0
R10 / P1	non sens.	45	0,0

Ricettore/ Parete	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)
R10 / P2	non sens.	135	0,0
R10 / P3	non sens.	225	56,8
R10 / P4	non sens.	315	57,0
R11 / P1	non sens.	45	0,0
R11 / P2	non sens.	135	0,0
R11 / P3	non sens.	225	57,9
R11 / P4	non sens.	315	58,1
R12 / P1	non sens.	0	30,0
R12 / P2	non sens.	90	0,0
R12 / P3	non sens.	180	45,7
R12 / P4	non sens.	270	76,1
R13 / P1	non sens.	50	0,0
R13 / P2	non sens.	140	61,1
R13 / P3	non sens.	230	119,4
R13 / P4	non sens.	320	57,8
R14 / P1	non sens.	30	0,0
R14 / P2	non sens.	120	0,0
R14 / P3	non sens.	210	120,2
R14 / P4	non sens.	300	120,8
R15 / P1	non sens.	30	88,0
R15 / P2	non sens.	120	88,2
R15 / P3	non sens.	210	210,6
R15 / P4	non sens.	300	211,1
R16 / P1	non sens.	70	0,0
R16 / P2	non sens.	160	0,0
R16 / P3	non sens.	250	0,0
R16 / P4	non sens.	340	0,0
R17 / P1	non sens.	70	24,2
R17 / P2	non sens.	160	24,3
R17 / P3	non sens.	250	0,0
R17 / P4	non sens.	340	0,0
R18 / P1	non sens.	80	44,0
R18 / P2	non sens.	170	44,2
R18 / P3	non sens.	260	0,0
R18 / P4	non sens.	350	0,0
R19 / P1	non sens.	70	58,5
R19 / P2	non sens.	160	58,8

Ricettore/ Parete	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)
R19 / P3	non sens.	250	0,0
R19 / P4	non sens.	340	0,0
R20 / P1	non sens.	70	60,7
R20 / P2	non sens.	160	61,0
R20 / P3	non sens.	250	0,0
R20 / P4	non sens.	340	0,0
R21 / P1	non sens.	70	79,4
R21 / P2	non sens.	160	79,8
R21 / P3	non sens.	250	0,0
R21 / P4	non sens.	340	0,0
R22 / P1	non sens.	80	117,2
R22 / P2	non sens.	170	117,4
R22 / P3	non sens.	260	0,0
R22 / P4	non sens.	350	0,0
R23 / P1	non sens.	80	98,8
R23 / P2	non sens.	170	98,9
R23 / P3	non sens.	260	0,0
R23 / P4	non sens.	350	0,0
R24 / P1	non sens.	30	0,0
R24 / P2	non sens.	120	86,2
R24 / P3	non sens.	210	85,6
R24 / P4	non sens.	300	0,0
R25 / P1	non sens.	70	64,5
R25 / P2	non sens.	160	64,7
R25 / P3	non sens.	250	0,0
R25 / P4	non sens.	340	0,0
R26 / P1	non sens.	70	76,0
R26 / P2	non sens.	160	76,2
R26 / P3	non sens.	250	0,0
R26 / P4	non sens.	340	0,0
R27 / P1	non sens.	1	0,0
R27 / P2	non sens.	91	77,9
R27 / P3	non sens.	181	77,9
R27 / P4	non sens.	271	0,0
R28 / P1	non sens.	0	0,0
R28 / P2	non sens.	90	77,7
R28 / P3	non sens.	180	77,8

Ricettore/ Parete	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)
R28 / P4	non sens.	270	0,0
R29 / P1	non sens.	45	35,6
R29 / P2	non sens.	135	71,7
R29 / P3	non sens.	225	35,9
R29 / P4	non sens.	315	0,0
R30 / P1	non sens.	0	138,4
R30 / P2	non sens.	90	185,1
R30 / P3	non sens.	180	244,2
R30 / P4	non sens.	270	199,7
R31 / P1	sensibile	30	111,8
R31 / P2	sensibile	120	112,2
R31 / P3	sensibile	210	0,0
R31 / P4	sensibile	300	0,0
R32 / P1	sensibile	0	0,0
R32 / P2	sensibile	90	0,0
R32 / P3	sensibile	180	0,0
R32 / P4	sensibile	270	0,0
R33 / P1	sensibile	50	23,0
R33 / P2	sensibile	140	62,5
R33 / P3	sensibile	230	39,3
R33 / P4	sensibile	320	0,0
R34 / P1	sensibile	50	66,8
R34 / P2	sensibile	140	67,1
R34 / P3	sensibile	230	0,0
R34 / P4	sensibile	320	0,0
R35 / P1	non sens.	30	26,4
R35 / P2	non sens.	120	26,5
R35 / P3	non sens.	210	0,0
R35 / P4	non sens.	300	0,0
R36 / P1	non sens.	30	27,8
R36 / P2	non sens.	120	27,9
R36 / P3	non sens.	210	0,0
R36 / P4	non sens.	300	0,0
R37 / P1	non sens.	30	27,5
R37 / P2	non sens.	120	27,6
R37 / P3	non sens.	210	0,0
R37 / P4	non sens.	300	0,0

