



Posouzení Flicker efektu pro záměr VTE Sazomín

**Vyhodnocení vlivů shadow flicker efektu na obydlené oblasti v okolí
plánovaných 3 větrných elektráren, ve dvou variantách, v lokalitě Sazomín
v kraji Vysočina**

Zpracovatel

Integra Consulting s.r.o.
Sudoměřská 1243/25
Praha 3, 130 00
Czech Republic

IČ: 275 66 617
DIČ: CZ275 66 617
office@integracons.com
+420 774 541 484



Zpracovala:

Ing. Kateřina Zemanová

Zadavatel

S&M Develop s.r.o.
Makovského náměstí 3147/2,
Žabovřesky
616 00 Brno
Česká Republika

IČ: 275 34 511
valter@smcz.cz
+420 777 917 238



Integra Consulting s. r. o. je členem konsorcia
INTEGRA Group, v rámci kterého se soustředí především na hodnocení
a využívání přírodních zdrojů s důrazem na biodiverzitu.

Obsah

1.	Úvod.....	3
2.	Základní údaje o záměru.....	4
3.	Metodika hodnocení.....	5
4.	Výsledky hodnocení	9
4.1.	Real case	9
4.2.	Worst case.....	12
5.	Porovnání variant.....	17
6.	Zmírňující opatření.....	18
7.	Závěr.....	19
8.	Použitá literatura	21
9.	Přílohy	21

Seznam obrázků

Obrázek 1: Poloha záměru (podkladová mapa ČÚZK)	5
Obrázek 2: Průměrný denní počet hodin slunečního svitu – stanice Kuchařovice	7
Obrázek 3: Znázornění referenčních bodů v mapě	9
Obrázek 4: Grafické znázornění flicker efektu – hodiny za rok, Real case – Varianta 1.....	10
Obrázek 5: Grafické znázornění flicker efektu – hodiny za rok, Real case – Varianta 2.....	12
Obrázek 6: Grafické znázornění flicker efektu – minuty za den, nejhorší případ (Worst case) – Varianta 1	14
Obrázek 7: Grafické znázornění flicker efektu – minuty za den, nejhorší případ (Worst case) – Varianta 2	16

Seznam Tabulek

Tabulka 1: Vybrané parametry větrných elektráren na lokalitě – Varianta 1	4
Tabulka 2: Vybrané parametry větrných elektráren na lokalitě – Varianta 2	5
Tabulka 3: Popis zvolených referenčních bodů	8
Tabulka 4: Výsledky stínu na receptorech pro hodiny/rok - Real case – Varianta 1.....	10
Tabulka 5: Výsledky stínu na receptorech pro hodiny/rok - Real case – Varianta 2.....	11
Tabulka 6: Výsledky stínu na receptorech pro minuty za den - Worst case – Varianta 1	13
Tabulka 7: Výsledky stínu na receptorech pro minuty za den - Worst case – Varianta 2	16

1. Úvod

Předmětem předkládaného posouzení je vyhodnocení vlivů shadow flicker efektu na obydlené oblasti v okolí plánovaných 3 větrných elektráren, ve dvou variantách, v lokalitě Sazomín v kraji Vysočina.

Zpracováním tohoto posouzení investor reaguje na Závěr zjišťovacího řízení č.j.: KUJI 8733/2025 k záměru Větrné elektrárny Sazomín 3 x 4,1 – 4,3 MW, kde byla stanovena podmínka: „9. Zpracovat detailní studii vlivů stroboskopického efektu, světelného znečištění a světelných efektů s důrazem na vlivy na veřejné zdraví a opatření k jejich minimalizaci. Doplnit mapování vlivu stínového dopadu na domy i obyvatele v průběhu celého roku.“

Pro vyhodnocení flicker efektu výstavby tří větrných elektráren v lokalitě Sazomín byl vypracován počítačový model v programu WindPRO (podrobnosti jsou uvedeny v kap. 3). Výsledkem modelu je vyčíslení doby, po kterou lze v příslušných místech posuzované oblasti očekávat vznik flicker efektu. Výsledky modelu byly následně využity k posouzení významnosti tohoto vlivu v souladu s běžnou praxí ve státech Evropské unie.

Pro pochopení předkládaného posouzení je vhodné vysvětlit některé pojmy, které se týkají optických jevů spojených s provozem větrných elektráren (dále také „VTE“). Větrné elektrárny se projevují jednak statickými optickými jevy v podobě jejich trvalé viditelnosti v krajině, jednak dynamickými efekty, spojenými s pohybem listů rotoru větrných elektráren. Dynamické efekty je z hlediska hodnocení vlivu na obyvatelstvo dále potřeba rozdělit na:

- **Stroboskopický efekt: periodické světelné záblesky vznikající odrazem světla, většinou slunečního záření, od listů rotoru větrné elektrárny**

V současnosti je stroboskopický efekt spojený s provozem větrných elektráren v praxi omezen obvykle standardní povrchovou úpravou listů lopatek. Barevné provedení je dáno požadavky Armády České republiky a řízení letového provozu. Při této povrchové úpravě k obtěžování obyvatelstva stroboskopickým efektem spojeným s odrazy světla nedochází. Stejně řešení lze předpokládat i v případě posuzovaného záměru. Negativní vlivy spojené s tímto druhem stroboskopického efektu lze proto v posuzovaném případě vyloučit.

- **Shadow flicker efekt: změny světelného záření (vrhání stínu) vznikající periodickým zakrýváním slunečního kotouče rotujícími listy rotoru větrné elektrárny.**

Ve vztahu k větrným elektrárnám lze tento efekt specifikovat jako optický jev, který vzniká při průniku slunečního záření přes otáčející se listy rotoru směrem k pozorovateli. Tohoto optického efektu může být dosaženo pouze při určitých meteorologických podmínkách – čelní nebo úhlové natočení rotoru směrem k pozorovateli při nestíněném slunečním svitu. Shadow flicker efekt (dále také „flicker efekt“) jako efekt míhání stínů se posuzuje s ohledem na vznik fotosenzitivní epilepsie a na rušivé změny jasů předmětů v zorném poli člověka. Rušivě může tento efekt působit jak ve vnitřním, tak i ve venkovním prostředí.

Ve venkovní, tj. otevřené a celoprostorově prosvětlené krajině s relativně nízkým kontrastem světlo/stín flicker efekt není nijak zásadním problémem, naopak v místnostech s okny může být jeho projev velmi výrazný. Nicméně výrazný je hodnocený jev pouze v relativně blízkém okolí větrných elektráren, v okruhu cca stovek metrů od objektu dané VTE a za podmínky, že okna dotčeného

objektu jsou orientována alespoň zhruba směrem k VTE; s rostoucí vzdáleností ale i v těchto případech intenzita flicker efektu postupně klesá až do úplného vytracení.

Další podmínkou vlivů flicker efektu je statický pozorovatel, setrvávající alespoň několik desítek vteřin na jednom místě. Flicker efekt tedy není rizikovým jevem z hlediska řidičů a posádek automobilů, případně z hlediska strojvedoucích a cestujících ve vlacích. Posádka jedoucího automobilu nebo vlaku je vzhledem k předpokládané rychlosti jízdy vystavena rotujícím stínům jen několik vteřin, a pokud tento jev vůbec zaregistruje, nebude se z jejího pohledu lišit od řady podobných, běžných a většinou výrazně kontrastnějších efektů, jako např. stíny stromů při průjezdu alejí, stíny oblaků hnaných větrem atd.

