



REGIONE
CAMPANIA



COMUNE DI
ARIANO



PROVINCIA DI
AVELLINO

PROGETTO DEFINITIVO

Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Ariano 2" di potenza nominale pari a 86,8 MW e relative opere connesse da realizzarsi nel Comune di Ariano Irpino

Titolo elaborato

Studio sugli effetti dello shadow flickering

Codice elaborato

PD15CA1

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Progettazione



F4 ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Giovanni Di Santo)



Gruppo di lavoro

Dott. For. Luigi ZUCCARO
Ing. Giuseppe MANZI
Ing. Mariagrazia PIETRAFESA
Ing. Rosanna SANTARSIERO
Arch. Gaia TELESCA



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).



EPF srl - Via Cesare Battisti, 116 83053 S. Andrea di Conza (AV)
Tel e Fax+39 0827 35687

Consulenze specialistiche

Committente

WEB Ariano 2 srl

Via Leonardo Da Vinci 15,
39100 Bolzano (BZ)

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Giugno 2022	Prima emissione	FTR	GMA	GZU

Sommario

1	Premessa	3
2	Il fenomeno dello shadow flickering	4
3	Individuazione dei ricettori	7
4	Modello di calcolo	16
5	Risultati	18
	Allegato 1: Inquadramento ricettori su ortofoto	29

1 Premessa

La presente relazione è stata redatta al fine di fornire una valutazione dell'impatto del fenomeno dello shadow flickering derivanti dalla realizzazione del Parco Eolico "Ariano 2" nel territorio comunale di Ariano Irpino in provincia di Avellino.

Il parco eolico di progetto avrà una potenza complessiva di 86,8 MW, costituito da 14 aerogeneratori con potenza unitaria di 6,2 MW.

Gli aerogeneratori che potranno essere installati sono delle seguenti tipologie: Vestas V162, Nordex N163 o altro modello simile.

L'energia elettrica generata verrà convogliata, mediante cavidotto ad una nuova sottostazione di trasformazione e consegna AT/MT posta nelle immediate vicinanze della futura SE prevista nel comune di Ariano Irpino, in provincia di Avellino.

2 Il fenomeno dello shadow flickering

Gli aerogeneratori, al pari di tutte le altre strutture fortemente sviluppate in altezza, proiettano un'ombra sulle aree circostanti in presenza di irraggiamento solare diretto.

Lo shadow flickering (letteralmente ombreggiamento intermittente) è l'espressione comunemente impiegata per descrivere una fluttuazione 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 il fenomeno è generato dalla proiezione, al suolo o su un ricettore (abitazione), dell'ombra prodotta dalle pale degli aerogeneratori in rotazione allorché il sole si trova alle loro spalle (cfr. figura successiva).

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 Westra, 1984), e, l'effetto sugli individui è simile a quello che si sperimenterebbe in seguito alle variazioni di intensità luminosa di una lampada ad incandescenza a causa di continui sbalzi della tensione della rete di alimentazione elettrica.

I più recenti aerogeneratori tripala operano ad una velocità di rotazione di molto 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 riportata in letteratura. Inoltre, i generatori di grande potenza (dal MW in su) raramente superano la velocità di rotazione di 15 giri al minuto, corrispondente a frequenze di passaggio delle pale ampiamente minori di quelle ritenute fastidiose per la maggioranza degli individui.

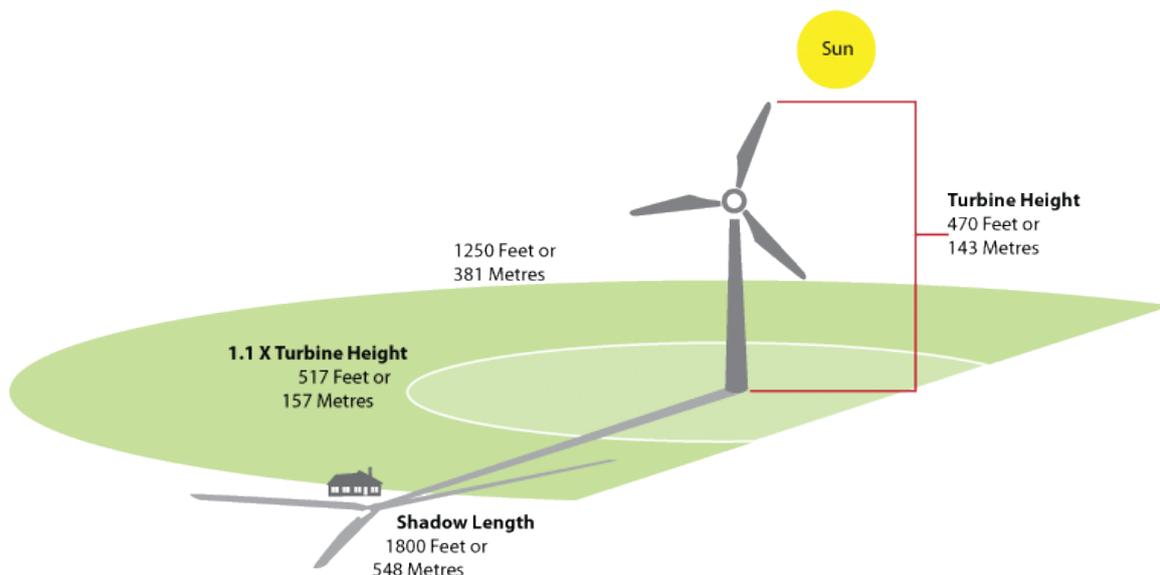


Figura 1: rappresentazione schematica del fenomeno dello shadow flicker

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 ricevitore - aerogeneratore: la presenza di vegetazione e/o edifici interposti all'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 ricevitore all'aerogeneratore in assenza di ostacoli fisici (alberi, altri edifici ecc...);
- orientamento perpendicolare del rotore rispetto alla congiungente sole - ricevitore: infatti, quando il piano del rotore è perpendicolare alla linea sole-ricevitore, 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, 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 gradi;
- le pale del rotore siano ovviamente in rotazione;
- l'aerogeneratore ed il potenziale ricevitore 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 ricevitore molto prossimo all'aerogeneratore, una porzione ampia di pala copre il disco solare così come osservato dal punto di vista del ricevitore stesso, e, quindi, l'intensità del flicker risulta maggiormente percepibile. All'aumentare della distanza tra aerogeneratore e ricevitore, 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 ricevitore (abitazione), così come la direzione del vento risultano essere fattori chiave per la durata del fenomeno di shadow flicker. Per distanze dell'ordine dei 400-500 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 risulti ortogonale alla congiungente ricevitore – 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÷1000 m dall'aerogeneratore e le zone a maggiore impatto ricadono entro i 500 m di distanza dalle macchine con durata del fenomeno dell'ordine delle 200 ore all'anno; il flickering, se presente, non supera in genere i 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 ricevitore;

- l'intensità del flickering sarà minima quando l'ombra prodotta è generata all'estremità delle pale;
- maggiori distanze tra generatore e ricevitore determinano ombre meno nette; in tal caso l'effetto flickering risulterà meno intenso e distinto.

