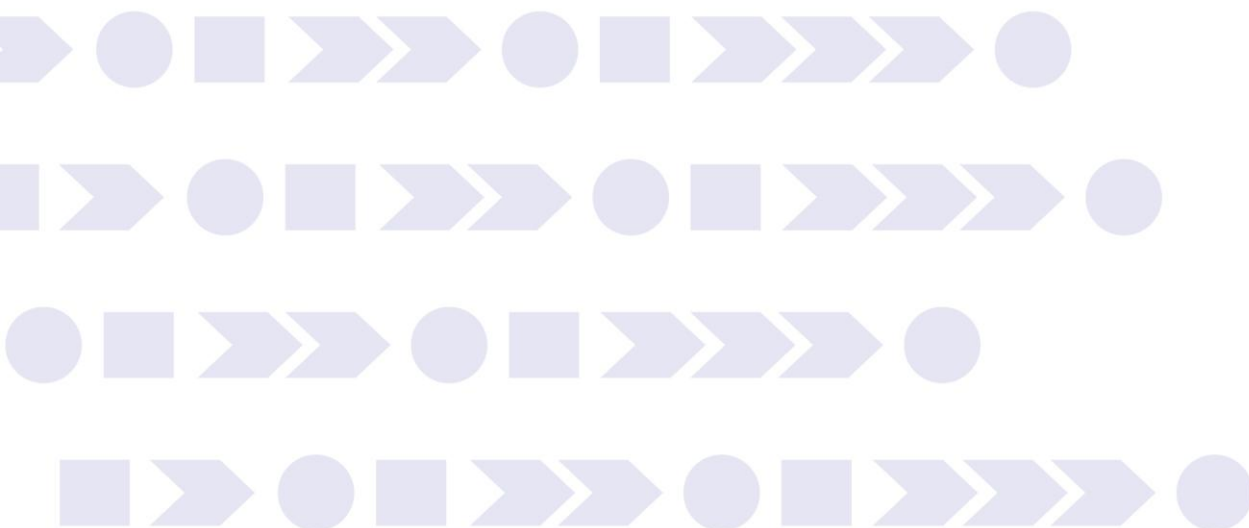


Konsultants: **SIA Skepast & Puhkim**
Kalna iela 17-1, Rīga, Latvija, LV-1003
+371 26605599
info@skpk.lv

Reģ.Nr.: **40203343632**

SIA "Supren" vēja parks

Mirgošanas efekta modelēšanas pārskats



Versija: **1**

Datums: **09.09.2026**

Autors: **Viesturs Ozols**

Satura rādītājs

1.	MIRGOŠANAS EFEKTA RAKSTUROJUMS UN NORMATĪVAIS IETVARS LATVIJĀ	4
2.	METODOLOĢIJA	6
2.1.	Mirgošanas modelēšanai izmantotie dati un parametri	7
2.2.	Mirgošanas efekta modelēšanas metodika	13
3.	REZULTĀTI	16
3.1.	Sliktākais scenārijs	16
3.1.1.	Pirmā VES novietojuma alternatīva	16
3.1.2.	Otrā VES novietojuma alternatīva	18
3.1.3.	Alternatīvu salīdzinājums	19
3.2.	Reālais scenārijs	19
3.2.1.	Pirmā VES novietojuma alternatīva	19
3.2.2.	Otrā VES novietojuma alternatīva	21
3.2.3.	Alternatīvu salīdzinājums	23
3.3.	Izvairīšanās metode (balstoties uz reālo scenāriju)	24
3.3.1.	Pirmā VES novietojuma alternatīva	24
3.3.2.	Otrā VES novietojuma alternatīva	25
3.3.3.	Alternatīvu salīdzinājums	26
3.4.	Kumulatīvā ietekme – sliktākais scenārijs	27
3.4.1.	Pirmā VES novietojuma alternatīva	Error! Bookmark not defined.
3.4.2.	Otrā VES novietojuma alternatīva	28
3.4.3.	Alternatīvu salīdzinājums	29
3.5.	Kumulatīvā ietekme – reālais scenārijs	30
3.5.1.	Pirmā VES novietojuma alternatīva	Error! Bookmark not defined.
3.5.2.	Otrā VES novietojuma alternatīva	31
3.5.3.	Alternatīvu salīdzinājums	32
3.6.	Kumulatīvās ietekmes izvairīšanās metode (balstoties uz kumulatīvo reālo scenāriju)	33
3.6.1.	Pirmā VES novietojuma alternatīva	33
3.6.2.	Otrā VES novietojuma alternatīva	35
3.6.3.	Alternatīvu salīdzinājums	37
3.7.	Kopējais alternatīvu salīdzinājums	38
4.	IETEKMI MAZINOŠI PASĀKUMI	40
5.	SECINĀJUMI	42

Kopsavilkums

Eiropas Savienības līmenī noteikto klimata mērķu sasniegšanai paredzēts palielināt atjaunojamo energoresursu, tostarp vēja enerģijas, izmantošanu, uzlabot energoefektivitāti un veicināt citus ilgtspējīgus risinājumus, tādējādi samazinot oglekļa emisijas. Vienlaikus atjaunojamās enerģijas attīstība nav tikai enerģētikas ekonomikas jautājums vai tehnisks risinājums – tā tieši ietekmē arī telpisko vidi.