V souvislosti s provozem větrných elektráren a flicker efektem bylo v minulosti diskutováno také riziko vzniku nebo zhoršení epilepsie. Podle soudobých poznatků se tyto nežádoucí účinky mohou vyskytovat pouze při vyšších frekvencích, než jaké jsou standardně produkovány při provozu VTE. Pouze méně než 5 % fotosenzitivních epileptiků je citlivých na frekvence nižší než 2,5 – 3 Hz. Třílísté rotory větrných elektráren operují s frekvencemi výrazně pod 2 Hz, u novějších typů VTE často až pod 1 Hz. Při zohlednění těchto skutečností, malého procenta epileptiků v populaci a malého počtu obyvatel, kteří budou případnému flicker efektu záměru vystaveni, je toto zdravotní riziko zanedbatelné.

2. Základní údaje o záměru

Předmětem záměru je **výstavba tří větrných elektráren** v k.ú Sazomín v kraji Vysočina (dále také „záměr“). Na lokalitě je plánována výstavba VTE typu **Enercon E-138 EP3 (4,260 kW)**. Záměr je zvažován ve dvou variantách z hlediska výšky větrné elektrárny – varianta 1 počítá s celkovou výškou 179 m, s výškou tubusu 110 m, varianta 2 počítá s celkovou výškou 161 m, s výškou tubusu 91 m. Níže jsou uvedeny technické parametry tohoto typu VTE a jejich lokalizace.

Varianta 1 – výška tubusu 110 m, celková výška VTE 179 m

Označení VTE	Pata věže (m n.m.)	Průměr rotoru (m)	Výška tubusu (m)	Celková výška VTE (m)	Max. výška m.n.m.	Souřadnice (GPS)	Parcelní číslo	Katastrální území
V1	550	138,25	110	179	729	49.4993994N 15.9664269E	993/56	Sazomín
V2	548	138,25	110	179	727	49.5032358N 15.9663442E	647/9	Sazomín
V3	545	138,25	110	179	724	49.5099422N 15.9654611E	203/59	Sazomín

Tabulka 1: Vybrané parametry větrných elektráren na lokalitě – Varianta 1

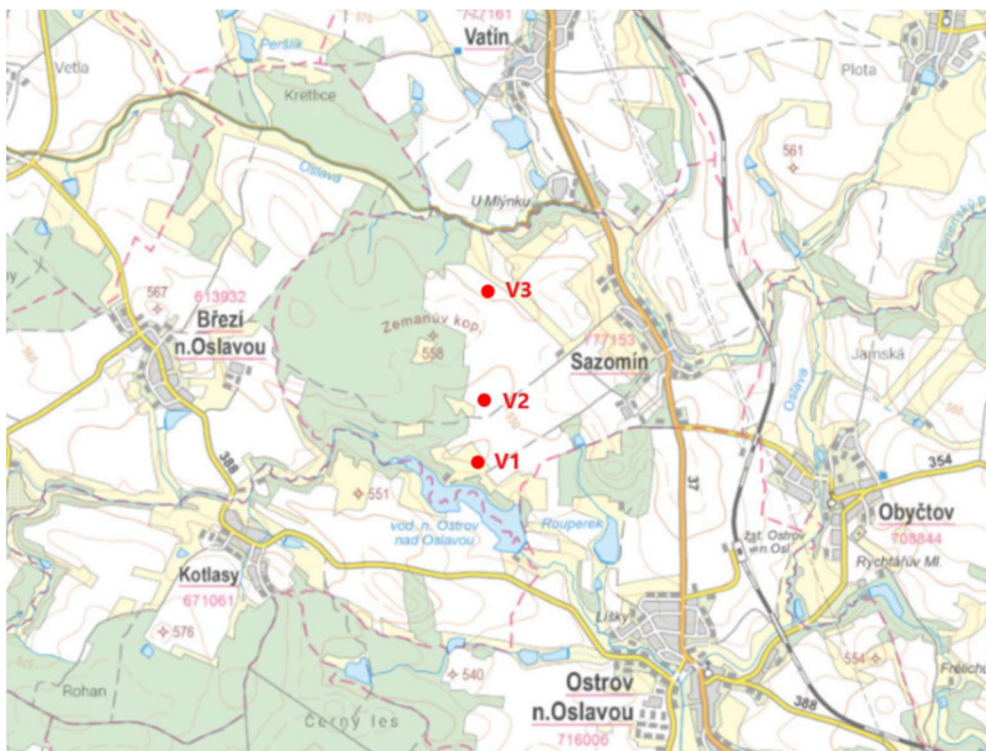
Varianta 2 – výška tubusu 91 m, celková výška VTE 161 m

Označení VTE	Pata věže (m n.m.)	Průměr rotoru (m)	Výška tubusu (m)	Celková výška VTE (m)	Max. výška m.n.m.	Souřadnice (GPS)	Parcelní číslo	Katastrální území
V1	550	138,25	91	161	711	49.4993994N 15.9664269E	993/56	Sazomín

V2	548	138,25	91	161	709	49.5032358N 15.9663442E	647/9	Sazomín
V3	545	138,25	91	161	706	49.5099422N 15.9654611E	203/59	Sazomín

Tabulka 2: Vybrané parametry větrných elektráren na lokalitě – Varianta 2

Poloha záměru je zřejmá z obrázků níže.



Obrázek 1: Poloha záměru (podkladová mapa ČÚZK)

3. Metodika hodnocení

Pro vyhodnocení flicker efektu výstavby tří větrných elektráren v lokalitě Sazomín byl vypracován počítačový model v programu WindPRO. Na základě výstupů zpracovaného modelu byla významnost flicker efektu vyhodnocena na celé ploše zájmové oblasti, respektive na nejbližší obytnou zástavbu (tzv. receptor).

Významnost vlivu byla na základě výsledků modelových výpočtů posuzována v souladu s obvyklou praxí. V České republice a většině zemí Evropské unie neexistují legislativní limity flicker efektu a není jednotný ani metodický přístup k jeho hodnocení. Zvolen byl proto způsob, který je v prostoru Evropské unie obvyklý (viz použitá literatura v kap. 7). **Za potenciálně významně obtěžující je považována situace, kdy výskyt flicker efektu v místě receptoru přesáhne 30 minut denně nebo 30 hodin za rok.** Kromě těchto konkrétních hodnot se v rámci odborné literatury obecně doporučuje, aby se flicker efekt vyhodnocoval v oblasti do vzdálenosti odpovídající desetinásobku průměru rotoru větrných elektráren, což je v případě hodnoceného záměru 1382 m. S rostoucí vzdáleností od turbíny intenzita flicker efektu klesá.

Součástí předkládané zprávy jsou modelové výstupy doby trvání potenciálního flicker efektu vyvolané posuzovaným záměrem a to:

- celková roční doba, po kterou potenciální flicker efekt nastane (hod/rok) ve všech zvolených výpočtových bodech,
- maximální doba trvání flicker efektu ve všech dnech v roce (min/den) a časové období, kdy k flicker efektu dochází ve všech výpočtových bodech.

Metodika výpočtu

Výpočet stínů byl proveden programem WindPRO ve verzi 4.1 za podmínek a postupem uvedeným v manuálu programu WindPRO dostupném z:

https://help.emd.dk/knowledgebase/content/windPRO4.1/c6-UK_windPRO4.1-Environment.html.

Výpočet byl proveden pro jeden typ větrné elektrárny, tj. Enercon E-138 EP3 (4,260 kW), přičemž Varianta 1 byla počítána s výškou tubusu 110 m a alternativní Varianta 2 byla počítána s výškou tubusu 91 m (parametry VTE jsou uvedeny v Tabulce 1 a Tabulce 2 výše).