La presente relazione ha lo scopo di stimare le aree potenzialmente interessate dal fenomeno in relazione agli aerogeneratori che costituiscono il parco eolico in oggetto.

Nello specifico, quando si valuta l'impatto da shadow flickering, lo stesso può essere realizzato attraverso l'analisi di due casi specifici:

- il **worst case**, in cui viene valutata la massima durata del fenomeno, ovvero quella astronomica, che corrisponde alle condizioni di cielo sempre sgombro da nubi, di rotore in movimento continuo e di perpendicolarità tra quest'ultimo ed il potenziale ricevitore;
- il **real case**, in cui viene valutata la durata realistica del fenomeno, tenendo conto del soleggiamento effettivo dell'area e delle specifiche condizioni anemologiche che determinano la reale operabilità degli aerogeneratori.

3 Individuazione dei ricettori

Allo scopo di valutare l'impatto indotto sugli edifici da parte dell'impianto eolico in progetto, sono stati individuati i ricettori potenzialmente sensibili presenti in un'areale corrispondente all'involuppo delle aree buffer circolari di raggio pari a 10 volte il diametro del rotore (nel caso in esame 1620 m) del modello di aerogeneratore previsto in progetto (D pari a 162 m al massimo), con centro coincidente con le postazioni delle WTG in oggetto; ciò in accordo con quanto stabilito dalla "National Policy Statement for Renewable Energy Infrastructure (EN-3)" (UK, 2011) (PPS22 per l'Inghilterra, TAN8 per il Galles), secondo la quale è improbabile che si verifichi un impatto significativo da shadow flickering a distanze superiori a dieci volte il diametro del rotore.

Sebbene il fenomeno possa essere percepito anche all'esterno degli edifici, esso risulta evidente e potenzialmente fastidioso in quegli ambienti con finestrate localizzate lungo la direttrice sole-aerogeneratore e, per tale ragione, si è considerato nella simulazione la presenza di finestre di altezza pari a 1.5 metri e larghezza pari ad 1 metro, posizionate ad una quota dal suolo di 2 metri e disposte su tutte le facciate degli edifici considerati, in direzione dei quattro punti cardinali (N-E-S-W).

Di seguito sono riportati i riferimenti geografici dei potenziali ricettori individuati nel buffer sopra specificato.

Tabella 1: ricettori considerati nella presente analisi

Ricettore	Coordinate UTM-WGS 84 fuso 33		Comune	Categoria catastale
	Est	Nord		
RC01	511182	4566062	Ariano Irpino	A03/D10
RC02	508780	4562210	Ariano Irpino	A04
RC03	508747	4562175	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC04	509486	4562619	Ariano Irpino	A03/D10
RC05	509463	4562607	Ariano Irpino	A03/D10
RC06	509446	4562625	Ariano Irpino	A03/D10
RC07	510738	4562190	Ariano Irpino	A04/C02
RC08	510534	4563326	Ariano Irpino	A03/D01
RC09	510620	4563376	Ariano Irpino	A03/D01
RC10	510768	4563498	Ariano Irpino	A03
RC11	510513	4563473	Ariano Irpino	A03
RC12	510556	4563482	Ariano Irpino	A03
RC13	509879	4563391	Ariano Irpino	A03/C02/F03
RC14	509901	4563395	Ariano Irpino	A03
RC15	509910	4564105	Ariano Irpino	A03/C02
RC16	509900	4564143	Ariano Irpino	A03
RC17	509922	4564144	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC18	509933	4564457	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC19	509019	4565350	Ariano Irpino	A04
RC20	509933	4566263	Ariano Irpino	A03/C02
RC21	509722	4566256	Ariano Irpino	A03/C02
RC22	511534	4565008	Ariano Irpino	A03/F03
RC23	511483	4565024	Ariano Irpino	A03

Ricettore	Coordinate UTM-WGS 84 fuso 33		Comune	Categoria catastale
	Est	Nord		
RC24	511334	4564930	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC25	511252	4564952	Ariano Irpino	A03
RC26	511282	4564979	Ariano Irpino	A03/D10
RC27	511360	4564863	Ariano Irpino	A03
RC28	511458	4564832	Ariano Irpino	A03/D10
RC29	511440	4564811	Ariano Irpino	A03/D10
RC30	511266	4564696	Ariano Irpino	A03/C02
RC31	510981	4564378	Ariano Irpino	A03/C02/C04
RC32	510786	4563537	Ariano Irpino	A03
RC33	510769	4563545	Ariano Irpino	A03/D10
RC34	510773	4563610	Ariano Irpino	A07/C02/C0
RC35	510781	4563626	Ariano Irpino	A07/C02/C0
RC36	510824	4563785	Ariano Irpino	A03
RC37	510852	4563892	Ariano Irpino	A02
RC38	512959	4562843	Ariano Irpino	A03/D10
RC39	512974	4562837	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC40	512982	4562845	Ariano Irpino	A03/C02/F02
RC41	512972	4562851	Ariano Irpino	A03
RC42	513039	4562861	Ariano Irpino	A03
RC43	513030	4562898	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC44	513151	4562388	Ariano Irpino	A03/C02
RC45	513149	4562409	Greci	A04/D10
RC46	513133	4562412	Greci	A06/D10
RC47	513128	4562398	Greci	A04/C02/F02
RC48	513146	4562425	Greci	A04
RC49	513153	4562428	Greci	A04/C02
RC50	509962	4564234	Greci	A04/C02/F02
RC51	509967	4564274	Greci	A04/C02
RC52	509969	4564320	Greci	A04
RC53	509979	4564289	Greci	A04
RC54	510790	4562534	Ariano Irpino	A02/C02/C06
RC55	512088	4562083	Ariano Irpino	A03
RC56	511463	4566055	Ariano Irpino	A04
RC57	510749	4562114	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC58	510692	4562131	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC59	512357	4561712	Ariano Irpino	A03/C02
RC60	512370	4561779	Ariano Irpino	A10
RC61	512377	4561789	Ariano Irpino	A03/C06
RC62	512367	4561795	Ariano Irpino	A03
RC63	512482	4561825	Ariano Irpino	A03
RC64	512434	4561862	Ariano Irpino	A04
RC65	512827	4561737	Ariano Irpino	A03
RC66	517257	4558090	Ariano Irpino	A03