Ricettore/ Parete	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)
R38 / P1	sensibile	20	86,8
R38 / P2	sensibile	110	103,2
R38 / P3	sensibile	200	16,0
R38 / P4	sensibile	290	0,0
R39 / P1	sensibile	45	125,2
R39 / P2	sensibile	135	125,6
R39 / P3	sensibile	225	0,0
R39 / P4	sensibile	315	0,0
R40 / P1	non sens.	0	8,6
R40 / P2	non sens.	90	75,4
R40 / P3	non sens.	180	66,6
R40 / P4	non sens.	270	0,0
R41 / P1	non sens.	0	60,1
R41 / P2	non sens.	90	60,4
R41 / P3	non sens.	180	0,0
R41 / P4	non sens.	270	0,0
R42 / P1	non sens.	0	29,3
R42 / P2	non sens.	90	29,7
R42 / P3	non sens.	180	0,0
R42 / P4	non sens.	270	0,0
R43 / P1	sensibile	70	95,8
R43 / P2	sensibile	160	95,5
R43 / P3	sensibile	250	0,0
R43 / P4	sensibile	340	0,0
R44 / P1	sensibile	50	88,9
R44 / P2	sensibile	140	88,8
R44 / P3	sensibile	230	0,0
R44 / P4	sensibile	320	0,0
R45 / P1	sensibile	40	65,5
R45 / P2	sensibile	130	65,5
R45 / P3	sensibile	220	0,0
R45 / P4	sensibile	310	0,0
R46 / P1	sensibile	80	86,5
R46 / P2	sensibile	170	0,0
R46 / P3	sensibile	260	0,0
R46 / P4	sensibile	350	86,0
R47 / P1	sensibile	30	84,4

Ricettore/ Parete	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)
R47 / P2	sensibile	120	84,5
R47 / P3	sensibile	210	0,0
R47 / P4	sensibile	300	0,0
R48 / P1	sensibile	70	54,5
R48 / P2	sensibile	160	14,8
R48 / P3	sensibile	250	0,0
R48 / P4	sensibile	340	39,3
R49 / P1	sensibile	80	71,0
R49 / P2	sensibile	170	0,0
R49 / P3	sensibile	260	0,0
R49 / P4	sensibile	350	70,6
R50 / P1	sensibile	40	59,3
R50 / P2	sensibile	130	59,2
R50 / P3	sensibile	220	0,0
R50 / P4	sensibile	310	0,0
R51 / P1	sensibile	0	70,5
R51 / P2	sensibile	90	70,8
R51 / P3	sensibile	180	0,0
R51 / P4	sensibile	270	0,0
R52 / P1	sensibile	0	62,7
R52 / P2	sensibile	90	63,0
R52 / P3	sensibile	180	0,0
R52 / P4	sensibile	270	0,0
R53 / P1	sensibile	0	50,6
R53 / P2	sensibile	90	50,8
R53 / P3	sensibile	180	0,0
R53 / P4	sensibile	270	0,0
R54 / P1	sensibile	20	44,0
R54 / P2	sensibile	110	44,1
R54 / P3	sensibile	200	0,0
R54 / P4	sensibile	290	0,0
R55 / P1	non sens.	70	39,7
R55 / P2	non sens.	160	39,6
R55 / P3	non sens.	250	0,0
R55 / P4	non sens.	340	0,0
R56 / P1	sensibile	80	53,4
R56 / P2	sensibile	170	0,0

Ricettore/ Parete	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)
R56 / P3	sensibile	260	0,0
R56 / P4	sensibile	350	53,1
R57 / P1	sensibile	45	31,9
R57 / P2	sensibile	135	31,6
R57 / P3	sensibile	225	0,0
R57 / P4	sensibile	315	0,0
R58 / P1	sensibile	20	48,5
R58 / P2	sensibile	110	48,5
R58 / P3	sensibile	200	0,0
R58 / P4	sensibile	290	0,0
R59 / P1	sensibile	40	51,6
R59 / P2	sensibile	130	51,5
R59 / P3	sensibile	220	0,0
R59 / P4	sensibile	310	0,0
R60 / P1	sensibile	30	34,6
R60 / P2	sensibile	120	34,5
R60 / P3	sensibile	210	0,0
R60 / P4	sensibile	300	0,0
R61 / P1	sensibile	30	24,4
R61 / P2	sensibile	120	24,1
R61 / P3	sensibile	210	0,0
R61 / P4	sensibile	300	0,0
R62 / P1	non sens.	45	31,2
R62 / P2	non sens.	135	31,0
R62 / P3	non sens.	225	0,0
R62 / P4	non sens.	315	0,0
R63 / P1	non sens.	0	6,0
R63 / P2	non sens.	90	6,0
R63 / P3	non sens.	180	0,0
R63 / P4	non sens.	270	0,0
R64 / P1	sensibile	70	7,7
R64 / P2	sensibile	160	0,0
R64 / P3	sensibile	250	0,0
R64 / P4	sensibile	340	7,5
R65 / P1	sensibile	15	42,7
R65 / P2	sensibile	105	42,8
R65 / P3	sensibile	195	0,0