Výpočet byl proveden za následujících předpokladů:

a) Větrné elektrárny jsou vždy v provozu, bez zkrácení provozní doby.

b) Minimální výška slunce nad obzorem pro ovlivnění 3 °

c) Časový krok pro výpočet 1 minuta

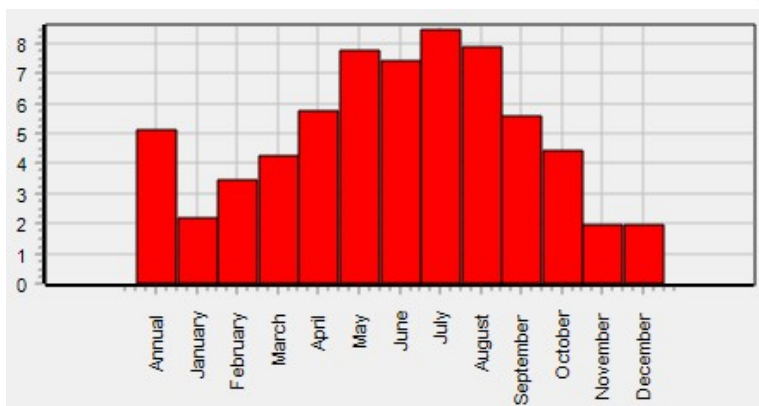
d) Denní krok pro výpočet 1 den

e) Pravděpodobnost slunečního svitu worst case (pro minuty/den) a real case (pro hodiny/rok)

V nejhorším případě (worst case) se předpokládá, že slunce svítí stále tj. od východu do západu slunce, turbína je stále v chodu a rovina rotoru je vždy kolmá na přímkou od větrné turbíny ke slunci. Vypočtené časy jsou tedy nejhorším možným případem, který může nastat, meteorologické podmínky tento případ však téměř vylučují. Pro účely tohoto vyhodnocení byl „**worst case**“ **nicméně zvolen pro výpočet minut s flicker efektem za den** (Minutes per day/Worst case), a to z toho důvodu, že je pravděpodobné, že některé dny v průběhu roku mohou být zcela bezoblačné.

V Příloze 2 (pro výšku tubusu 110) a v Příloze 4 (pro výšku tubusu 91) jsou obsaženy souhrnné výsledky pro model worst case (hodnocené minuty/den, dále rovněž hodiny za rok aj.), včetně grafického výstupu worst case (minuty/den). V kalendáři (Shadow – Calendar) jsou poté vypočteny minuty s flicker efektem pro jednotlivé dny v každém měsíci.

Skutečný případ (real case) zohledňuje průměrný roční počet hodin slunečního svitu, který je vypočítán na základě průměrného denního počtu hodin slunečního svitu v jednotlivých měsících, z nejbližší klimatické stanice: Kuchařovice (viz obrázek níže).



Obrázek 2: Průměrný denní počet hodin slunečního svitu – stanice Kuchařovice

Pro účely tohoto vyhodnocení byl **model „real case“ zvolen pro výpočet hodin s flicker efektem za rok** (Hours per year/Real case), a to z toho důvodu, že tento model zohledňuje průměrnou oblačnost v dané lokalitě, a z pohledu období jednoho roku je již vysoce nepravděpodobné, že by 365 dní byly na posuzované lokalitě pouze bezoblačné dny.

V Příloze 1 (pro výšku tubusu 110) a v Příloze 3 (pro výšku tubusu 91) jsou obsaženy souhrnné výsledky pro model real case (hodiny za rok), včetně grafického výstupu real case (hodiny/rok). V kalendáři (Shadow – Calendar) jsou poté vypočteny minuty s flicker efektem pro jednotlivé dny v každém měsíci.

Pro vyhodnocení Shadow Flicker efektu pro konkrétní lokalitu jsou tyto roční hodnoty (tj. hodiny s shadow flicker efektem (hod/rok) se zohledněním průměrného denního počtu hodin slunečního svitu) relevantnější, než případ worst case.

f) Směr receptoru

Green house mode

V režimu „Green house mode“ receptor (tj. obytná zástavba) nesměruje žádným konkrétním směrem, ale směruje všemi směry (v praxi to znamená, že daný receptor může být ovlivněn ze všech směrů). Tento režim modelu se používá zejména, pokud nejsou známy skutečné vlastnosti receptoru nebo pokud jsou na více stranách domu větrné turbíny, které mohou přispívat k vlivu blikání. Zvolené receptory (referenční body) jsou uvedeny níže v Tabulce 3.

g) Použitý výškový profil

Project Wizard Elevation Data Grid
(Czech Republic DTM - 20m grid).

h) Souřadnice

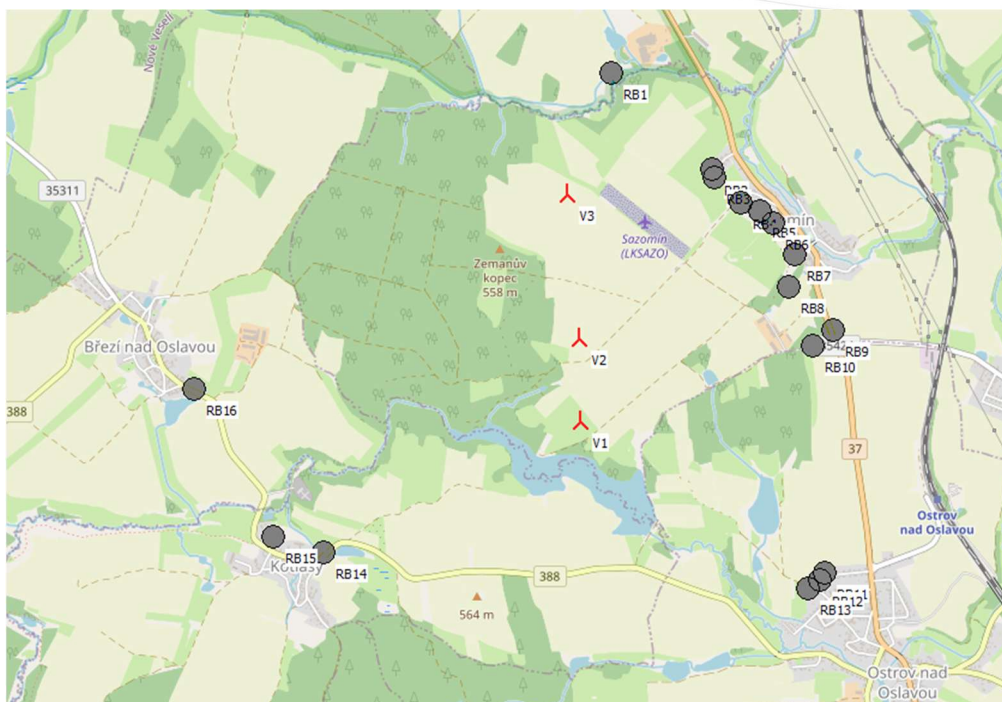
Geo [deg]-WGS84

Hodnocené referenční body

Ve výpočtu jsou zohledněny referenční body (tedy receptory), reprezentující skupinu nejbližších staveb pro bydlení, které byly identifikovány na základě katastru nemovitostí v potenciálně ovlivněné oblasti. Seznam referenčních bodů a jejich vzdálenost od záměru jsou uvedeny v následující tabulce:

Referenční bod	Katastrální území	Číslo popisné	Objekt	Vzdálenost od nejbližší VTE
1	Vatín	34	rodinný dům	670 m
2	Sazomín	90	rodinný dům	766 m
3	Sazomín	83	rodinný dům	769 m
4	Sazomín	17	rodinný dům	894 m
5	Sazomín	79	rodinný dům	1000 m
6	Sazomín	91	rodinný dům	1077 m
7	Sazomín	73	rodinný dům	1199 m
8	Sazomín	č. ev. 2	st. pro rod. rekreaci	1117 m
9	Sazomín	34	rodinný dům	1320 m
10	Sazomín	č.ev. 1	st. pro rod. rekreaci	1211 m
11	Ostrov n. Oslavou	309	rodinný dům	1487 m
12	Ostrov n. Oslavou	308	rodinný dům	1485 m
13	Ostrov n. Oslavou	293	rodinný dům	1460 m
14	Kotlasy	57	rodinný dům	1501 m
15	Kotlasy	60	rodinný dům	1708 m
16	Břeží n. Oslavou	51	rodinný dům	2035 m

Tabulka 3: Popis zvolených referenčních bodů



Obrázek 3: Znázornění referenčních bodů v mapě

4. Výsledky hodnocení

4.1. Real case

Souhrnné výsledky potenciálního flicker efektu v hodinách/rok, na jednotlivých zvolených referenčních bodech pro případ real case – tedy se zohledněním průměrné oblačnosti v dané lokalitě (viz. kapitola 3), jsou uvedeny v následujících tabulkách, pro Variantu 1 (výška tubusu 110 m) i Variantu 2 (výška tubusu 91 m).

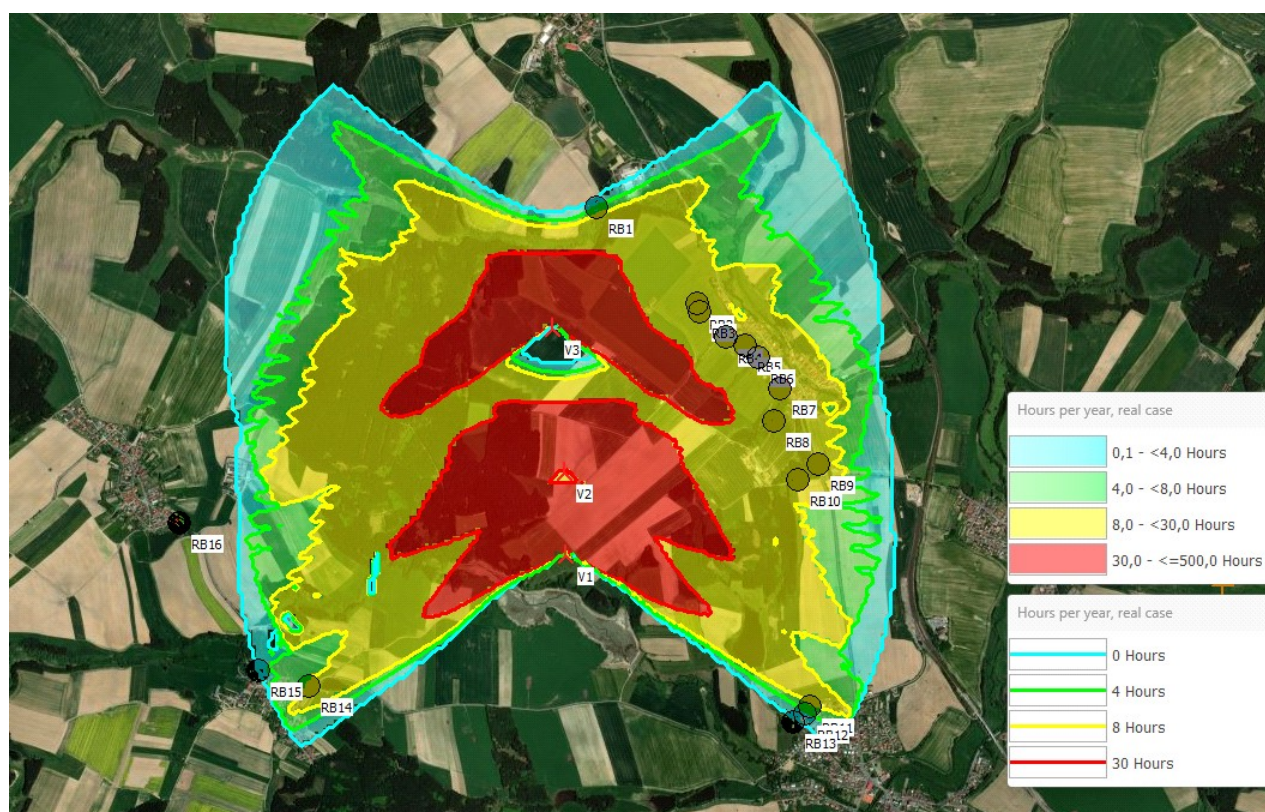
Variantu 1 – výška tubusu 110 m, celková výška VTE 179 m

Referenční bod	Ve výstupech označen jako	Hodiny s shadow flicker efektem (hod/rok) – real case	Dodrženo doporučení 30 hod/rok
1	A RB 1	4:36	✓
2	B RB 2	14:14	✓
3	C RB3	16:15	✓
4	D RB 4	16:11	✓
5	E RB 5	14:55	✓
6	F RB 6	17:26	✓

7	G RB 7	14:50	✓
8	H RB 8	17:49	✓
9	I RB 9	11:39	✓
10	J RB 10	13:45	✓
11	K RB 11	6:56	✓
12	L RB 12	3:09	✓
13	M RB 13	0:00	✓
14	N RB 14	8:35	✓
15	O RB 15	0:00	✓
16	P RB 16	0:00	✓

Tabulka 4: Výsledky stínu na receptorech pro hodiny/rok - Real case – Varianta 1

Níže jsou zobrazeny doby trvání flicker efektu v hodinách za rok na mapě, ve vztahu k jednotlivým referenčním bodům, ve variantě 1.



Obrázek 4: Grafické znázornění flicker efektu – hodiny za rok, Real case – Varianta 1

Z výše uvedených výsledků, a z podrobných výsledků uvedených v Příloze 1 (Souhrnné výsledky z programu WindPRO: Hodiny za rok pro Real case – Varianta 1) vyplývá, že se nejblíží obytná