Ricettore	Coordinate UTM-WGS 84 fuso 33		Comune	Categoria catastale
	Est	Nord		
RC67	517175	4558118	Ariano Irpino	A03
RC68	517185	4558152	Ariano Irpino	A03/C02
RC69	517199	4558144	Ariano Irpino	A03/A04
RC70	517844	4558429	Ariano Irpino	A04
RC71	517558	4558512	Ariano Irpino	A04
RC72	517545	4558517	Ariano Irpino	A04
RC73	518202	4558134	Ariano Irpino	A03
RC74	516212	4556447	Ariano Irpino	A03
RC75	514967	4553929	Ariano Irpino	A03/D10
RC76	515670	4553836	Ariano Irpino	A07
RC77	514301	4556970	Ariano Irpino	A03
RC78	514282	4556962	Ariano Irpino	A03/C02
RC79	514290	4556879	Ariano Irpino	A03
RC80	514267	4556877	Ariano Irpino	A03/C02
RC81	514281	4556897	Ariano Irpino	A03/C02
RC82	514200	4556896	Ariano Irpino	A03/C02
RC83	514492	4557033	Ariano Irpino	A04
RC84	514035	4556915	Ariano Irpino	A03/C02
RC85	514015	4556907	Ariano Irpino	A03/C02/F03
RC86	513978	4556889	Ariano Irpino	A03
RC87	513978	4556900	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC88	513945	4556912	Ariano Irpino	A03/D10
RC89	513761	4557115	Ariano Irpino	A03/D10
RC90	513727	4557070	Ariano Irpino	A03/D10
RC91	513749	4557069	Ariano Irpino	A03/D10
RC92	513496	4556053	Ariano Irpino	A03/D10
RC93	513504	4556066	Ariano Irpino	A03/D10
RC94	513523	4556070	Savignano Irpino	A04
RC95	513644	4556360	Savignano Irpino	A04
RC96	513626	4556381	Savignano Irpino	A04/D10
RC97	513618	4556386	Savignano Irpino	A04/C02
RC98	513623	4556406	Ariano Irpino	A03/D10
RC99	513634	4556378	Ariano Irpino	A03/D10
RC100	513656	4556381	Savignano Irpino	A04
RC101	513656	4556409	Savignano Irpino	A04/C01
RC102	515203	4554819	Ariano Irpino	A04

Ricettore	Coordinate UTM-WGS 84 fuso 33		Comune	Categoria catastale
	Est	Nord		
RC103	515285	4554870	Greci	A04
RC104	515569	4554681	Greci	A04
RC105	516611	4558317	Greci	A04/C02/C06
RC106	516615	4558244	Greci	A04/C06
RC107	509159	4565229	Greci	A04/C02
RC108	508622	4562119	Ariano Irpino	A03
RC109	511260	4561749	Ariano Irpino	A02/D10
RC110	511299	4561762	Ariano Irpino	A02/D10
RC111	511731	4562125	Ariano Irpino	A03/D10
RC112	511798	4562178	Ariano Irpino	A03/D10
RC113	511763	4562188	Ariano Irpino	A03/D10
RC114	511630	4562214	Ariano Irpino	A03/D10
RC115	511792	4562320	Ariano Irpino	A03/D10
RC116	511444	4562668	Ariano Irpino	A03/D10
RC117	511465	4562707	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC118	511542	4562663	Ariano Irpino	A04
RC119	511571	4562682	Ariano Irpino	A07
RC120	511640	4562717	Ariano Irpino	A03/C06
RC121	511538	4562774	Ariano Irpino	A03/C02
RC122	511594	4562797	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC123	511638	4562791	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC124	509816	4564549	Ariano Irpino	A03/C02
RC125	509851	4564556	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC126	509836	4564711	Ariano Irpino	A03
RC127	510089	4565241	Ariano Irpino	A03/D10
RC128	508081	4565534	Ariano Irpino	A03/D10
RC129	507980	4565695	Ariano Irpino	A03/C02
RC130	508639	4566499	Ariano Irpino	A03
RC131	510252	4565960	Ariano Irpino	A03
RC132	510873	4563380	Ariano Irpino	A03
RC133	510853	4563440	Ariano Irpino	A03/CF03
RC134	511149	4563448	Ariano Irpino	A03
RC135	511162	4563478	Ariano Irpino	A04/D10
RC136	511220	4563512	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC137	511270	4563496	Ariano Irpino	A03/C06
RC138	511268	4563519	Ariano Irpino	A02
RC139	511281	4563554	Ariano Irpino	A03/C02/D10
RC140	511293	4563555	Ariano Irpino	A03/C02/D10
RC141	511293	4563564	Ariano Irpino	A03/C02/D10
RC142	511261	4563682	Ariano Irpino	A03/C02/D10
RC143	512214	4564172	Ariano Irpino	A03/D10
RC144	512311	4564152	Ariano Irpino	A03/C02
RC145	512333	4564156	Ariano Irpino	A03/C02

Ricettore	Coordinate UTM-WGS 84 fuso 33		Comune	Categoria catastale
	Est	Nord		
RC146	512972	4563827	Ariano Irpino	A03/C02
RC147	513141	4563905	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC148	513339	4563757	Ariano Irpino	A03
RC149	513350	4563790	Ariano Irpino	A03/C02
RC150	513306	4564042	Ariano Irpino	A03/C02
RC151	513408	4563920	Ariano Irpino	A03/C02
RC152	513145	4562810	Ariano Irpino	A03/D10
RC153	513348	4562438	Ariano Irpino	A03/C02
RC154	513400	4562514	Villanova del Battista	A04
RC155	513447	4562610	Villanova del Battista	A04
RC156	513445	4562632	Villanova del Battista	A04
RC157	513355	4562655	Ariano Irpino	A04/C02
RC158	513386	4562660	Villanova del Battista	A04/C02
RC159	513386	4562787	Villanova del Battista	A04/C02
RC160	513257	4562983	Ariano Irpino	A04
RC161	512865	4564129	Ariano Irpino	A03
RC162	512119	4564715	Ariano Irpino	A03
RC163	512350	4564813	Ariano Irpino	A03
RC164	512408	4564929	Ariano Irpino	A03/C02
RC165	511988	4564961	Ariano Irpino	A03
RC166	511809	4565979	Ariano Irpino	A03/C02
RC167	513201	4563276	Ariano Irpino	A03
RC168	510408	4564824	Ariano Irpino	A03
RC169	510456	4564807	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC170	510528	4564832	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC171	510555	4564848	Ariano Irpino	A03
RC172	508696	4563935	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC173	508678	4563908	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC174	508869	4564428	Ariano Irpino	A04/D10
RC175	508845	4564393	Ariano Irpino	A04/D10
RC176	513195	4562671	Ariano Irpino	A04/D10
RC177	508561	4564082	Ariano Irpino	A03/D10
RC178	508497	4564142	Ariano Irpino	A03/D10
RC179	509376	4564855	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC180	516949	4557803	Ariano Irpino	A03/C02
RC181	517157	4558149	Ariano Irpino	A03/C02
RC182	517468	4558736	Ariano Irpino	A03/C02