Ricettore/ Parete	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)
R65 / P4	sensibile	285	0,0
R66 / P1	sensibile	15	45,3
R66 / P2	sensibile	105	45,5
R66 / P3	sensibile	195	0,0
R66 / P4	sensibile	285	0,0
R67 / P1	sensibile	30	45,0
R67 / P2	sensibile	120	45,1
R67 / P3	sensibile	210	0,0
R67 / P4	sensibile	300	0,0
R68 / P1	sensibile	15	44,9
R68 / P2	sensibile	105	44,9
R68 / P3	sensibile	195	0,0
R68 / P4	sensibile	285	0,0
R69 / P1	non sens.	30	44,8
R69 / P2	non sens.	120	44,7
R69 / P3	non sens.	210	0,0
R69 / P4	non sens.	300	0,0
R70 / P1	sensibile	30	39,7
R70 / P2	sensibile	120	39,7
R70 / P3	sensibile	210	0,0
R70 / P4	sensibile	300	0,0
R71 / P1	sensibile	45	33,5
R71 / P2	sensibile	135	33,4
R71 / P3	sensibile	225	0,0
R71 / P4	sensibile	315	0,0
R72 / P1	sensibile	45	29,7
R72 / P2	sensibile	135	29,5
R72 / P3	sensibile	225	0,0
R72 / P4	sensibile	315	0,0
R73 / P1	sensibile	30	15,9
R73 / P2	sensibile	120	15,8
R73 / P3	sensibile	210	0,0
R73 / P4	sensibile	300	0,0
R74 / P1	sensibile	30	12,5
R74 / P2	sensibile	120	12,5
R74 / P3	sensibile	210	0,0
R74 / P4	sensibile	300	0,0

Ricettore/ Parete	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)
R75 / P1	sensibile	30	13,1
R75 / P2	sensibile	120	13,1
R75 / P3	sensibile	210	0,0
R75 / P4	sensibile	300	0,0
R76 / P1	non sens.	60	12,0
R76 / P2	non sens.	150	9,7
R76 / P3	non sens.	240	0,0
R76 / P4	non sens.	330	2,2
R77 / P1	sensibile	30	11,9
R77 / P2	sensibile	120	11,9
R77 / P3	sensibile	210	0,0
R77 / P4	sensibile	300	0,0
R78 / P1	sensibile	30	12,7
R78 / P2	sensibile	120	12,6
R78 / P3	sensibile	210	0,0
R78 / P4	sensibile	300	0,0
R79 / P1	sensibile	15	13,1
R79 / P2	sensibile	105	13,1
R79 / P3	sensibile	195	0,0
R79 / P4	sensibile	285	0,0
R80 / P1	sensibile	15	12,7
R80 / P2	sensibile	105	12,7
R80 / P3	sensibile	195	0,0
R80 / P4	sensibile	285	0,0
R81 / P1	sensibile	0	13,9
R81 / P2	sensibile	90	13,9
R81 / P3	sensibile	180	0,0
R81 / P4	sensibile	270	0,0
R82 / P1	sensibile	15	30,5
R82 / P2	sensibile	105	30,5
R82 / P3	sensibile	195	0,0
R82 / P4	sensibile	285	0,0
R83 / P1	sensibile	70	29,8
R83 / P2	sensibile	160	0,0
R83 / P3	sensibile	250	0,0
R83 / P4	sensibile	340	29,7
R84 / P1	sensibile	30	27,3

Ricettore/ Parete	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)
R84 / P2	sensibile	120	27,3
R84 / P3	sensibile	210	0,0
R84 / P4	sensibile	300	0,0
R85 / P1	sensibile	20	23,1
R85 / P2	sensibile	110	23,1
R85 / P3	sensibile	200	0,0
R85 / P4	sensibile	290	0,0
R86 / P1	sensibile	20	20,4
R86 / P2	sensibile	110	20,4
R86 / P3	sensibile	200	0,0
R86 / P4	sensibile	290	0,0
R87 / P1	sensibile	20	9,9
R87 / P2	sensibile	110	9,9
R87 / P3	sensibile	200	0,0
R87 / P4	sensibile	290	0,0
R88 / P1	sensibile	80	4,0
R88 / P2	sensibile	170	0,0
R88 / P3	sensibile	260	0,0
R88 / P4	sensibile	350	3,9
R89 / P1	sensibile	15	0,0
R89 / P2	sensibile	105	0,0
R89 / P3	sensibile	195	0,0
R89 / P4	sensibile	285	0,0
R90 / P1	sensibile	30	0,0
R90 / P2	sensibile	120	0,0
R90 / P3	sensibile	210	0,0
R90 / P4	sensibile	300	0,0
R91 / P1	sensibile	0	0,0
R91 / P2	sensibile	90	0,0
R91 / P3	sensibile	180	0,0
R91 / P4	sensibile	270	0,0
R92 / P1	sensibile	10	0,0
R92 / P2	sensibile	100	0,0
R92 / P3	sensibile	190	0,0
R92 / P4	sensibile	280	0,0
R93 / P1	sensibile	10	0,0
R93 / P2	sensibile	100	0,0