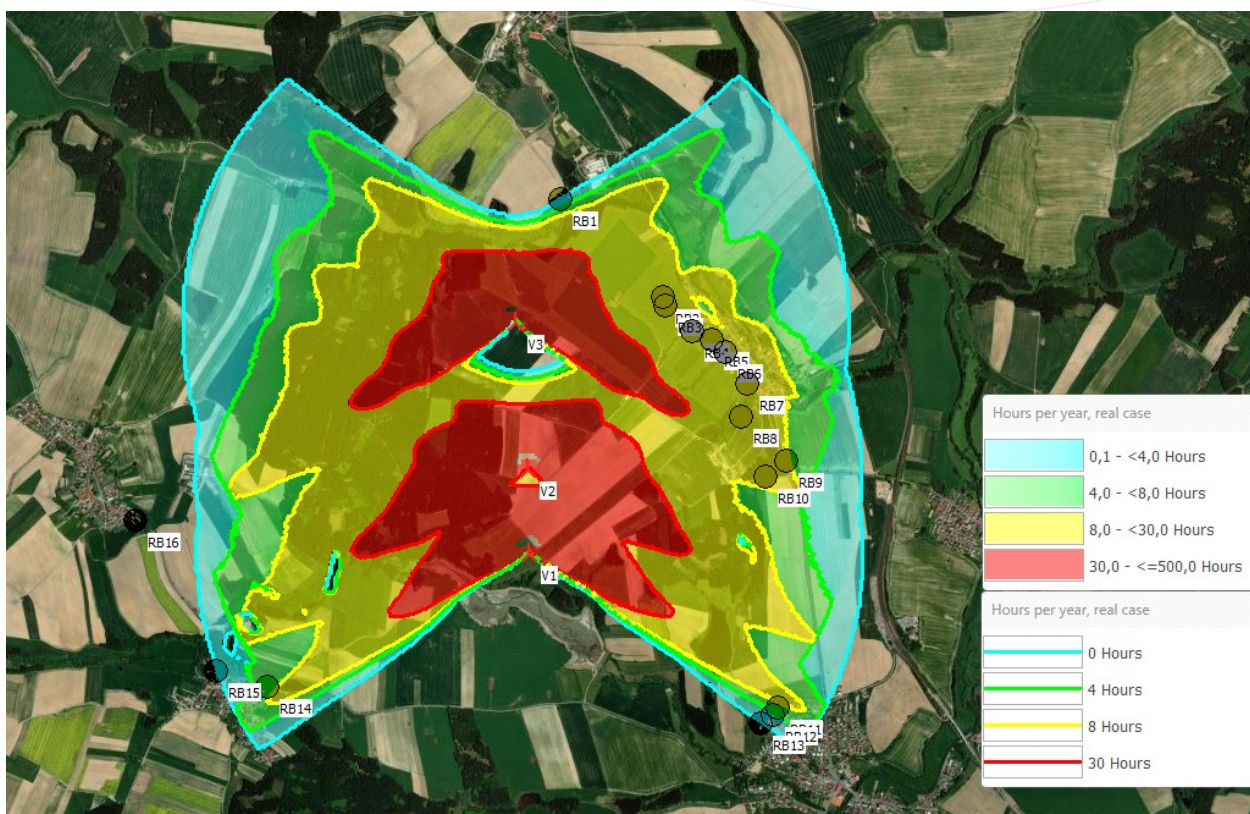
zástavba (resp. většina zvolených referenčních bodů, s výjimkou RB 13, RB 15 a RB 16) nachází v teoretickém dosahu vnímatelného flicker efektu posuzovaného záměru, nicméně, **doba trvání shadow flicker efektu zde nepřesáhne doporučovanou hranici 30 hodin za rok**. Celkově nejdelší působení flicker efektu v hodnocené variantě 1 (17 hodin a 49 minut za rok) lze očekávat v referenčním bodě RB 8 (stavba pro rodinnou rekreaci č. ev. 2 v k.ú. Sazomín). Naopak, v referenčních bodech RB 13, RB 15 a RB 16 k Flicker efektu nedochází.

Varianta 2 – výška tubusu 91 m, celková výška VTE 161 m

Referenční bod	Ve výstupech označen jako	Hodiny s shadow flicker efektem (hod/rok) – real case	Dodrženo doporučení 30 hod/rok
1	A RB 1	0:16	✓
2	B RB 2	8:35	✓
3	C RB3	12:25	✓
4	D RB 4	11:57	✓
5	E RB 5	9:40	✓
6	F RB 6	11:29	✓
7	G RB 7	9:17	✓
8	H RB 8	5:34	✓
9	I RB 9	8:39	✓
10	J RB 10	11:25	✓
11	K RB 11	6:43	✓
12	L RB 12	3:23	✓
13	M RB 13	0:00	✓
14	N RB 14	6:19	✓
15	O RB 15	0:00	✓
16	P RB 16	0:00	✓

Tabulka 5: Výsledky stínu na receptorech pro hodiny/rok - Real case – Varianta 2

Níže jsou zobrazeny doby trvání flicker efektu v hodinách za rok na mapě, ve vztahu k jednotlivým referenčním bodům, ve variantě 2.



Obrázek 5: Grafické znázornění flicker efektu – hodiny za rok, Real case – Varianta 2

Z výše uvedených výsledků, a z podrobných výsledků uvedených v Příloze 3 (Souhrnné výsledky z programu WindPRO: Hodiny za rok pro Real case – Varianta 2) vyplývá, že se nejbližší obytná zástavba (resp. většina zvolených referenčních bodů, s výjimkou RB 13, RB 15 a RB 16) nachází v teoretickém dosahu vnímatelného flicker efektu posuzovaného záměru, nicméně, **doba trvání shadow flicker efektu zde nepřesáhne doporučovanou hranici 30 hodin za rok**. Celkově nejdelší působení flicker efektu v hodnocené variantě 2 (12 hodin a 25 minut za rok) lze očekávat v referenčním bodě RB 3 (rodinný dům č.p. 83 v k.ú. Sazomín).

4.2. Worst case

Souhrnné výsledky potenciálního flicker efektu v minutách za den, na jednotlivých zvolených receptorech pro případ worst case – tedy v nejhorším případě, kdy se předpokládá, že slunce svítí stále a turbíny jsou neustále v provozu (od východu do západu slunce - viz. kapitola 3), jsou uvedeny v následujících tabulkách, pro Variantu 1 (výška tubusu 110 m) i Variantu 2 (výška tubusu 91 m).

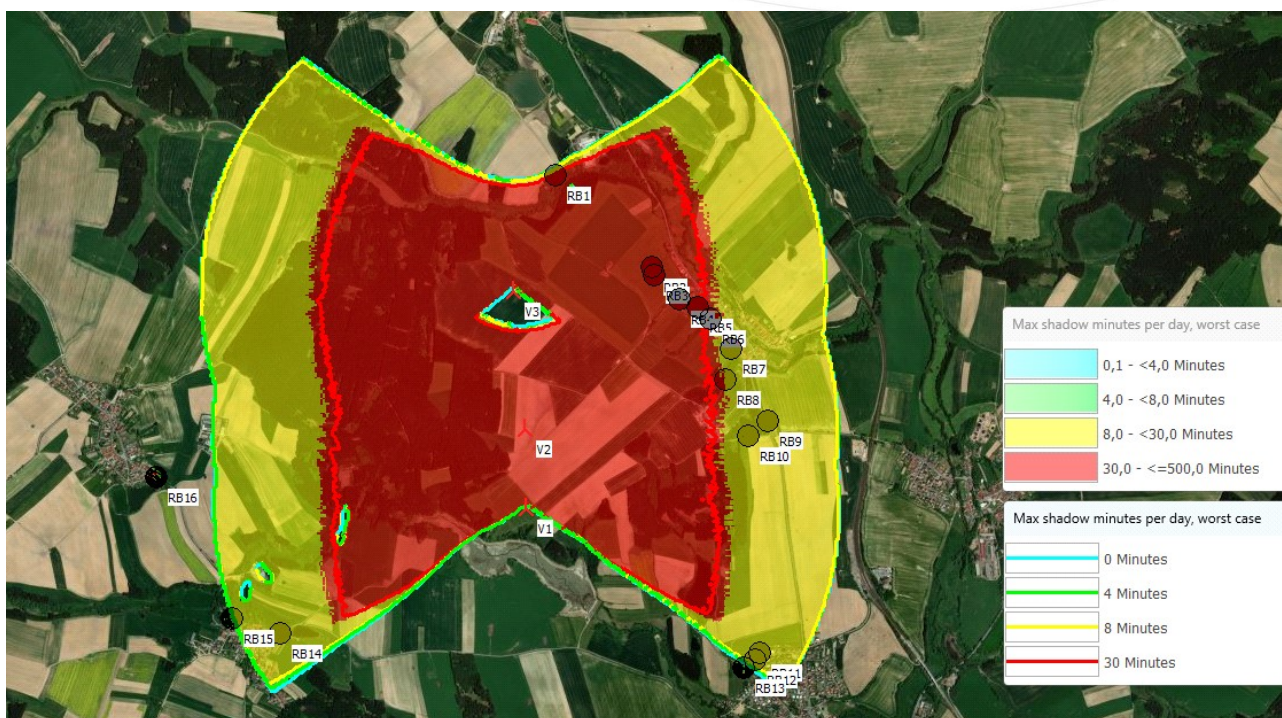
Variantu 1 – výška tubusu 110 m, celková výška VTE 179 m

Referenční bod	Ve výstupech označen jako	Maximální minuty s shadow flicker efektem za den (min/den)	Dodrženo doporučení 30 min/den
1	A RB 1	36	×

2	B RB 2	41	×
3	C RB3	42	×
4	D RB 4	36	×
5	E RB 5	32	×
6	F RB 6	30	✓
7	G RB 7	27	✓
8	H RB 8	25	✓
9	I RB 9	24	✓
10	J RB 10	26	✓
11	K RB 11	23	✓
12	L RB 12	15	✓
13	M RB 13	0	✓
14	N RB 14	23	✓
15	O RB 15	0	✓
16	P RB 16	0	✓

Tabulka 6: Výsledky stínu na receptorech pro minuty za den - Worst case – Varianta 1

Níže jsou zobrazeny doby trvání flicker efektu v minutách za den na mapě ve vztahu k jednotlivým referenčním bodům, ve variantě 1.