Ricettore	Coordinate UTM-WGS 84 fuso 33		Comune	Categoria catastale
	Est	Nord		
RC183	516654	4556032	Ariano Irpino	A03/C02
RC184	516668	4556034	Ariano Irpino	A03/C02
RC185	516670	4555945	Ariano Irpino	A03/C02
RC186	516748	4556147	Ariano Irpino	A03/D10
RC187	516822	4556057	Ariano Irpino	A03/D10
RC188	514447	4554126	Ariano Irpino	A03/D10
RC189	514443	4554083	Ariano Irpino	A03/D10
RC190	514549	4554109	Ariano Irpino	A03/D10
RC191	514567	4554194	Ariano Irpino	A03/D10
RC192	516120	4554083	Ariano Irpino	A03/D10
RC193	514678	4557238	Ariano Irpino	A03/C06
RC194	513234	4556422	Ariano Irpino	A03
RC195	513240	4556427	Ariano Irpino	A04/C02/F03
RC196	513247	4556347	Ariano Irpino	A03
RC197	513323	4556182	Ariano Irpino	A03
RC198	513327	4556210	Ariano Irpino	A04
RC199	513332	4556164	Ariano Irpino	A03/C06
RC200	516440	4558789	Ariano Irpino	A03/E07
RC201	516642	4558798	Ariano Irpino	A03/C02
RC202	516706	4558790	Ariano Irpino	A03/C02
RC203	516736	4558809	Ariano Irpino	A03
RC204	516862	4558673	Ariano Irpino	A03/D10
RC205	516763	4558813	Ariano Irpino	A03/C06
RC206	516761	4558828	Ariano Irpino	A03
RC207	516775	4558827	Ariano Irpino	A03
RC208	516837	4558802	Ariano Irpino	A03
RC209	517033	4558403	Ariano Irpino	A03/D10
RC210	517020	4558486	Ariano Irpino	A03/E07
RC211	516905	4558754	Ariano Irpino	A04
RC212	516880	4558667	Ariano Irpino	A03
RC213	517200	4558725	Ariano Irpino	A03
RC214	517081	4558708	Ariano Irpino	A03/D10
RC215	517014	4558682	Ariano Irpino	A03/D10
RC216	517192	4558809	Ariano Irpino	A04
RC217	517227	4558839	Monteleone di Puglia	A04/D10/F02
RC218	517066	4558821	Monteleone di Puglia	A04/D10/F02
RC219	518759	4558517	Monteleone di Puglia	A03/D10
RC220	518702	4558480	Monteleone di Puglia	A03/D10

Ricettore	Coordinate UTM-WGS 84 fuso 33		Comune	Categoria catastale
	Est	Nord		
RC221	519118	4558559	Monteleone di Puglia	A03/D10
RC222	519104	4558547	Monteleone di Puglia	A03/D10
RC223	519094	4558570	Monteleone di Puglia	A03
RC224	519109	4558579	Zungoli	A02
RC225	519416	4557585	Zungoli	A02/A04/C02
RC226	516689	4554098	Zungoli	A02/A04/C02
RC227	516516	4553928	Zungoli	A02/C02/C06
RC228	516494	4553908	Zungoli	A04
RC229	516719	4553745	Zungoli	A04
RC230	516810	4553734	Zungoli	A04
RC231	516889	4553751	Ariano Irpino	A02/C02/F03
RC232	516900	4553777	Zungoli	A04
RC233	514036	4553966	Villanova del Battista	A04/C06
RC234	516678	4553655	Villanova del Battista	A04/C02
RC235	514149	4553908	Villanova del Battista	A04
RC236	514105	4553854	Ariano Irpino	A03/C02
RC237	514046	4553868	Ariano Irpino	A03/C02
RC238	514006	4553907	Villanova del Battista	A04
RC239	513958	4553848	Ariano Irpino	A03/C06
RC240	514011	4553755	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC241	514104	4554450	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC242	513890	4554337	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC243	513874	4554320	Ariano Irpino	A03/D10
RC244	513865	4554345	Ariano Irpino	A03/C02
RC245	514260	4554165	Ariano Irpino	A03
RC246	514094	4554917	Ariano Irpino	A03/C02
RC247	514150	4554933	Ariano Irpino	A03/C02/F03
RC248	513925	4554962	Ariano Irpino	A03/C02/F03
RC249	513914	4555021	Ariano Irpino	A03/C02/F03
RC250	513891	4555022	Ariano Irpino	A03/C02
RC251	513910	4555036	Ariano Irpino	A03
RC252	512655	4555698	Ariano Irpino	A02
RC253	512676	4555749	Ariano Irpino	A03
RC254	512669	4555796	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC255	512704	4555806	Ariano Irpino	A03

Ricettore	Coordinate UTM-WGS 84 fuso 33		Comune	Categoria catastale
	Est	Nord		
RC256	512678	4555827	Ariano Irpino	A03/C02/C03/F03
RC257	512721	4555867	Ariano Irpino	A03/C02
RC258	512739	4555882	Ariano Irpino	A03/C02
RC259	512800	4555915	Ariano Irpino	A03/C02
RC260	512773	4555922	Ariano Irpino	A03/C02
RC261	512817	4555920	Ariano Irpino	A03/C02
RC262	512821	4555960	Ariano Irpino	A03/C02
RC263	512779	4555942	Ariano Irpino	A03/C01/C02
RC264	512791	4555945	Ariano Irpino	A03/C02
RC265	512962	4555953	Ariano Irpino	A03/C02
RC266	512913	4555991	Ariano Irpino	A03/C02
RC267	513016	4555894	Ariano Irpino	A02/C02
RC268	512574	4556117	Ariano Irpino	A03
RC269	512608	4556121	Ariano Irpino	A03/F03
RC270	512656	4556150	Ariano Irpino	A03/C02
RC271	512678	4556169	Ariano Irpino	A03/F02
RC272	512602	4556202	Ariano Irpino	A03/F02
RC273	512572	4556195	Ariano Irpino	A03/C02/C06/F03
RC274	512547	4556200	Ariano Irpino	A03
RC275	512466	4556219	Ariano Irpino	A03
RC276	512438	4556256	Ariano Irpino	A03/C02
RC277	512475	4556142	Ariano Irpino	A03/C02
RC278	512551	4556349	Ariano Irpino	A03/C02
RC279	512544	4556358	Ariano Irpino	A03/C02
RC280	512540	4556341	Ariano Irpino	A03
RC281	512511	4556341	Ariano Irpino	A03/C02
RC282	512490	4556347	Ariano Irpino	A03/C02
RC283	512568	4556362	Ariano Irpino	A03/C06
RC284	512553	4556330	Ariano Irpino	A03/C06
RC285	514738	4557322	Ariano Irpino	A03/C02/C06/F03
RC286	514679	4557468	Ariano Irpino	A03/C02
RC287	514787	4557501	Ariano Irpino	A03/C06
RC288	514779	4557398	Ariano Irpino	A03/C02
RC289	514738	4557365	Ariano Irpino	A04
RC290	516838	4556618	Ariano Irpino	A03
RC291	516907	4556726	Ariano Irpino	A03/C02/C06
RC292	512420	4556299	Ariano Irpino	A03/C02
RC293	512847	4556825	Ariano Irpino	A03/C02
RC294	513075	4556653	Ariano Irpino	A03/C06