Plānotā SIA "Supren" vēja parka (turpmāk Plānotā darbība vai Plānotais vēja parks) iecere paredz vēja elektrostaciju parka un ar to saistītās infrastruktūras izbūvi Jēkabpils novada Mežāres un Vīpes pagastos. Saskaņā ar IVN programmā minēto "Programma Nr. 5-03/23/2024 ietekmes uz vidi novērtējumam vēja elektrostaciju parka un tā saistītās infrastruktūras būvniecībai Jēkabpils novada Mežāres un Vīpes pagastos" vēja parkā varētu tikt uzstādītas līdz 25 jaunākās paaudzes vēja elektrostacijas ar kopējo uzstādīto jaudu līdz aptuveni 200 MW vai vairāk, katras turbīnas nominālajai jaudai sasniedzot aptuveni 8 MW. Precīzs turbīnu skaits, to modelis un izvietojums tiks noteikts ietekmes uz vidi novērtējuma procesā. Projekts ietver arī ar vēja elektrostaciju darbību saistītās infrastruktūras izbūvi, tostarp pievedceļus, kabeļu līnijas un pieslēgumu elektropārvades tīklam.

Šī ziņojuma mērķis ir nodrošināt visaptverošu analīzi par plānotā SIA "Supren" vēja parka" radītā mirgošanas efekta raksturu un tā iespējamo ietekmi uz apkārtējo vidi. Izvērtējums veikts, lai novērtētu teritorijas piemērotību sauszemes vēja enerģijas attīstībai atbilstoši labākajai pieejamai praksei un aktuālajām rekomendācijām.

1. Mirgošanas efekta raksturojums un normatīvais ietvars Latvijā

Mirgošanas efekts (no angļu val. *shadow flicker*) rodas brīdī, kad vēja elektrostaciju (VES) rotora lāpstiņas griežoties periodiski aizsedz saules gaismu. Tas rada kustīgas ēnas uz zemes virsmas, ēkām un citu objektu virsmas. Šī parādība visbiežāk tiek novērota rītos vai vakaros, kad saule atrodas zemāk pie horizonta, un turbīnu ēnas stiepjas garākas (1. attēls¹).



1. attēls. Mirgošanas efekta ilustratīvs attēlojums.

Mirgošanas efekta apmērs ir atkarīgs no vairākiem faktoriem, kas jāņem vērā ietekmes novērtēšanas procesā. Būtiskākie no tiem ir vēja elektrostacijas kopējais augstums, rotora lāpstiņu diametrs un griešanās ātrums. Svarīga ir arī dzīvojamo ēku atrašanās vieta attiecībā pret vēja turbīnām – piemēram, mājas, kas atrodas uz dienvidiem no turbīnas, mirgošanas efektam parasti netiek pakļautas. Ietekme ievērojami samazinās, ja attālums starp turbīnu un mājokli pārsniedz desmitkārtīgu rotora diametru. Tāpat būtiska nozīme ir gadalaikam, turbīnas darbības laikam dienas gaišajā periodā, saulaino stundu daudzumam gadā un dominējošajam vēja virzienam konkrētajā vietā.

Mirgošanas efekts visizteiktāk novērojams iekštelpās. Tas saistīts ar to, ka saules gaisma telpā tiek koncentrēta ar loga rāmi un VES lāpstiņām periodiski aizsedzot saules gaismas radīto koncentrēto staru kūli, tiek radīta ritmiska apgaismojuma maiņa jeb mirgošanas efekts. Ārpus telpām gaisma izkliedējas plašāk – nav tik fokusēta, tādēļ mirgošanas efektam ārā ir mazāk traucējoša ietekme un tas vairāk pielīdzināms dabas radītam mirgošanas efektam, ko rada koku zaru šūpošanās vēja ietekmē. Šī iemesla dēļ mirgošanas ietekmes izvērtējums parasti tiek veikts attiecībā uz dzīvojamām ēkām, kas atrodas vēja elektrostaciju tuvumā.

Lai arī šobrīd nav zinātniski pierādītu datu par ilgtermiņa tiešu negatīvu ietekmi uz cilvēku veselību, mirgošanas efekts tiek uzskatīts par traucējošu faktoru un tiek ņemts vērā vēja parku ietekmes

¹ Energy Follower (n.d.) Wind Turbine Shadow Flicker: What It Is and How to Avoid It. Pieejams:

<https://energyfollower.com/wind-turbine-shadow-flicker/#2> [Skatīts 10.03.2025].

novērtēšanas procesā. Piemēram, ja apgaismojuma maiņas frekvence ir robežās no 3 līdz 60 Hz, pastāv risks, ka tas var izraisīt epilepsijas lēkmes. Tomēr mūsdienu lielaudas vēja turbīnas rada ievērojami lēnāku mirgošanu — parasti no 0,3 līdz 1 Hz — un līdz šim nav konstatēti zinātniski pierādījumi par šādas mirgošanas tiešu kaitējumu veselībai².

Saskaņā ar Īrijas Mājokļu, pašvaldību un kultūras mantojuma departamenta izstrādātajām vadlīnijām, ja attālums starp vēja turbīnu un tuvāko objektu, piemēram, dzīvojamo māju, pārsniedz aptuveni 500 metrus, mirgošanas efekts parasti rodas vienīgi saullēkta vai saulrieta laikā, kad turbīnas ēna ir visizteiktākā un garākā³.