Obrázek 6: Grafické znázornění flicker efektu – minuty za den, nejhorší případ (Worst case) – Varianta 1

Z výše uvedených výsledků, a z podrobných výsledků uvedených v Příloze 2 (Souhrnné výsledky z programu WindPRO: Minuty za den pro Worst case – Varianta 1) vyplývá, že se nejbližší obytná zástavba (resp. většina zvolených referenčních bodů, s výjimkou RB 13, RB 15 a RB 16) nachází v dosahu vnímatelného flicker efektu posuzovaného záměru a hodnota shadow flicker efektu **zde v referenčních bodech RB 1 až RB 5 o několik minut denně přesáhne doporučovanou hranici 30 minut za den**. Celkově nejdelší působení flicker efektu v hodnocené variantě 1 (výška tubusu 110 m) lze očekávat v referenčním bodě RB 3 (rodinný dům č.p. 83 v k.ú. Sazomín), kde doba působení flicker efektu v nejhorším možném případě, bude činit 42 minut za den.

V Příloze 2 jsou uvedeny podrobné výstupy modelu tj. minuty, po které bude flicker efekt na referenčních bodech působit pro každý jednotlivý den v měsíci, s časy počátku a konce jeho působení.

Níže je uvedeno stručné shrnutí výsledků:

- V referenčním bodě 1 dochází k flicker efektu v měsících leden a prosinec. Nejdéle je pak referenční bod 1 vystaven flicker efektu v prosinci, v období od 18. - 25. 12, po dobu 36 minut denně.
- V referenčním bodě 2 dochází k flicker efektu v měsících leden, březen, duben, září, říjen a prosinec. Nejdéle je pak tento referenční bod vystaven flicker efektu v březnu. V rámci jednoho dne je nejdéle vystaven flicker efektu ve dnech 22.3. a 1. a 21.9., po dobu nejvýše 41 minut denně.
- V referenčním bodě 3 dochází k flicker efektu v měsících leden, březen, duben, září, říjen, listopad a prosinec. Nejdéle je pak tento referenční bod vystaven flicker efektu v prosinci. V rámci jednoho dne je nejdéle vystaven flicker efektu dne 24.3., po dobu nejvýše 42 minut denně.

- V referenčním bodě 4 dochází k flicker efektu v měsících leden, únor, březen, duben, srpen, září, listopad a prosinec. Nejdéle je pak tento referenční bod vystaven flicker efektu v lednu. V rámci jednoho dne je nejdéle vystaven flicker efektu ve dnech 9.-10.4. a 2.-3.9., po dobu nejvýše 36 minut za den.
- V referenčním bodě 5 dochází k flicker efektu v měsících leden, únor, duben, srpen, září, říjen, listopad a prosinec. Nejdéle je pak tento referenční bod vystaven flicker efektu v dubnu. V rámci jednoho dne je nejdéle vystaven flicker efektu ve dnech 11.-13.4. a 30.8.-1.9., po dobu nejvýše 32 minut za den.
- V referenčním bodě 6 flicker efekt dosáhne doporučovanou hranici 30 minut za den. K flicker efektu zde dochází v měsících leden, únor, duben, a srpen až prosinec. V rámci jednoho dne je nejdéle tento bod vystaven flicker efektu ve dnech 18.4. a 25.-26.8, a to po dobu nejvýše 30 minut za den.
- V referenčních bodech 7 až 16 nebude překročena maximální doporučovaná doba působení flicker efektu za den. Hodnoty se zde pohybují pod hranicí 30 min/denně.
- Referenční body 13, 15 a 16 nebudou ovlivněny flicker efektem vůbec (tj. hodnota působení flicker efektu v těchto bodech je 0 min/denně).

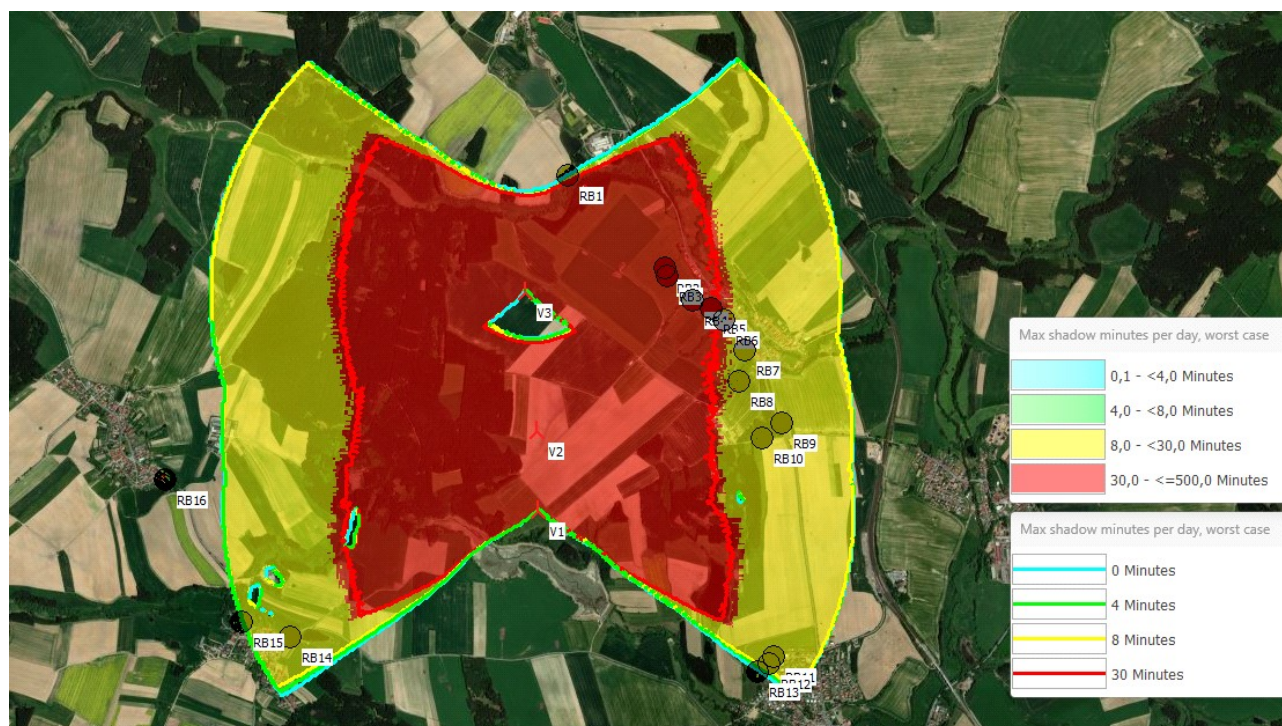
Varianta 2 – výška tubusu 91 m, celková výška VTE 161 m

Referenční bod	Ve výstupech označen jako	Maximální minuty s shadow flicker efektem za den (min/den)	Dodrženo doporučení 30 min/den
1	A RB 1	10	✓
2	B RB 2	37	×
3	C RB3	41	×
4	D RB 4	34	×
5	E RB 5	31	×
6	F RB 6	28	✓
7	G RB 7	27	✓
8	H RB 8	21	✓
9	I RB 9	21	✓
10	J RB 10	22	✓
11	K RB 11	21	✓

12	L RB 12	15	✓
13	M RB 13	0	✓
14	N RB 14	21	✓
15	O RB 15	0	✓
16	P RB 16	0	✓

Tabulka 7: Výsledky stínu na receptorech pro minuty za den - Worst case – Varianta 2

Níže jsou zobrazeny doby trvání flicker efektu v minutách za den na mapě ve vztahu k jednotlivým referenčním bodům, ve variantě 2.