Ricettore	Coordinate UTM-WGS 84 fuso 33		Comune	Categoria catastale
	Est	Nord		
RC295	513098	4556647	Zungoli	A04
RC296	517389	4558958	Ariano Irpino	A03/C02
RC297	516934	4553978	Ariano Irpino	D10
RC298	516736	4554272	Ariano Irpino	D10
RC299	516662	4555975	Ariano Irpino	D10
RC300	516689	4555955	Monteleone di Puglia	D10
RC301	519128	4558569	Ariano Irpino	A03/C06

La seguente tabella riporta le coordinate degli aerogeneratori previsti in progetto (D max 162 m, h Hub 115 m).

Tabella 2: Coordinate areogeneratori

WTG	D rotore	Coordinate UTM-WGS84 zone 33N	
		Est	Nord
B01	162	511417	4564384
B02	162	509572	4565741
B03	162	511119	4565435
B04	162	508752	4562685
B05	162	514041	4556498
B06	162	517823	4557894
B07	162	512519	4562378
B08	162	516119	4557965
B09	162	510238	4562567
B10	162	515850	4556277
B11	162	509272	4563218
B12	162	510363	4563949
B13	162	515343	4554344
B14	162	512389	4562982

4 Modello 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 comunemente per la progettazione di impianti eolici contengono moduli specifici per il calcolo e l'analisi del fenomeno di flickering.

L'analisi si basa necessariamente 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 (coordinate baricentriche del dominio di calcolo).

Nello specifico, nel presente studio, è stato impiegato il modulo shadow flickering del software WindFarm 5.0.1.2 (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 o dell'altezza complessiva del generatore eolico.

Come accennato sopra, nel caso in esame, per quanto concerne le simulazioni effettuate, si è assunta una distanza massima di influenza del fenomeno in esame pari a 10 volte il diametro dell'aerogeneratore di progetto (1620 m) ed un angolo minimo di altezza del sole sull'orizzonte pari a 3°. 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.

In particolare, il modello numerico utilizzato, al pari degli altri presenti sul mercato, produce in output una mappa di impatto nel caso più penalizzante, il così detto "WORST CASE", corrispondente alle ore in cui il sole permane al di sopra dell'orizzonte nell'arco dell'anno (ore di luce, ca. 4380 h/a), indipendentemente dalla presenza o meno di nubi, le quali inficerebbero il fenomeno stesso dello shadow flickering per l'impossibilità che si generino ombre.

Nello specifico, il worst case è caratterizzato dalle seguenti ipotesi:

- assenza di qualsiasi ostacolo naturale o artificiale (alberature, muri di cinta, edifici, ecc...), ad eccezione dell'orografia dell'area, frapposto tra i ricettori e gli aerogeneratori, tale da limitare o eliminare completamente il fenomeno dello shadow flickering;
- aerogeneratori sempre operativi;
- presenza di sole durante tutto il periodo diurno dell'anno (assenza di nubi);
- perpendicolarità tra il piano del rotore e la congiungente sole-ricettore (worst case wind direction), ovvero l'aerogeneratore insegue il sole;

Ciò considerato si evince che i risultati ai quali si perverrà risultano estremamente cautelativi, trattandosi di una stima puramente teorica.

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, e quello delle ore stimate di funzionamento dell'impianto eolico nell'arco dell'anno. Per l'area in esame il valore medio di eliofania corrisponde a circa 2400 h/a^{1,2}, quindi, i risultati del calcolo possono, ragionevolmente, essere abbattuti del 49.77 %, pari al complemento a 1 del rapporto $2200/4380 = 50.23$ %.

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 49.77 % 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 il parco eolico in esame le ore macchina sono state stimate nell'ordine del 88.00%, ovvero 7709 ore. Tenendo conto dei valori di disponibilità dell'impianto e della rete rispettivamente pari al 98% e 99%, si può assumere in maniera ragionevole come probabilità che la pala risulti in movimento e che la rete risulti disponibile un valore del 85%.

In definitiva, i valori calcolati dal modello numerico (ore di ombreggiamento intermittente all'anno presso i diversi ricettori individuati) possono, realisticamente, essere ridotti di un fattore pari al complemento a 1 del prodotto $50.23\% \times 88.00\% = 44.20$ %, ovvero **55.80 %**, corrispondente alla probabilità composta di avere contemporaneamente l'occorrenza di rotore in rotazione (vento) e sole libero da nubi (ombre), fenomeni, questi ultimi, stocasticamente indipendenti per cui la probabilità composta risulta pari al prodotto delle singole probabilità.

¹Pinna M. (1985). L'eliofania in Italia. Mem. Soc. Geogr. It., 39: pag. 23-58.

² Lavagnini A., Martorelli S., Coretti C. (1987). Radiazione solare in Italia. Mappe mensili della radiazione globale giornaliera. Roma, CNR, Ist. Fis. Atm., pag. 48.

5 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 hanno tenuto 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 recettori;
- dell'orografia locale, tramite un modello digitale del terreno (DTM) dell'area di installazione del parco;
- 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 nella seguente tabella.

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 0.55-0.75 Hz (corrispondenti a 11 - 15 rpm, circa un passaggio ogni 1.8-1.3 secondi). 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.

La tabella seguente riassume i risultati dell'analisi eseguita secondo la metodologia di calcolo descritta nelle sezioni precedenti.

Tabella 3: risultati del calcolo

Ricettore	Worst case (caso peggiore)		Caso "realistico"	Categoria catastale
	giorni/anno	ore/anno	[ore/anno]	
RC01	0	0	0.0	A03/D10
RC02	0	0	0.0	A04
RC03	45	16.5	3.6	A03/C02/C06
RC04	46	16.3	3.6	A03/D10
RC05	105	96.5	21.3	A03/D10
RC06	110	99.1	21.9	A03/D10
RC07	109	98.2	21.7	A04/C02
RC08	0	0	0.0	A03