Atbilstoši plānojot un pielietojot piemērotus tehniskos risinājumus, mirgošanas efekta ietekmi iespējams būtiski samazināt. Lai izvērtētu mirgošanas ietekmes ilgumu, intensitāti, kumulatīvo raksturu un citas būtiskas īpašības, tiek veikta matemātiskā modelēšana, izmantojot specializētas programmatūras, piemēram, *windPRO*, *OpenWind* vai *WindFarmer*.

Latvijā šobrīd nav spēkā esošu normatīvo aktu, kas noteiktu specifiskas robežvērtības pieļaujamajam mirgošanas efektam. Šāda prakse ir raksturīga arī daudzām citām Eiropas Savienības valstīm. Tādējādi, līdzīgi kā citviet, arī Latvijā mirgošanas efekta ietekmes novērtēšanā izmanto vadlīnijās (publicējis Valsts vides dienests (VVD)⁴ un Enerģētikas un vides aģentūra (EVA)⁵), kas balstītas uz citu valstu pieredzi, jo īpaši Vācijas izstrādātajiem ieteikumiem⁶.

Vadlīnijās un starptautiskajā praksē tiek izmantoti šādi mirgošanas efekta vērtēšanas kritēriji jeb ieteikuma līmeņi:

- ≤ 30 h/gadā pēc sliktākā scenārija metodes;
- ≤ 8 h/gadā pēc reālā scenārija metodes;
- ≤ 30 min/dienā (abi scenāriji).

Šie ieteikuma līmeņi attiecas uz summāro mirgošanas efektu, ko rada visas konkrētā projekta turbīnas un kas skar noteiktu apbūves teritoriju, piemēram, dzīvojamās mājas vai jutīgas sabiedriskās ēkas.

2 Epilepsy Action, 2023. Photosensitive epilepsy. [tiešsaistē] Epilepsy Action. Pieejams: <https://www.epilepsy.org.uk/info/seizure-triggers/photosensitive-epilepsy> [Skatīts 19.06.2025].

3 Department of Housing, Local Government and Heritage, 2006. Wind Energy Development Guidelines. [tiešsaistē] Government of Ireland. Pieejams: <https://www.gov.ie/en/department-of-housing-local-government-and-heritage/publications/wind-energy-development-guidelines-2006/> [Skatīts 19.06.2025].

4 „Vadlīnijas ietekmes uz vidi sākotnējā izvērtējuma veikšanai vēja elektrostaciju būvniecības radīto ietekmju uz vidi izvērtēšanai”. „Estonia, Latvia, Lithuania Environment” pēc Valsts vides dienesta pasūtījuma, 2022.g.

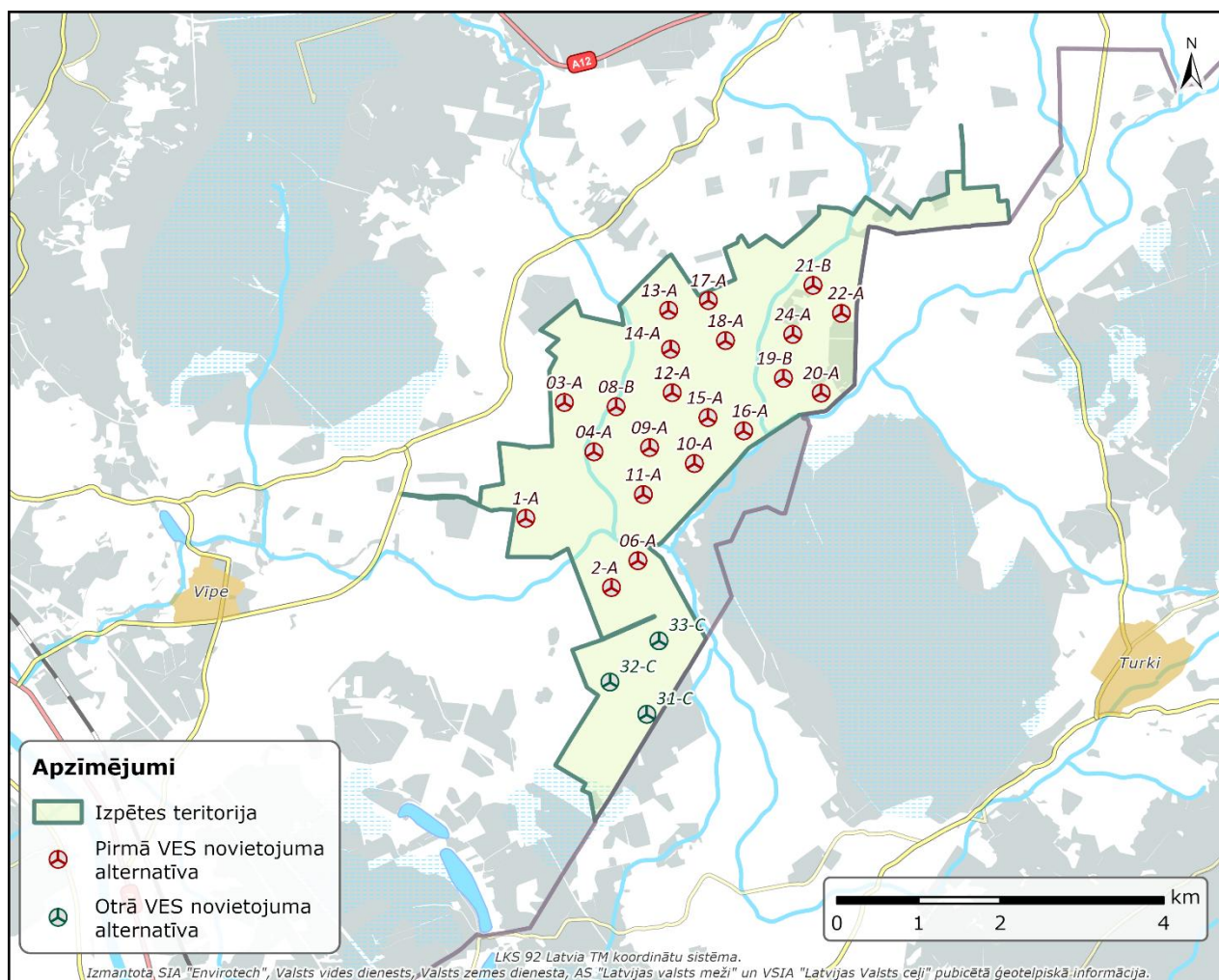
5 Enerģētikas un vides aģentūra, 2023. Vadlīnijas vēja elektrostaciju ietekmes uz vidi novērtējumam un rekomendācijas prasībām vēja elektrostaciju būvniecībai. Rīga: Enerģētikas un vides aģentūra.