Obrázek 7: Grafické znázornění flicker efektu – minuty za den, nejhorší případ (Worst case) – Varianta 2

Z výše uvedených výsledků, a z podrobných výsledků uvedených v Příloze 4 (Souhrnné výsledky z programu WindPRO: Minuty za den pro Worst case – Varianta 2) vyplývá, že se nejbližší obytná zástavba (resp. většina zvolených referenčních bodů, s výjimkou RB 13, RB 15 a RB 16) nachází v dosahu vnímatelného flicker efektu posuzovaného záměru a hodnota shadow flicker efektu **zde v referenčních bodech RB 2 až RB 5 o několik minut denně přesáhne doporučovanou hranici 30 minut za den**. Celkově nejdelší působení flicker efektu v hodnocené variantě 2 (výška tubusu 91 m) lze očekávat v referenčním bodě RB 3 (rodinný dům č.p. 83 v k.ú. Sazomín), kde doba působení flicker efektu v nejhorším možném případě, bude činit 41 minut za den.

V Příloze 4 jsou uvedeny podrobné výstupy modelu tj. minuty, po které bude flicker efekt na referenčních bodech působit pro každý jednotlivý den v měsíci, s časy počátku a konce jeho působení.

Níže je uvedeno stručné shrnutí výsledků:

- V referenčním bodě 2 dochází k flicker efektu v měsících leden, březen, září, říjen a prosinec. Nejdéle je pak tento referenční bod vystaven flicker efektu v březnu. V rámci jednoho dne je nejdéle vystaven flicker efektu ve dnech 23.3. a 20.9., po dobu nejvýše 37 minut denně.
- V referenčním bodě 3 dochází k flicker efektu v měsících leden, březen, duben, září, říjen a prosinec. Nejdéle je pak tento referenční bod vystaven flicker efektu v září. V rámci jednoho dne je nejdéle vystaven flicker efektu dne 25.3., po dobu nejvýše 41 minut denně.
- V referenčním bodě 4 dochází k flicker efektu v měsících leden, únor, březen, duben, srpen, září, listopad a prosinec. Nejdéle je pak tento referenční bod vystaven flicker efektu v lednu. V rámci jednoho dne je nejdéle vystaven flicker efektu ve dnech 10.4. a 2.9., po dobu nejvýše 34 minut za den.
- V referenčním bodě 5 dochází k flicker efektu v měsících leden, únor, duben, srpen, září, listopad a prosinec. Nejdéle je pak tento referenční bod vystaven flicker efektu v dubnu. V rámci jednoho dne je nejdéle vystaven flicker efektu ve dnech 12.4. a 31.8., po dobu nejvýše 31 minut za den.
- V referenčním bodě 1, a v referenčních bodech 6 až 16 nebude překročena maximální doporučená doba působení flicker efektu za den. Hodnoty se zde pohybují pod hranicí 30 min/denně.
- Referenční body 13, 15 a 16 nebudou ovlivněny flicker efektem vůbec (tj. hodnota působení flicker efektu v těchto bodech je 0 min/denně).

5. Porovnání variant

Při porovnání vypočtených hodnot pro Variantu 1 (výška tubusu 110 m, celková výška VTE 179 m) a Variantu 2 (výška tubusu 91 m, celková výška VTE 161 m), **lze konstatovat, že ve Variantě 2 je doba působení Flicker efektu, vzhledem k nižší celkové výšce větrné elektrárny o něco menší.**

V případě Real Case, který je pro hodnocení Shadow Flicker efektu relevantnější, lze celkově nejdelší působení flicker efektu v hodnocené Variantě 1 očekávat v referenčním bodě RB 8 a činí 17 hodin a 49 minut za rok. Celkově nejdelší působení flicker efektu v hodnocené Variantě 2 lze očekávat v referenčním bodě RB 3 a činí 12 hodin a 25 minut za rok. **Doba trvání shadow flicker efektu v případě Real Case nepřesáhne doporučenou hranici 30 hodin za rok ani ve Variantě 1, ani ve Variantě 2.**

V případě Worst Case obě varianty shodně nejvíce flicker efektem ovlivní referenční bod RB3, přičemž v případě Varianty 1 bude referenční bod ovlivněn stínem maximálně 42 minut za den, a ve Variantě 2 bude referenční bod ovlivněn stínem maximálně 41 minut za den. **Doba trvání shadow flicker efektu v případě Worst Case o několik minut denně přesáhne doporučenou hranici 30 minut za den, a to v obou variantách.**

Lze vyslovit závěr, že **realizace Varianty 1 nezpůsobí výrazně horší podmínky pro působení Shadow Flicker Efektu, v porovnání s Variantou 2.** Při detailním porovnání obou Variant je zřejmé, že Varianta 2 má v celkovém součtu kratší dobu působení Shadow Flicker Efektu, nicméně, rozdíl není tak markantní.

6. Zmírňující opatření

Zmírňující opatření pro omezení Shadow Flicker Efektu jsou v principu dvou typů tj. (a) úprava polohy VTE a jejich posun dále od obytné zástavby, a (b) omezování provozu VTE v čase pravděpodobného výskytu flicker efektu.

Pro hodnocení záměr je úvaha nad posunem polohy jednotlivých VTE vzhledem k fázi procesu, v jakém se nachází, bezpředmětná. Navíc, při výraznějším posunu VTE západním směrem může dojít ke zhoršení vlivů flicker efektu v lokalitě Kotlasy, a kolizi s dalšími prvky životního prostředí – např. s ochranným pásmem lesa.

V případě instalace větrné elektrárny Enercon, lze využít funkce automatické regulace větrných turbín podle konkrétních místních povětrnostních podmínek (tzv. „Shadow shutdown by Enercon“), která zabráňuje dynamické tvorbě stínů. Shadow Shutdown je integrován do řídicího systému větrné turbíny a funguje na základě předem naprogramovaného kalendáře, který určuje časy, kdy by mohlo dojít k nežádoucímu stínění nad doporučený limit. Systém využívá senzory osvětlení umístěné na gondole turbíny, které měří aktuální intenzitu slunečního záření. Tím se zajišťuje, že turbína se vypne pouze tehdy, když jsou splněny podmínky pro vznik Shadow Flicker efektu, čímž se minimalizují ztráty na výrobě energie.