Ricettore	Worst case (caso peggiore)		Caso "realistico"	Categoria catastale
	giorni/anno	ore/anno	[ore/anno]	
RC09	40	13.6	3.0	A03/C02/C06
RC10	37	11.8	2.6	A03
RC11	34	9.1	2.0	A03/D10
RC12	41	13.7	3.0	A03
RC13	40	12.7	2.8	A03/D10
RC14	168	91.4	20.2	A03/D10
RC15	155	83.6	18.5	A03/C02
RC16	138	112.8	24.9	A03/C02/C04
RC17	132	105.4	23.3	A03
RC18	137	113.5	25.1	A03/D10
RC19	102	66.8	14.8	A03/D10
RC20	0	0	0.0	A03/C02/C06
RC21	72	47	10.4	A03/C02
RC22	56	17.1	3.8	A04/D10
RC23	0	0	0.0	A06/D10
RC24	0	0	0.0	A04/C02/F02
RC25	0	0	0.0	A04
RC26	0	0	0.0	A04/C02
RC27	0	0	0.0	A04/C02/F02
RC28	17	2.8	0.6	A04/C02
RC29	58	67.4	14.9	A04
RC30	67	83.6	18.5	A04
RC31	133	226.1	50.0	A02/C02/C06
RC32	251	223.5	49.4	A03/C02/C06
RC33	34	8.7	1.9	A03/C02/C06
RC34	34	8.9	2.0	A03/C02
RC35	34	9	2.0	A10
RC36	34	8.9	2.0	A03/C06
RC37	111	121.2	26.8	A03
RC38	141	130.3	28.8	A03/C02
RC39	216	192.5	42.5	A03/C02
RC40	220	192.9	42.6	A04
RC41	222	191.4	42.3	A03/C02
RC42	220	191	42.2	A03/C02/F03
RC43	234	173.7	38.4	A03
RC44	202	148.4	32.8	A03/D10
RC45	82	64.8	14.3	A03/D10
RC46	81	63.5	14.0	A03/D10
RC47	83	66.5	14.7	A03/D10
RC48	86	68.9	15.2	A03/D10
RC49	80	62.9	13.9	A03/D10
RC50	79	61.4	13.6	A03/D10
RC51	161	131.4	29.0	A03/D10

Ricettore	Worst case (caso peggiore)		Caso "realistico"	Categoria catastale
	giorni/anno	ore/anno	[ore/anno]	
RC52	166	146.3	32.3	A03/D10
RC53	147	129.6	28.6	A03/D10
RC54	158	143.6	31.7	A03/C02
RC55	100	87.6	19.4	A03/C02/C06
RC56	0	0	0.0	A03
RC57	0	0	0.0	A03/D10
RC58	0	0	0.0	A03/D10
RC59	0	0	0.0	A03/C02
RC60	0	0	0.0	A03
RC61	0	0	0.0	A03
RC62	0	0	0.0	A03
RC63	0	0	0.0	A03/CF03
RC64	0	0	0.0	A03
RC65	0	0	0.0	A04/D10
RC66	0	0	0.0	A02
RC67	95	88.7	19.6	A03/C02/D10
RC68	90	75	16.6	A03/C02/D10
RC69	96	78	17.2	A03/C02/D10
RC70	98	80	17.7	A03/D10
RC71	0	0	0.0	A03/C02
RC72	38	9.8	2.2	A03/C02
RC73	38	10	2.2	A03/C02/C06
RC74	137	138.5	30.6	A03
RC75	135	156.5	34.6	A04/C02
RC76	0	0	0.0	A04/C02
RC77	0	0	0.0	A03
RC78	41	22.4	5.0	A03
RC79	42	23.6	5.2	A03/C02
RC80	95	103.9	23.0	A03
RC81	93	103.4	22.9	A03/C02
RC82	83	83.4	18.4	A03
RC83	71	68	15.0	A03
RC84	92	46.8	10.3	A03/C02/C06
RC85	40	23.9	5.3	A03/C02/C06
RC86	48	34.3	7.6	A03
RC87	66	62.5	13.8	A03/C02/C06
RC88	58	48.4	10.7	A03/C02/C06
RC89	55	42.7	9.4	A04/D10
RC90	0	0	0.0	A04/D10
RC91	0	0	0.0	A04/D10
RC92	0	0	0.0	A03/C02
RC93	0	0	0.0	A03/C02

Ricettore	Worst case (caso peggiore)		Caso "realistico"	Categoria catastale
	giorni/anno	ore/anno	[ore/anno]	
RC94	0	0	0.0	A03/C02
RC95	0	0	0.0	A03/D10
RC96	105	124.4	27.5	A03/D10
RC97	120	148.1	32.7	A03/D10
RC98	124	152	33.6	A03/D10
RC99	136	169.5	37.5	A03/D10
RC100	118	145.7	32.2	A03/D10
RC101	117	150.2	33.2	A03/D10
RC102	134	178.2	39.4	A03/C06
RC103	36	17.8	3.9	A03
RC104	0	0	0.0	A04/C02/F03
RC105	121	156.5	34.6	A03/C06
RC106	140	121.4	26.8	A03
RC107	132	116.3	25.7	D10
RC108	0	0	0.0	A03/C06
RC109	0	0	0.0	A03/D01
RC110	66	29.3	6.5	A03/D01
RC111	65	29	6.4	A03
RC112	125	83.4	18.4	A03
RC113	136	91.9	20.3	A03
RC114	111	75.6	16.7	A03/C02/F03
RC115	69	52.1	11.5	A03
RC116	77	60.9	13.5	A03/C02
RC117	174	95.3	21.1	A03
RC118	185	99.8	22.1	A03/C02/C06
RC119	166	95.9	21.2	A03/C02/C06
RC120	170	100.5	22.2	A04
RC121	180	109.7	24.2	A03/C02
RC122	186	98.1	21.7	A03/C02
RC123	215	113.5	25.1	A03/F03
RC124	212	125.5	27.7	A07/C02/CO
RC125	86	40	8.8	A07/C02/CO
RC126	77	30.6	6.8	A03
RC127	60	12.8	2.8	A02
RC128	135	47.8	10.6	A03/C02/C06
RC129	36	13	2.9	A03/C02/F02
RC130	28	9.8	2.2	A03

Ricettore	Worst case (caso peggiore)		Caso "realistico"	Categoria catastale
	giorni/anno	ore/anno	[ore/anno]	
RC131	74	35.8	7.9	A03
RC132	155	91.1	20.1	A03
RC133	58	19.3	4.3	A04
RC134	57	19	4.2	A03
RC135	43	17.6	3.9	A04
RC136	72	26.3	5.8	A03
RC137	109	54.4	12.0	A03
RC138	135	61.9	13.7	A03
RC139	124	65.4	14.5	A03/C02
RC140	140	75.9	16.8	A03/A04
RC141	144	77.2	17.1	A04
RC142	146	78.8	17.4	A04
RC143	155	75.7	16.7	A04
RC144	107	63.6	14.1	A03
RC145	83	46.7	10.3	A03
RC146	77	42.9	9.5	A03/D10
RC147	10	1.2	0.3	A07
RC148	32	10.2	2.3	A03
RC149	71	30.7	6.8	A03/C02
RC150	87	33.4	7.4	A03
RC151	27	6.8	1.5	A03/C02
RC152	75	31	6.9	A03/C02/C06
RC153	214	132.7	29.3	A04
RC154	58	36.3	8.0	A04
RC155	119	63.5	14.0	A04/D10
RC156	145	76.4	16.9	A04/C02
RC157	150	76.4	16.9	A03/D10
RC158	153	85.4	18.9	A03/D10
RC159	157	84.2	18.6	A04
RC160	124	64.6	14.3	A04/C01
RC161	161	88.7	19.6	A04
RC162	41	15	3.3	A04
RC163	69	44.5	9.8	A04
RC164	60	27.2	6.0	A04/C02/C06
RC165	133	56.8	12.6	A04/C06
RC166	91	46.1	10.2	A04/C02
RC167	21	3.6	0.8	A03
RC168	57	32.8	7.2	A02/D10