6 Länderausschuss für Immissionsschutz, Arbeitskreis Lichtimmissionen, 2002. Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise). In Vorbereitung.

2. Metodoloģija

Balstoties uz SIA "Supren" vēja parka IVN programmu, Plānotā darbība paredz iespēju izbūvēt līdz 25 vēja elektrostacijām (VES). Saskaņā ar Pasūtītāja sniegto informāciju mirgošanas efekta novērtējumā tiek vērtētas divas VES novietojuma alternatīvas – pirmā VES novietojuma alternatīva un otrā VES novietojuma alternatīva (2. attēls). Pirmā VES novietojuma alternatīva paredz 21 VES izbūvi. Otrā VES novietojuma alternatīva ietver pirmās alternatīvas VES novietojumu, papildinot to ar 3 VES, kas izvietotas izpētes teritorijas dienvidu daļā, kopā paredzot 24 VES.

Ietekmes uz vidi novērtējuma (IVN) procesā tiek izskatīti vairāki potenciālie vēja elektrostaciju modeļi, kurus iespējams izmantot projekta realizācijā. Ar piesardzības pieeju mirgošanas efekta modelēšanā tiek analizēts tāds vēja elektrostacijas modelis, kuram ir lielākais kopējais augstums un lielākais rotora diametrs starp IVN procesā izskatītajiem turbīnu variantiem. Šāda pieeja tiek izmantota, lai novērtētu maksimāli iespējamo mirgošanas efekta izplatību jeb sliktāko iespējamo scenāriju.



2. attēls. Pirmā un otrā VES novietojuma alternatīva SIA "Supren" vēja parkā.

Pamatojoties uz Klienta sniegtajiem datiem, lielākās VES ir Nordex N175–6.8 un Enercon E175–7.0. To plānotais masta augstums ir 162 m, rotora diametrs ir 175 m un kopējais maksimālais augstums 250 m. Mirgošanas efekta modelēšanai tika izvēlēta Nordex N175–6.8 vēja elektrostacija.

Mirgošanas efekta novērtēšanā izmantots konservatīvs pieņēmums, izvēloties vēja elektrostacijas modeli ar salīdzinoši lielāko rotora diametru un kopējo augstumu, tādējādi reprezentējot potenciāli lielāko ietekmes scenāriju.

Kopumā vēja elektrostacijas ar lielāku rotora diametru un augstumu var radīt plašāku potenciālās mirgošanas efekta izplatības zonu. Tomēr jāuzsver, ka mirgošanas efekta ilgums un intensitāte konkrētā receptorā nav lineāri atkarīga no vēja elektrostacijas kopējā augstuma vai rotora diametra.

Mirgošanas efekts primāri ir atkarīgs no savstarpējā ģeometriskā novietojuma starp Sauli, vēja elektrostaciju un receptoru (t.sk. attāluma, reljefa un receptoru augstuma). Līdz ar to iespējamās situācijas, kurās arī vēja elektrostacija ar neredz mazāku kopējo augstumu vai rotora diametru atsevišķos receptoros rada lielāku mirgošanas efekta ilgumu nekā augstāka vēja elektrostacija.

Ņemot vērā minēto, nav iespējams definēt universālu konkrētu augstuma vai rotora diametra starpību, pie kuras viennozīmīgi samazinās mirgošanas efekta ietekme. Ietekme katrā gadījumā ir nosakāma, veicot detalizētu modelēšanu konkrētajam tehniskajam risinājumam un novietojumam, ņemot vērā reālos dzīves apstākļus.

Tādējādi izmantotais modelēšanas princips nodrošina konservatīvu ietekmes novērtējumu, vienlaikus atzīstot, ka faktiskā ietekme var atšķirties atkarībā no izvēlēta vēja elektrostacijas modeļa un lokālajiem apstākļiem.