Ricettore/ Parete	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)
R93 / P3	sensibile	190	0,0
R93 / P4	sensibile	280	0,0
R94 / P1	non sens.	80	0,0
R94 / P2	non sens.	170	0,0
R94 / P3	non sens.	260	0,0
R94 / P4	non sens.	350	0,0
R95 / P1	sensibile	45	0,0
R95 / P2	sensibile	135	0,0
R95 / P3	sensibile	225	0,0
R95 / P4	sensibile	315	0,0
R96 / P1	sensibile	45	0,0
R96 / P2	sensibile	135	0,0
R96 / P3	sensibile	225	0,0
R96 / P4	sensibile	315	0,0
R97 / P1	sensibile	0	17,3
R97 / P2	sensibile	90	0,0
R97 / P3	sensibile	180	0,0
R97 / P4	sensibile	270	17,4
R98 / P1	sensibile	0	3,8
R98 / P2	sensibile	90	0,0
R98 / P3	sensibile	180	0,0
R98 / P4	sensibile	270	3,9
R99 / P1	non sens.	0	0,0
R99 / P2	non sens.	90	0,0
R99 / P3	non sens.	180	51,2
R99 / P4	non sens.	270	51,6
R100 / P1	non sens.	0	0,0
R100 / P2	non sens.	90	0,0
R100 / P3	non sens.	180	42,9
R100 / P4	non sens.	270	43,0
R101 / P1	sensibile	0	0,0
R101 / P2	sensibile	90	0,0
R101 / P3	sensibile	180	51,4
R101 / P4	sensibile	270	51,5
R201 / P1	sensibile	70	0,0
R201 / P2	sensibile	160	0,0
R201 / P3	sensibile	250	37,6

Ricettore/ Parete	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)
R201 / P4	sensibile	340	37,6
R202 / P1	sensibile	70	0,0
R202 / P2	sensibile	160	0,0
R202 / P3	sensibile	250	56,0
R202 / P4	sensibile	340	56,1
R203 / P1	non sens.	45	0,0
R203 / P2	non sens.	135	0,0
R203 / P3	non sens.	225	79,2
R203 / P4	non sens.	315	79,3
R204 / P1	sensibile	30	0,0
R204 / P2	sensibile	120	0,0
R204 / P3	sensibile	210	0,0
R204 / P4	sensibile	300	0,0
R205 / P1	non sens.	40	0,0
R205 / P2	non sens.	130	0,0
R205 / P3	non sens.	220	0,0
R205 / P4	non sens.	310	0,0
R206 / P1	non sens.	40	0,0
R206 / P2	non sens.	130	0,0
R206 / P3	non sens.	220	0,0
R206 / P4	non sens.	310	0,0
R207 / P1	non sens.	0	11,8
R207 / P2	non sens.	90	0,0
R207 / P3	non sens.	180	0,0
R207 / P4	non sens.	270	11,9
R208 / P1	non sens.	0	5,1
R208 / P2	non sens.	90	0,0
R208 / P3	non sens.	180	0,0
R208 / P4	non sens.	270	5,2
R209 / P1	non sens.	0	0,0
R209 / P2	non sens.	90	0,0
R209 / P3	non sens.	180	0,0
R209 / P4	non sens.	270	0,0
R210 / P1	non sens.	0	33,9
R210 / P2	non sens.	90	34,1
R210 / P3	non sens.	180	0,0
R210 / P4	non sens.	270	0,0

Ricettore/ Parete	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)
R211 / P1	sensibile	30	20,2
R211 / P2	sensibile	120	20,2
R211 / P3	sensibile	210	0,0
R211 / P4	sensibile	300	0,0
R212 / P1	non sens.	45	21,5
R212 / P2	non sens.	135	21,4
R212 / P3	non sens.	225	0,0
R212 / P4	non sens.	315	0,0
R213 / P1	non sens.	30	13,0
R213 / P2	non sens.	120	13,0
R213 / P3	non sens.	210	0,0
R213 / P4	non sens.	300	0,0
R214 / P1	sensibile	15	12,5
R214 / P2	sensibile	105	12,6
R214 / P3	sensibile	195	0,0
R214 / P4	sensibile	285	0,0
R215 / P1	sensibile	20	12,0
R215 / P2	sensibile	110	12,0
R215 / P3	sensibile	200	0,0
R215 / P4	sensibile	290	0,0
R216 / P1	non sens.	45	15,6
R216 / P2	non sens.	135	15,5
R216 / P3	non sens.	225	0,0
R216 / P4	non sens.	315	0,0
R217 / P1	sensibile	45	12,9
R217 / P2	sensibile	135	12,9
R217 / P3	sensibile	225	0,0
R217 / P4	sensibile	315	0,0
R218 / P1	sensibile	45	12,4
R218 / P2	sensibile	135	12,4
R218 / P3	sensibile	225	0,0
R218 / P4	sensibile	315	0,0
R219 / P1	non sens.	30	16,5
R219 / P2	non sens.	120	16,5
R219 / P3	non sens.	210	0,0
R219 / P4	non sens.	300	0,0
R220 / P1	non sens.	30	21,1