Ricettore	Worst case (caso peggiore)		Caso "realistico"	Categoria catastale
	giorni/anno	ore/anno	[ore/anno]	
RC169	55	23.3	5.1	A02/D10
RC170	58	26.9	5.9	A03/D10
RC171	67	33.6	7.4	A03/D10
RC172	72	37.1	8.2	A03/C02/C06
RC173	52	25	5.5	A04
RC174	64	36.3	8.0	A07
RC175	36	11.9	2.6	A03/C06
RC176	35	11.6	2.6	A03/C02/C06
RC177	150	97.1	21.5	A03/C02
RC178	0	0	0.0	A03/C02/C06
RC179	0	0	0.0	A03/C02/C06
RC180	28	7	1.5	A03/C06
RC181	91	75.7	16.7	A03/C02/D10
RC182	92	73.3	16.2	A03/C02
RC183	58	14.3	3.2	A03/C02
RC184	97	54.2	12.0	A03/C02
RC185	89	50.5	11.2	A03/C02
RC186	103	63.6	14.1	A03/D10
RC187	62	31.1	6.9	A03/C02
RC188	58	29.1	6.4	A04
RC189	72	37.7	8.3	A04
RC190	79	41.3	9.1	A04
RC191	100	59.4	13.1	A04/C02
RC192	78	46.1	10.2	A04
RC193	92	44.2	9.8	A03
RC194	95	30	6.6	A03/D10
RC195	60	37.1	8.2	A03/D10
RC196	60	38	8.4	A03/C02/C06
RC197	90	54.1	12.0	A03/C02
RC198	37	6.8	1.5	A03/C02
RC199	67	39.7	8.8	A03/C02
RC200	0	0	0.0	A03
RC201	0	0	0.0	A03
RC202	58	22.5	5.0	A04
RC203	51	18.9	4.2	A03/C06
RC204	42	13.6	3.0	A03/E07
RC205	57	40.4	8.9	A03/C02
RC206	34	10.5	2.3	A03/C02
RC207	30	7.9	1.7	A03
RC208	26	6.1	1.3	A03/D10
RC209	18	3	0.7	A03
RC210	126	81.3	18.0	A03
RC211	107	84.5	18.7	A03/D10

Ricettore	Worst case (caso peggiore)		Caso "realistico"	Categoria catastale
	giorni/anno	ore/anno	[ore/anno]	
RC212	24	8.9	2.0	A03/E07
RC213	56	45.3	10.0	A04
RC214	71	30.7	6.8	A03
RC215	64	29.3	6.5	A03
RC216	64	38.2	8.4	A03/D10
RC217	53	20.3	4.5	A03/D10
RC218	50	18.3	4.0	A04
RC219	31	9.4	2.1	A04/D10/F02
RC220	89	42.3	9.3	A04/D10/F02
RC221	93	47.3	10.5	A03/D10
RC222	50	15.2	3.4	A03/D10
RC223	51	15.6	3.4	A03/D10
RC224	54	16.4	3.6	A03/D10
RC225	53	15.8	3.5	A03
RC226	0	0	0.0	A02
RC227	20	6.5	1.4	A02/A04/C02
RC228	44	14.2	3.1	A02/A04/C02
RC229	48	15.5	3.4	A02/C02/C06
RC230	48	12.4	2.7	A04
RC231	39	9.7	2.1	A04
RC232	0	0	0.0	A04
RC233	0	0	0.0	A02/C02/F03
RC234	28	7.5	1.7	A04
RC235	58	16.4	3.6	A04/C06
RC236	38	10.6	2.3	A04/C02
RC237	45	12.9	2.9	A04
RC238	37	10.5	2.3	A03/C02
RC239	32	8.8	1.9	A03/C02
RC240	35	9.1	2.0	A04
RC241	54	12.8	2.8	A03/C06
RC242	24	9.9	2.2	A03/C02/C06
RC243	31	10.6	2.3	A03/C02/C06

Ricettore	Worst case (caso peggiore)		Caso "realistico"	Categoria catastale
	giorni/anno	ore/anno	[ore/anno]	
RC244	32	10.5	2.3	A03/C02/C06
RC245	32	10.6	2.3	A03/D10
RC246	52	20.2	4.5	A03/C02
RC247	46	17.9	4.0	A03
RC248	49	19.7	4.4	A03/C02
RC249	31	9.7	2.1	A03/C02/F03
RC250	24	6.6	1.5	A03/C02/F03
RC251	24	6.5	1.4	A03/C02/F03
RC252	21	5.3	1.2	A03/C02
RC253	0	0	0.0	A03
RC254	21	3.6	0.8	A02
RC255	44	15	3.3	A03
RC256	42	13.6	3.0	A03/C02/C06
RC257	46	12.9	2.9	A03
RC258	45	10.3	2.3	A03/C02/C03/F03
RC259	57	22.2	4.9	A03/C02
RC260	64	29.2	6.5	A03/C02
RC261	69	31.7	7.0	A03/C02
RC262	63	28.6	6.3	A03/C02
RC263	74	35.7	7.9	A03/C02
RC264	73	33.4	7.4	A03/C02
RC265	73	34.6	7.6	A03/C01/C02
RC266	46	18.4	4.1	A03/C02
RC267	69	35	7.7	A03/C02
RC268	0	0	0.0	A03/C02
RC269	46	16.6	3.7	A02/C02
RC270	47	17.5	3.9	A03
RC271	49	18.4	4.1	A03/F03
RC272	49	18.7	4.1	A03/C02
RC273	43	15.6	3.4	A03/F02
RC274	41	14.9	3.3	A03/F02
RC275	40	14.4	3.2	A03/C02/C06/F03
RC276	37	12.6	2.8	A03
RC277	0	0	0.0	A03
RC278	40	13.7	3.0	A03/C02
RC279	36	13.1	2.9	A03/C02
RC280	36	13	2.9	A03/C02
RC281	37	13	2.9	A03/C02
RC282	36	12.5	2.8	A03
RC283	36	12.2	2.7	A03/C02
RC284	37	13.4	3.0	A03/C02