2.1. Mirgošanas modelēšanai izmantotie dati un parametri

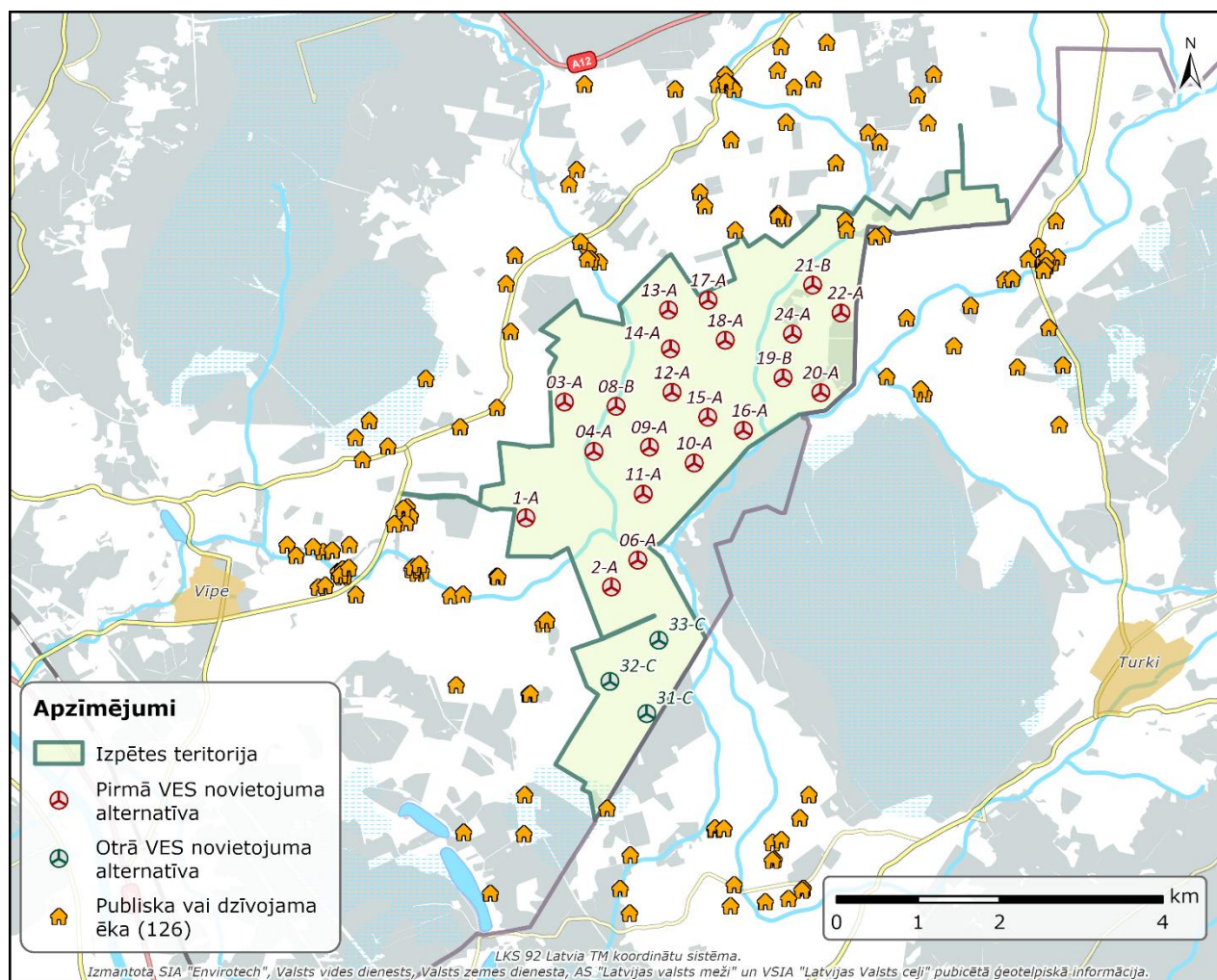
Mirgošanas efekta ietekmes novērtēšana tika veikta datorprogrammā *windPRO 4.1.287 (EMD International)*.

Ēkas / receptori

Mirgošanas efekta modelēšanā kā uztvērēji tika pieņemtas dzīvojamās un publiskās ēkas 3 km attālumā no plānotā vēja parka VES. Abu VES novietojuma alternatīvu aprēķinos izmantots vienots receptoru slānis, kurā iekļauti 126 receptoru punkti (3. attēls).

Receptoru slānis tika precizēts, saistībā ar otrās VES novietojuma alternatīvas izstrādi un nepieciešamību izvērtēt arī tās potenciālās ietekmes zonā esošo apbūvi. Lai nodrošinātu abu alternatīvu savstarpēji korektu salīdzinājumu, paplašinātais 126 receptoru slānis izmantots arī pirmās VES novietojuma alternatīvas aprēķinos.

Līdz ar to alternatīvu salīdzinājums veikts uz vienotas receptoru kopas pamata, vērtējot katras VES novietojuma alternatīvas rezultātus visos 126 receptoru punktos. Ņemot vērā, ka atsevišķi māju nosaukumi atkārtojas vairākos receptoru punktos, rezultātu analīze veikta receptoru punktu līmenī, izmantojot to koordinātas, nevis tikai māju nosaukumus.