Ricettore/ Parete	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)
R220 / P2	non sens.	120	21,0
R220 / P3	non sens.	210	0,0
R220 / P4	non sens.	300	0,0
R221 / P1	sensibile	45	27,7
R221 / P2	sensibile	135	27,5
R221 / P3	sensibile	225	0,0
R221 / P4	sensibile	315	0,0
R222 / P1	non sens.	45	34,7
R222 / P2	non sens.	135	34,6
R222 / P3	non sens.	225	0,0
R222 / P4	non sens.	315	0,0
R223 / P1	non sens.	50	32,3
R223 / P2	non sens.	140	32,2
R223 / P3	non sens.	230	0,0
R223 / P4	non sens.	320	0,0
R224 / P1	sensibile	30	45,0
R224 / P2	sensibile	120	45,0
R224 / P3	sensibile	210	0,0
R224 / P4	sensibile	300	0,0
R225 / P1	sensibile	15	45,5
R225 / P2	sensibile	105	45,6
R225 / P3	sensibile	195	0,0
R225 / P4	sensibile	285	0,0
R226 / P1	sensibile	15	44,9
R226 / P2	sensibile	105	45,0
R226 / P3	sensibile	195	0,0
R226 / P4	sensibile	285	0,0
R227 / P1	non sens.	15	48,2
R227 / P2	non sens.	105	48,2
R227 / P3	non sens.	195	0,0
R227 / P4	non sens.	285	0,0
R228 / P1	non sens.	30	34,1
R228 / P2	non sens.	120	34,2
R228 / P3	non sens.	210	0,0
R228 / P4	non sens.	300	0,0
R229 / P1	non sens.	50	21,1
R229 / P2	non sens.	140	21,1

Ricettore/ Parete	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)
R229 / P3	non sens.	230	0,0
R229 / P4	non sens.	320	0,0
R230 / P1	non sens.	80	49,5
R230 / P2	non sens.	170	0,0
R230 / P3	non sens.	260	0,0
R230 / P4	non sens.	350	49,1
R231 / P1	non sens.	80	53,3
R231 / P2	non sens.	170	0,0
R231 / P3	non sens.	260	0,0
R231 / P4	non sens.	350	53,0
R232 / P1	non sens.	0	69,1
R232 / P2	non sens.	90	69,4
R232 / P3	non sens.	180	0,0
R232 / P4	non sens.	270	0,0
R233 / P1	non sens.	30	63,5
R233 / P2	non sens.	120	63,6
R233 / P3	non sens.	210	0,0
R233 / P4	non sens.	300	0,0
R234 / P1	non sens.	20	47,0
R234 / P2	non sens.	110	47,0
R234 / P3	non sens.	200	0,0
R234 / P4	non sens.	290	0,0
R235 / P1	non sens.	30	27,4
R235 / P2	non sens.	120	27,1
R235 / P3	non sens.	210	0,0
R235 / P4	non sens.	300	0,0
R236 / P1	sensibile	30	25,1
R236 / P2	sensibile	120	24,9
R236 / P3	sensibile	210	0,0
R236 / P4	sensibile	300	0,0
R237 / P1	non sens.	30	21,9
R237 / P2	non sens.	120	21,8
R237 / P3	non sens.	210	0,0
R237 / P4	non sens.	300	0,0
R238 / P1	non sens.	60	10,8
R238 / P2	non sens.	150	10,5
R238 / P3	non sens.	240	0,0

Ricettore/ Parete	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)
R238 / P4	non sens.	330	0,0
R239 / P1	sensibile	70	4,9
R239 / P2	sensibile	160	0,0
R239 / P3	sensibile	250	0,0
R239 / P4	sensibile	340	4,5
R240 / P1	non sens.	45	31,1
R240 / P2	non sens.	135	31,0
R240 / P3	non sens.	225	0,0
R240 / P4	non sens.	315	0,0
R241 / P1	non sens.	30	100,3
R241 / P2	non sens.	120	100,4
R241 / P3	non sens.	210	0,0
R241 / P4	non sens.	300	0,0
R242 / P1	non sens.	40	62,1
R242 / P2	non sens.	130	62,1
R242 / P3	non sens.	220	0,0
R242 / P4	non sens.	310	0,0
R243 / P1	non sens.	60	33,5
R243 / P2	non sens.	150	33,5
R243 / P3	non sens.	240	0,0
R243 / P4	non sens.	330	0,0
R244 / P1	non sens.	60	31,4
R244 / P2	non sens.	150	31,4
R244 / P3	non sens.	240	0,0
R244 / P4	non sens.	330	0,0
R245 / P1	non sens.	0	45,4
R245 / P2	non sens.	90	45,7
R245 / P3	non sens.	180	0,0
R245 / P4	non sens.	270	0,0
R246 / P1	non sens.	80	0,0
R246 / P2	non sens.	170	8,2
R246 / P3	non sens.	260	35,6
R246 / P4	non sens.	350	27,3
R247 / P1	sensibile	30	0,0
R247 / P2	sensibile	120	0,0
R247 / P3	sensibile	210	47,0
R247 / P4	sensibile	300	47,3