Ricettore	Worst case (caso peggiore)		Caso "realistico"	Categoria catastale
	giorni/anno	ore/anno	[ore/anno]	
RC285	38	13.3	2.9	A03/C06
RC286	80	30	6.6	A03/C06
RC287	51	16.3	3.6	A03/C02/C06/F03
RC288	56	19.8	4.4	A03/C02
RC289	92	29.9	6.6	A03/C06
RC290	89	29.3	6.5	A03/C02
RC291	53	23.2	5.1	A04
RC292	54	21	4.6	A03
RC293	0	0	0.0	A03/C02/C06
RC294	33	13.8	3.0	A03/C02
RC295	51	26.5	5.9	A03/C02
RC296	53	27.7	6.1	A03/C06
RC297	41	13.3	2.9	A04
RC298	0	0	0.0	A03/C02
RC299	0	0	0.0	D10
RC300	112	67.9	15.0	D10
RC301	108	65.2	14.4	D10

Nello specifico, la tabella precedente riporta il numero di giorni e di ore in cui è fisicamente possibile che il fenomeno si presenti (caso peggiore) e il valore realistico atteso di ore nell'arco dell'anno in cui il fenomeno potrebbe presentarsi. A tal proposito è importante sottolineare che anche il caso realistico, valutato tenendo conto dell'eliofania locale nonché delle ore di funzionamento dell'impianto (rotore in rotazione), rappresenta comunque un valore cautelativo in quanto nella stima non si è tenuto conto degli effetti mitigativi dovuti al fatto che il piano di rotazione delle pale non sempre risulta ortogonale alla direttrice sole-ricettore e all'eventuale presenza di ostacoli e/o vegetazione interposti tra il sole ed il singolo ricettore analizzato.

Dall'analisi della tabella si evince che, dei ricettori considerati nel buffer di 1620 m dagli aerogeneratori, i fabbricati interassati dal fenomeno in esame per un totale superiore alle 30h/anno sono: **R30, R31, R38, R39, R40, R41, R42**

Inoltre, **nessuna** abitazione risulta soggetta ad una durata superiore a 30 minuti al giorno.

Il dettaglio dei fabbricati che potrebbero essere soggetti al fenomeno dello shadow flickering è riportato nella tavola grafica allegata alla presente relazione.

In linea generale, l'effetto si può considerare trascurabile per via della scarsa durata del fenomeno che si riduce, nel caso realistico, a poche ore l'anno.

Infatti, se si considera il grafico della frequenza relativa alla direzione di provenienza del vento (figura successiva) per la torre anemometrica del parco eolico in oggetto si evince che i risultati sopra riportati possono essere ridotti di almeno un ulteriore 50.0 %, dal momento che le direzioni prevalenti del vento risulta essere **WSW-ENE**.

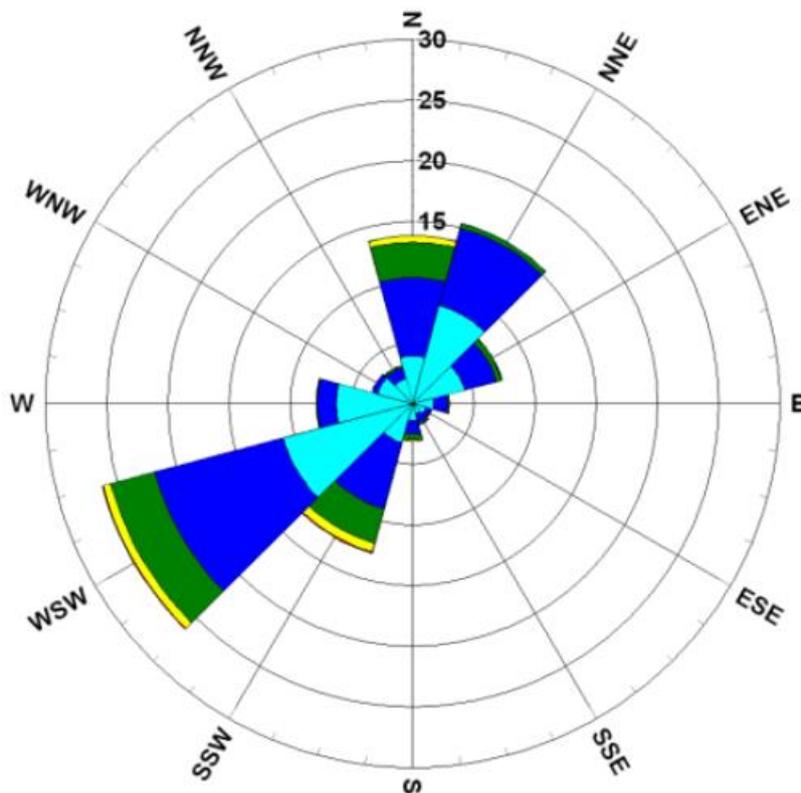


Figura 2: frequenza della direzione di provenienza del vento per la torre anemometrica di riferimento

Inoltre si rappresenta che si tratta di fenomeni:

- limitati nello spazio, in quanto relativi solo a tre edifici molto prossimi;
- episodici durante l'anno e localizzati all'alba o al tramonto;
- di breve durata nel corso della giornata, in quanto ciascun edificio è interessato solo per un breve periodo;
- limitati come intensità, dal momento che la luce del sole, in condizioni di alba o tramonto, risulta di intensità modesta e, quindi, è modesta anche la variazione dovuta allo shadow flickering.

Va altresì sottolineato che:

- la velocità di rotazione dell'aerogeneratore di progetto è dell'ordine di 11 rotazioni al minuto, quindi nettamente inferiore a 60 rpm, frequenza massima raccomandata al fine di ridurre al minimo i fastidi e soddisfare le condizioni di benessere;

Alla luce di quanto sopra esposto, al fine di ridurre e/o annullare completamente il fenomeno in oggetto e di eliminare completamente qualunque disturbo indotto sulle abitazioni interessate potrà essere prevista, di concerto con i proprietari dell'immobile, come intervento di mitigazione, la piantumazione di barriere sempreverdi (normali siepi di recinzione).

Le distanze reciproche tra generatori eolici e ricettori, le condizioni orografiche del sito considerato, determinano la pressoché totale assenza del fenomeno in esame. In aggiunta, il fenomeno si manifesta su un numero limitatissimo di ricettori esclusivamente quando il sole presenta un'altezza inferiore ai 15° sull'orizzonte, pertanto può ritenersi trascurabile, per l'elevata intensità della radiazione diffusa rispetto a quella diretta.

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. Pertanto, si sottolinea che i risultati presentati rappresentano il caso peggiore in cui si verificano i fattori sopra esposti in concomitanza per cui è ragionevole ritenere che tale fenomeno possa essere difficilmente percepito nelle condizioni reali.

In allegato è riportata la mappa delle ore di ombreggiamento (shadow flickering) nel worst case così come elaborata dal modello impiegato.



Allegato 1: Inquadramento ricettori su ortofoto