3. attēls. Dzīvojamās un jutīgas sabiedriskās ēkas 3 km attālumā ap plānoto vēja parku.

Ņemot vērā, ka nav pieejama precīza informācija par ēku logu izvietojumu un to orientāciju attiecībā pret vēja turbīnām, katrs receptors modelēts kā punktviena objekts, kas reprezentē vienu loga rāmja pozīciju 1 m augstumā virs zemes. Lai nodrošinātu piesardzīgu pieeju un aptvertu maksimāli iespējamo ietekmi, aprēķinos pieņemts, ka logs novietots 360° orientācijā (greenhouse mode) un attiecīgi vienmēr ir orientēts perpendikulāri pret tuvāko turbīnu, tādējādi modelējot sliktākā scenārija ietekmi. Reālajos apstākļos logu orientācija bieži atšķiras, tāpēc faktiskā mirgošanas efekta ietekme var būt būtiski mazāka nekā modelēšanas rezultātos iegūtās vērtības.

Veicot vizuālu pārbaudi ar aktuālajām ortofoto kartēm, konstatēts, ka daļa no kadastra datubāzē reģistrētajām ēkām faktiski vairs nepastāv (4. attēls). Iespējams, šīs ēkas ir pamestas/sabrukušas, taču nav oficiāli izņemtas no reģistra. Tāpēc turpmākajos vēja parka piemērotības izvērtēšanas posmos būtu vēlams veikt detalizētu apsekošanu dabā, lai precīzi noskaidrotu, kurās ēkās cilvēki vēl pastāvīgi uzturas.



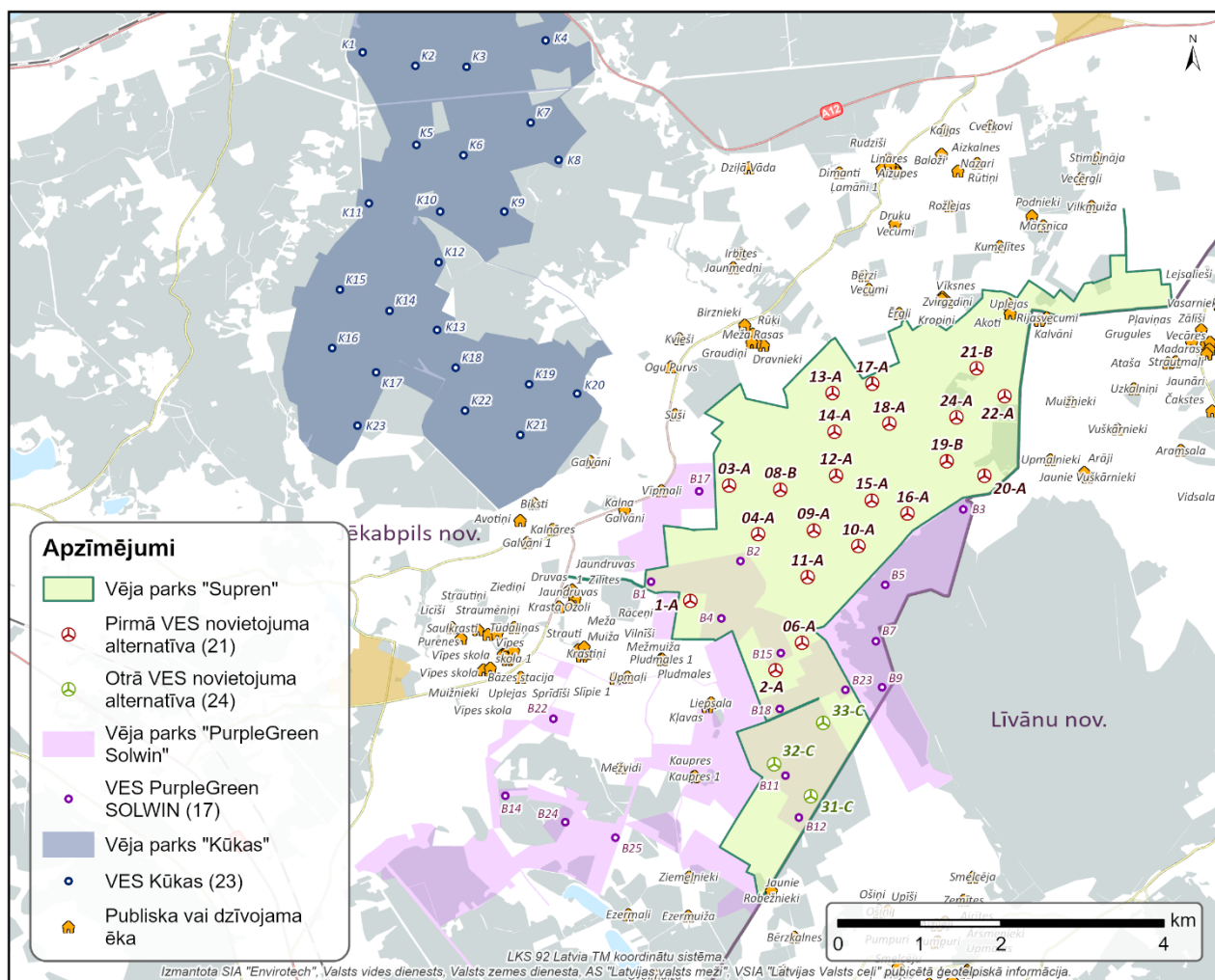
4. attēls. Kadastra sistēmā reģistrēta realitātē neesoša vai nedzīvojama apbūve.