Ricettore/ Parete	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)
R248 / P1	non sens.	30	0,0
R248 / P2	non sens.	120	0,0
R248 / P3	non sens.	210	47,1
R248 / P4	non sens.	300	47,4
R249 / P1	non sens.	20	17,3
R249 / P2	non sens.	110	0,0
R249 / P3	non sens.	200	45,2
R249 / P4	non sens.	290	63,0
R250 / P1	non sens.	15	25,1
R250 / P2	non sens.	105	0,0
R250 / P3	non sens.	195	51,4
R250 / P4	non sens.	285	77,0
R251 / P1	non sens.	45	0,0
R251 / P2	non sens.	135	0,0
R251 / P3	non sens.	225	87,2
R251 / P4	non sens.	315	87,2
R252 / P1	non sens.	45	0,0
R252 / P2	non sens.	135	0,0
R252 / P3	non sens.	225	103,1
R252 / P4	non sens.	315	103,1
R253 / P1	non sens.	70	0,0
R253 / P2	non sens.	160	65,0
R253 / P3	non sens.	250	124,4
R253 / P4	non sens.	340	58,9
R254 / P1	non sens.	40	0,0
R254 / P2	non sens.	130	29,5
R254 / P3	non sens.	220	121,8
R254 / P4	non sens.	310	92,5
R255 / P1	non sens.	40	0,0
R255 / P2	non sens.	130	18,7
R255 / P3	non sens.	220	131,7
R255 / P4	non sens.	310	113,0
R256 / P1	non sens.	40	0,0
R256 / P2	non sens.	130	0,0
R256 / P3	non sens.	220	26,2
R256 / P4	non sens.	310	26,5
R257 / P1	non sens.	60	0,0

Ricettore/ Parete	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)
R257 / P2	non sens.	150	0,0
R257 / P3	non sens.	240	16,1
R257 / P4	non sens.	330	16,7
R258 / P1	non sens.	30	88,5
R258 / P2	non sens.	120	88,7
R258 / P3	non sens.	210	273,7
R258 / P4	non sens.	300	273,7
R259 / P1	non sens.	40	27,8
R259 / P2	non sens.	130	27,8
R259 / P3	non sens.	220	0,0
R259 / P4	non sens.	310	0,0
R260 / P1	non sens.	80	26,3
R260 / P2	non sens.	170	26,3
R260 / P3	non sens.	260	0,0
R260 / P4	non sens.	350	0,0
R261 / P1	non sens.	0	9,5
R261 / P2	non sens.	90	28,2
R261 / P3	non sens.	180	18,5
R261 / P4	non sens.	270	0,0
R262 / P1	non sens.	0	9,4
R262 / P2	non sens.	90	27,5
R262 / P3	non sens.	180	18,0
R262 / P4	non sens.	270	0,0
R263 / P1	non sens.	0	7,1
R263 / P2	non sens.	90	24,4
R263 / P3	non sens.	180	17,2
R263 / P4	non sens.	270	0,0
R264 / P1	non sens.	80	21,2
R264 / P2	non sens.	170	21,2
R264 / P3	non sens.	260	0,0
R264 / P4	non sens.	350	0,0
R265 / P1	non sens.	80	0,9
R265 / P2	non sens.	170	1,0
R265 / P3	non sens.	260	0,0
R265 / P4	non sens.	350	0,0
R266 / P1	non sens.	45	93,5
R266 / P2	non sens.	135	93,7

Ricettore/ Parete	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)
R266 / P3	non sens.	225	0,0
R266 / P4	non sens.	315	0,0
R267 / P1	non sens.	60	91,6
R267 / P2	non sens.	150	91,7
R267 / P3	non sens.	240	0,0
R267 / P4	non sens.	330	0,0
R268 / P1	non sens.	45	95,2
R268 / P2	non sens.	135	95,5
R268 / P3	non sens.	225	0,0
R268 / P4	non sens.	315	0,0
R269 / P1	sensibile	80	9,2
R269 / P2	sensibile	170	9,4
R269 / P3	sensibile	260	0,0
R269 / P4	sensibile	350	0,0
R270 / P1	sensibile	80	28,3
R270 / P2	sensibile	170	28,4
R270 / P3	sensibile	260	0,0
R270 / P4	sensibile	350	0,0
R271 / P1	sensibile	80	62,5
R271 / P2	sensibile	170	62,8
R271 / P3	sensibile	260	0,0
R271 / P4	sensibile	350	0,0
R272 / P1	sensibile	80	82,2
R272 / P2	sensibile	170	82,5
R272 / P3	sensibile	260	0,0
R272 / P4	sensibile	350	0,0
R273 / P1	sensibile	80	61,9
R273 / P2	sensibile	170	62,1
R273 / P3	sensibile	260	0,0
R273 / P4	sensibile	350	0,0
R274 / P1	sensibile	0	0,0
R274 / P2	sensibile	90	76,6
R274 / P3	sensibile	180	76,7
R274 / P4	sensibile	270	0,0
R275 / P1	sensibile	80	94,4
R275 / P2	sensibile	170	94,6
R275 / P3	sensibile	260	0,0