V případě Real Case (tedy se zohledněním průměrného ročního počtu hodin slunečního svitu, který je vypočítán na základě průměrného denního počtu hodin slunečního svitu v jednotlivých měsících, z nejbližší klimatické stanice Kuchařovice), doba trvání shadow flicker efektu **nepřesáhne doporučenou hranici 30 hodin za rok, ani ve Variantě 1, ani ve Variantě 2.**

V případě Worst Case (tedy za předpokladu, že slunce svítí stále tj. od východu do západu slunce, turbína je stále v chodu a rovina rotoru je vždy kolmá na přímkou od větrné turbíny ke slunci) ve Variantě 1 bude referenční bod nejdéle ovlivněn stínem maximálně 42 minut za den, a ve Variantě 2 bude referenční bod nejdéle ovlivněn stínem maximálně 41 minut za den. Vzhledem k tomu, že doporučená hranice 30 min/denně je zde v rámci jednoho referenčního bodu překročena maximálně o 12 minut denně, a meteorologické podmínky tento případ téměř vylučují, **není z pohledu zpracovatele této studie nutné instalovat systém Shadow Shutdown.**

7. Závěr

V předkládaném posouzení je na základě výsledků modelu WindPRO vyhodnocen shadow flicker efekt (vrhání stínu vznikající periodickým zakrýváním slunečního kotouče rotujícími listy rotoru větrné elektrárny), vyvolaný navrženými větrnými elektrárnami na lokalitě Sazomín. Samotné výsledky jsou přiloženy k tomuto posouzení jako Příloha 1, Příloha 2, Příloha 3 a Příloha 4, rozlišené na varianty výšky tubusu (110 m nebo 91 m) a reálný nebo nejhorší případ (real case nebo worst case).

V České republice a většině zemí Evropské unie neexistují legislativní limitní hodnoty pro posuzování a dobu trvání flicker efektu a není jednotný ani metodický přístup k jeho hodnocení. Zvolen byl proto způsob, který je v prostoru Evropské unie obvyklý (viz použitá literatura v kap. 7). Za potenciálně významně obtěžující je považována situace, kdy výskyt flicker efektu v místě receptoru přesáhne 30 minut denně nebo 30 hodin za rok.

Výsledky hodnocení pro worst case ukázaly, že hodnota shadow flicker efektu **zde v referenčních bodech RB 1 až RB 5 o několik minut denně přesáhne doporučovanou hranici 30 minut za den.** Celkově nejdelší působení flicker efektu v hodnocené variantě 1 (výška tubusu 110 m) lze očekávat v referenčním bodě RB 3 (rodinný dům č.p. 83 v k.ú. Sazomín), kde doba působení flicker efektu v nejhorším možném případě, bude činit 42 minut za den. V referenčních bodech 7 až 16 nebude překročena maximální doporučovaná doba působení flicker efektu za den. Hodnoty se zde pohybují pod hranicí 30 min/denně. Referenční body 13, 15 a 16 nebudou ovlivněny flicker efektem vůbec (tj. hodnota působení flicker efektu v těchto bodech je 0 min/denně).

Jak bylo vysvětleno v kapitole 3, vypočtená denní maxima shadow flicker efektu jsou nejhorším možným případem (worst case), kdy **se předpokládá, že slunce svítí stále** (od východu do západu slunce), **turbína je stále v chodu** a rovina rotoru je vždy kolmá na přímkou od větrné turbíny ke slunci. V zemích s rozvinutou větrnou energetikou je zvykem počítat pouze tento nejhorší případ, na který se vztahují zmiňované limity. Proto byl tento případ zahrnut i do tohoto hodnocení. Meteorologické podmínky tento případ však téměř vylučují. Navíc, vzhledem k měsícům, kdy dochází k působení flicker efektu na lokalitě Sazomín nejvíce (zimní, a jarní měsíce) se dá předpokládat, že intenzita slunečního záření nebude natolik významná.

Relevantnější hodnoty v případě hodnocení Shadow Flicker efektu představují hodiny s shadow flicker efektem (hod/rok) **se zohledněním průměrného denního počtu hodin slunečního svitu** - tzn. Real Case. V tomto hodnocení mají proto celkově větší váhu, než případ Worst Case.

Z výše uvedených výsledků, a z podrobných výsledků uvedených v Příloze 1 (Souhrnné výsledky z programu WindPRO: Hodiny za rok pro Real case – Varianta 1) vyplývá, že se nejbližší obytná zástavba (resp. většina zvolených referenčních bodů, s výjimkou RB 13, RB 15 a RB 16) nachází v teoretickém dosahu vnímatelného flicker efektu posuzovaného záměru, nicméně, **doba trvání shadow flicker efektu zde nepřesáhne doporučovanou hranici 30 hodin za rok.** Celkově nejdelší působení flicker efektu v hodnocené variantě 1 (17 hodin a 49 minut za rok) lze očekávat v referenčním bodě RB 8 (stavba pro rodinnou rekreaci č. ev. 2 v k.ú. Sazomín). Naopak, v referenčních bodech RB 13, RB 15 a RB 16 k Flicker efektu nedochází.

Z hlediska **porovnání dvou hodnocených variant** lze vyslovit závěr, že realizace Varianty 1 nezpůsobí výrazně horší podmínky pro působení Shadow Flicker Efektu, v porovnání s Variantou 2.

Při detailním porovnání obou Variant je zřejmé, že Varianta 2 má v celkovém součtu kratší dobu působení Shadow Flicker Efektu, nicméně, rozdíl není tak markantní.

Na základě výše uvedených závěrů lze z hlediska vlivu na okolní populaci a na faktor pohody ve sledovaném území označit **flicker efekt větrných elektráren v lokalitě Sazomín za jev málo významný**. Konkrétní míra vlivu záměru na zdraví obyvatel okolních obcí je zhodnocena v procesu Hodnocení zdravotních rizik, který je součástí Dokumentace EIA.

8. Použitá literatura

- (1) Pokyny pro posuzování optických emisí větrných elektráren: Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windkraftanlagen Aktualisierung 2019: (WKA-Schattenwurfhinweise). Online. In: . 2020, s. 11.
- (2) https://help.emd.dk/knowledgebase/content/windPRO4.1/c2-UK_windPRO4.1-BASIS.html
- (3) https://help.emd.dk/knowledgebase/content/windPRO4.1/c6-UK_windPRO4.1-Environment.html
- (4) OBST, Petr. VTE Podmíleky: Flicker efekt. 2011.
- (5) Parsons Brinckerhoff for the Department of Energy and Climate Change, Update of UK Shadow Flicker Evidence Base, Final Report, London, 2011, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/48052/1416-update-uk-shadow-flicker-evidence-base.pdf
- (6) SEIBERT, Radim. Hodnocení vlivu stroboskopického efektu v rámci EIA pro záměr "Větrné elektrárny Třebom/Sudice". 2022.
- (7) SLEZÁK, Jiří. Posouzení flicker efektu u VE Vysoká - Mezné: Posudek č. 2 / 2014. Online. 2014.

9. Přílohy

Příloha 1	Souhrnné výsledky z programu WindPRO: Hodiny za rok pro Real case – Varianta 1
Příloha 2	Souhrnné výsledky z programu WindPRO: Minuty za den pro Worst case – Varianta 1
Příloha 3	Souhrnné výsledky z programu WindPRO: Hodiny za rok pro Real case – Varianta 2
Příloha 4	Souhrnné výsledky z programu WindPRO: Minuty za den pro Worst case – Varianta 2

Zpracovala:

Ing. Kateřina Zemanová
Integra Consulting s.r.o.
+ 420 734 387 869


.....

Zkontroloval:

Mgr. Martin Smutný
Sudoměřská 1243/25
Praha 3
130 00
Česká republika
tel.: +420 724 110 779
držitel autorizace MŽP ke zpracování dokumentace a posudku
podle zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní
prostředí, č. j. 7554/OPVI/04

Datum zpracování:

6.6.2025


.....

Mgr. Martin Smutný

jednatel



www.integracons.com