Kumulatīvā ietekme

Plānotās darbības tuvumā atrodas vairāki citi plānoti vēja parki, kuriem ir uzsākts vai noslēdzies ietekmes uz vidi novērtējuma (IVN) process (5. attēls). Tuvākie no tiem ir SIA "PurpleGreen Solwin" vēja parks *PurpleGreen Solwin*, kas daļēji pārklājas ar SIA "Supren" vēja parka izpētes teritoriju, SIA "Vindr" vēja parks *Kūkas*, kas atrodas uz ziemeļrietumiem no plānotās darbības teritorijas, kā arī citi tuvumā plānotie vēja parki.

Kumulatīvās mirgošanas ietekmes modelēšanā iekļauti vēja parki *PurpleGreen Solwin* un *Kūkas*, par kuriem novērtējuma sagatavošanas laikā ir pieejama pietiekami detalizēta informācija par plānoto VES izvietojumu un tehniskajiem parametriem. Pārējie apkārtnē plānotie vēja parki kumulatīvajā aprēķinā nav iekļauti, jo tie izvietoti pārāk tālu, lai mirgošanas ietekme pārklātos.

Kumulatīvās ietekmes modelēšanā vēja parkiem *PurpleGreen Solwin* un *Kūkas* izmantoti konservatīvi VES tehniskie varianti ar salīdzinoši lielāku kopējo augstumu un rotora diametru starp attiecīgo projektu ietvaros vērtētajiem risinājumiem. Šāda pieeja izmantota, lai piesardzīgi raksturotu potenciālo mirgošanas ietekmes zonu, vienlaikus ņemot vērā, ka VES augstums un



6. attēls. Vēja elektrostaciju izvietojums kumulatīvās ietekmes modelēšanā.

Meteoroloģiskie dati

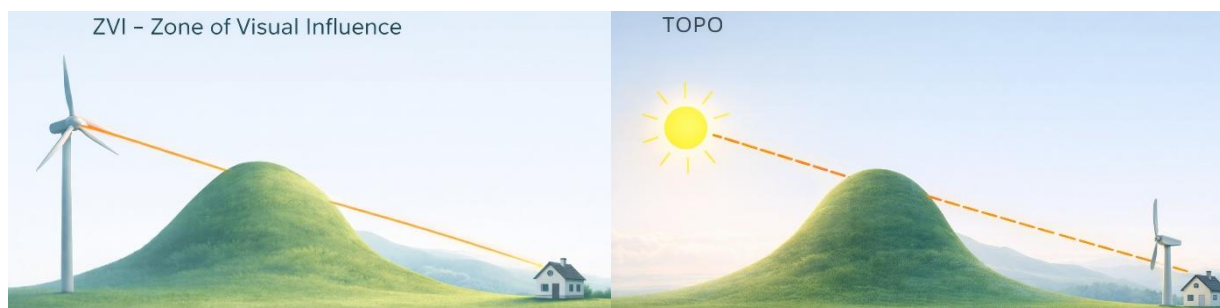
Mirgošanas efekta novērtējumā izmantoti meteoroloģiskie dati no The Copernicus European Regional ReAnalysis (CERRA) datu kopas. Meteoroloģiskais modelis ir skaitliskas simulācijas sistēma, kas aprēķina atmosfēras stāvokli, balstoties uz vēja ātrumu un virzienu, temperatūru, gaisa spiedienu, relatīvo mitrumu, mākoņu un nokrišņu parametrus, kā arī turbulento kinētisko enerģiju dažādos augstumos (15–500 m) un laika posmos, izmantojot fizikālos likumus un novērojumus.

Novērtējumā izmantots laika posms no 01.01.2006. līdz 31.12.2025. (20 gadi), kā arī modelētie atmosfēras dati turbīnas rotora augstumā 162 m.

Zemes virsmas reljefa dati

Mirgošanas modelēšanā izmantots digitālais reljefa modelis (DTM), kas raksturo zemes virsmas reljefu, neiekļaujot veģetāciju, ēkas un citus virszemes objektus. Datu avots "Latvijas ģeotelpiskā informācijas aģentūra" – reljefa atspoguļojums ar 20×20 m izšķirtspēju. Šis modelis kalpo kā pamats turbīnu redzamības analīzei, ņemot vērā teritorijas topogrāfiskās īpatnības. Tas ļauj

identificēt potenciālās vizuālās ierobežotības zonas – piemēram, reljefa paaugstinājumus starp turbīnu un receptoru – kas var ietekmēt mirgošanas efekta izplatību (7. attēls).



7. attēls. Vizuālo ietekmes zonu ilustrācija, kas ierobežo mirgošanas efektu.