Ricettore/ Parete	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)
R275 / P4	sensibile	350	0,0
R276 / P1	sensibile	45	0,0
R276 / P2	sensibile	135	0,0
R276 / P3	sensibile	225	0,0
R276 / P4	sensibile	315	0,0
R277 / P1	sensibile	70	81,6
R277 / P2	sensibile	160	81,8
R277 / P3	sensibile	250	0,0
R277 / P4	sensibile	340	0,0
R278 / P1	sensibile	45	0,0
R278 / P2	sensibile	135	114,8
R278 / P3	sensibile	225	115,4
R278 / P4	sensibile	315	0,0
R279 / P1	non sens.	70	25,1
R279 / P2	non sens.	160	25,0
R279 / P3	non sens.	250	0,0
R279 / P4	non sens.	340	0,0
R280 / P1	sensibile	45	0,0
R280 / P2	sensibile	135	0,0
R280 / P3	sensibile	225	30,3
R280 / P4	sensibile	315	30,4
R281 / P1	sensibile	0	0,0
R281 / P2	sensibile	90	0,0
R281 / P3	sensibile	180	0,0
R281 / P4	sensibile	270	0,0
R282 / P1	sensibile	0	26,6
R282 / P2	sensibile	90	35,5
R282 / P3	sensibile	180	8,7
R282 / P4	sensibile	270	0,0
R283 / P1	sensibile	0	0,0
R283 / P2	sensibile	90	34,3
R283 / P3	sensibile	180	34,3
R283 / P4	sensibile	270	0,0

Tabella 3 – Numero di ore di ombra intermittente

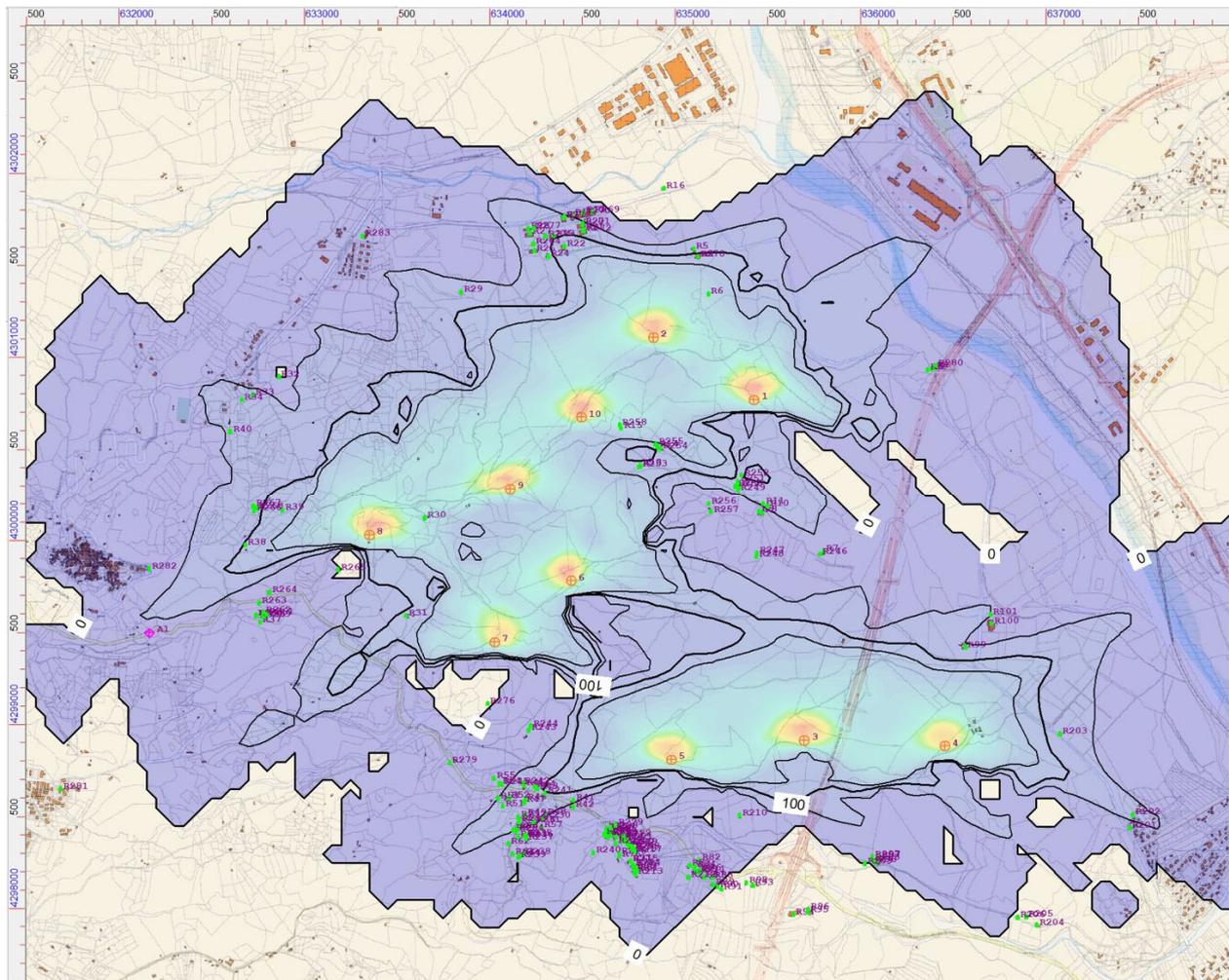


Figura 3 Mappa delle ore annuali di occorrenza del fenomeno di shadow flickering - aerogeneratori e ricettori delle 10 nuove turbine previste dal progetto (impatto turbine progetto)

Per la maggior parte delle pareti considerate, il fenomeno di flickering è contenuto. Ciò deriva dal fatto che il fenomeno è maggiormente evidente nelle ore mattutine e serali della giornata, quando il sole è molto basso sull'orizzonte, e quindi le ombre si allungano, in particolare nella direzione verso nord-ovest al mattino (sole a sud-est) e nella direzione sud-est alla sera (sole a nord-ovest). Pertanto, le finestre delle abitazioni o masserie principalmente soggette ad effetto di presenza di ombra intermittente sono quelle più vicine all'impianto e localizzate su un allineamento ovest – est rispetto all'impianto stesso.

Da ultimo, il fenomeno di ombreggiamento intermittente è più frequente nelle prime ore del mattino, nei mesi estivi. Nell'appendice A vi è il diagramma del ricettore sensibile maggiormente impattato.

6.3. Impatti cumulati

Non ci sono turbine nel raggio di 1 km dalle turbine in progetto.

6.4. Mitigazioni degli impatti

Nel valutare i risultati bisogna considerare che l'aerogeneratore è in rotazione per un tempo limitato e sostanzialmente solo se il vento supera le condizioni di cut-in. Inoltre, le condizioni di insolazione con luce

diretta sono limitate anche esse ad una porzione del tempo totale. Considerando queste due situazioni congiuntamente si riduce fortemente il tempo in cui il disagio si manifesta. Se però si dovesse manifestare la necessità di ulteriori mitigazioni ci sarebbero altre diverse opzioni per la mitigazione:

- Mascherare l'aerogeneratore che causa l'effetto attraverso l'inserimento di vegetazione. Al fine di ridurre l'effetto, la vegetazione dovrà essere installata relativamente vicino al ricettore, in modo tale da impedire la vista della turbina dalle finestre colpite;
- Fermare l'aerogeneratore nei periodi in cui è previsto che l'effetto possa accadere. Per ridurre ulteriormente il tempo per il quale le turbine si fermano, si può dotare l'aerogeneratore di un sensore di luce in modo da fermarlo solo quando c'è luce solare diretta. In questo modo, la perdita di produzione associata al controllo dell'effetto shadow-flickering può essere ridotta a livelli molto bassi. Questa opzione può essere implementata (se necessario) dopo la costruzione del parco eolico.

7. APPENDICE A – DIAGRAMMI RICETTORI / FINESTRE

Le immagini rappresentano i periodi dell'anno e le ore del giorno in cui geometricamente il sole potrebbe creare l'effetto sulla finestra della casa. Non vengono considerate in questa nè la probabilità di funzionamento della turbina, nè probabilità che vi sia luce diretta sufficiente a creare l'effetto.

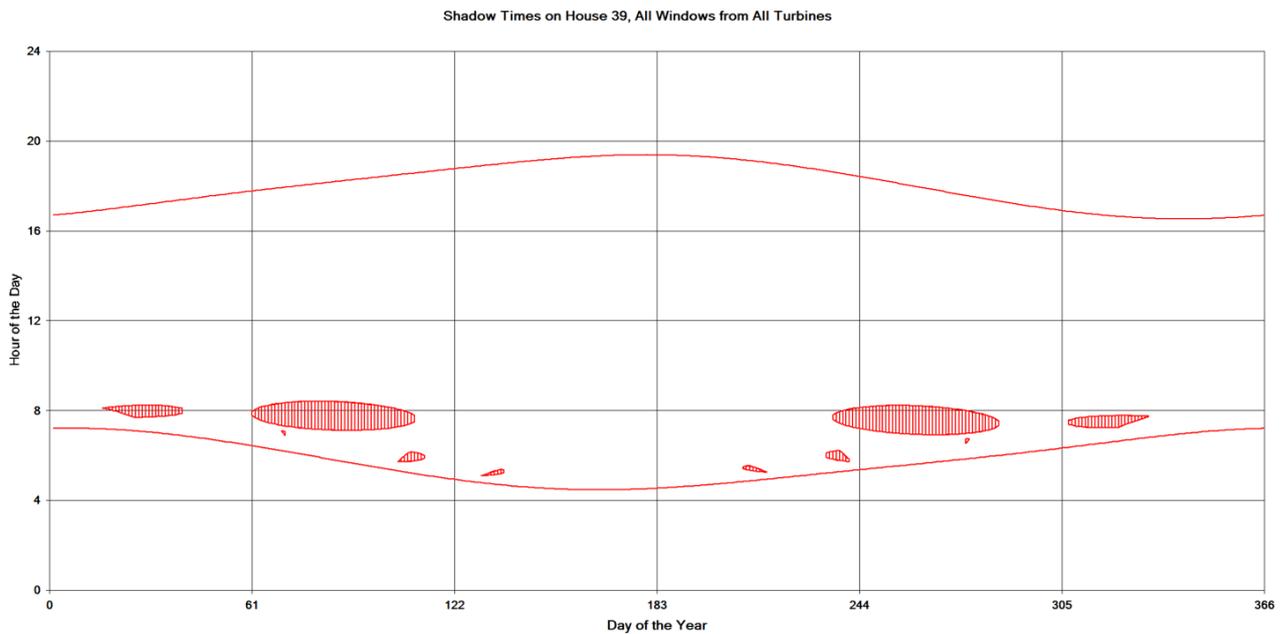


Figura 4 Mappa degli eventi presso il ricevitore sensibile maggiormente impattato (R39).