Mirgošanas modelēšanā netiek ņemts vērā virsmas modelis – veģetācijas apaugums vai cita veida virszemes šķēršļi, kas potenciāli aizsedz skatu uz turbīnām. Veģetācija netiek modelēta. Tiek pieņemts, ka tā var mainīties, piemēram, kokus un krūmus nocērtot. Tādējādi vēja parka ekspluatācijas laikā nepieciešams veikt precīzus novērtējumus reālos apstākļos tām ēkām, kam modelēšanas rezultātā mirgošanas efekts pārsniedz ieteikuma līmeņus.

Saules spīdēšanas dati

Dati par saules spīdēšanu tika iegūti no LVĢMC Daugavpils meteoroloģiskās stacijas Nometņu ielā 161 (Lat. 55.869939 Lon. 26.617486, 97,52 m vjl.).

Iegūtā informācija reprezentē ikdienas saules spīdēšanas datus laika periodā no 01.01.2006. līdz 31.12.2025. Dati tika apkopoti saules spīdēšanas stundu summā dienā vidēji mēnesī (1. tabula).

1. tabula. Saules spīdēšanas dati vidēji dienā stundās sadalījumā pa mēnešiem.

Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mai.	Jūn.	Jūl.	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
1,17	2,29	4,58	6,82	8,69	9,44	8,63	7,75	5,49	2,82	0,76	0,60

Papildus nosacījumi

Mirgošanas efekta modelēšanā tika izmantoti papildu iestatījumi, kas atbilst starptautiski pieņemtajai metodikai:

- Ietekmes attāluma ierobežojums līdz 2500 m, kā arī balstoties uz lāpstiņas platumu – mirgošana tiek rēķināta tikai tad, ja turbīnas lāpstiņa aizsedz vismaz 20 % no saules diska diametra.
- Minimālais saules augstums virs horizonta, pie kura mirgošana tiek ņemta vērā, ir 3°.
- Aprēķinu soli veido dienas griezumums (1 diena) un laika griezumums (1 minūte).
- Pēc VES modeļa tehniskās specifikācijas minimālā vēja ātruma vērtība, pie kura tiek uzsākta VES darbība ir > 3,0 m/s.

- Telpisko datu sagatavošanā izmantota Latvijas koordinātu sistēma LKS-92, savukārt windPRO aprēķinu atskaitēs VES un receptoru koordinātas attēlotas ģeogrāfiskajā koordinātu sistēmā WGS84.

2.2. Mirgošanas efekta modelēšanas metodika

Lai visaptveroši novērtētu vēja elektrostaciju (VES) radīto mirgošanas efektu vēja parka teritorijā, tika veikta pakāpeniska modelēšanas pieeja, izmantojot vairākus scenārijus un novērtējuma metodes.

1. Sliktākā scenārija modelēšana

Šajā posmā tiek veikts aprēķins, pieņemot visnelabvēlīgākos iespējamus apstākļus:

- Saule spīd nepārtraukti visa dienas gaišā laika periodā.
- Vēja turbīnas darbojas bez apstājas.
- Logs uz receptoru (piemēram, dzīvojamo māju) vienmēr ir pavērsts tieši pret turbīnu.
- Netiek ņemta vērā mākoņainība vai meteoroloģiskie ierobežojumi.
- Tiek ņemta vērā zemes topogrāfija un tās aizēnojums.

Šī pieeja ļauj noteikt teorētisko maksimālo mirgošanas ietekmi – sliktākā scenārija ieteiktajiem līmeņiem.

Sliktākajā scenārijā WindPRO tiek izdarīts pieņēmums, ka:

- saule spīd visu laiku,
- turbīna vienmēr darbojas,
- nav mākoņu vai darbības pārtraukumu.

Tāpēc modelis var deterministiski aprēķināt maksimālo iespējamo mirgošanas ilgumu vienā konkrētā dienā (minūtes dienā), jo tiek pieņemts, ka visi apstākļi ir ideāli mirgošanas rašanās brīdīm.

2. Reālā scenārija modelēšana

Šajā solī tiek ņemti vērā reālistiski darbības apstākļi:

- Saulaino stundu daudzums konkrētā teritorijā pa mēnešiem (meteoroloģiskie dati).
- Vēja virziens un ātrums, kas nosaka turbīnas faktisko darbības laiku.
- Zemes reljefs un turbīnas redzamība (ZVI).
- Zemes topogrāfija un tās aizēnojums
- Saules un Zemes ģeometrija.

Šī pieeja nodrošina tuvāku atbilstību reālistiskam mirgošanas ietekmes scenārijam.

Reālajā scenārijā aprēķins balstās uz statistiku (saules spīdēšanas varbūtību, turbīnu darbības varbūtību, vēja virzienu u.c.). Tā kā šie parametri tiek modelēti kā gada statistiskais vidējais,

programma var ticami aprēķināt tikai sagaidāmo mirgošanas ilgumu gadā, bet ne konkrētas dienas maksimālo ilgumu.

3. Ierobežošanas metode (no angļu val. curtailment), balstoties uz reālo scenāriju

Tiek modelēta iespēja ierobežot turbīnas darbību konkrētās stundās vai diennakts posmos, kuros paredzama mirgošanas ieteikuma līmeņu pārsniegšana, balstoties uz reālā scenārija aprēķiniem. Tas ļauj noteikt, cik efektīva būtu mirgošanas riska mazināšana ar automatisko apturēšanu. Metode ļauj mērķēti samazināt mirgošanas ietekmi, ierobežojot konkrētu VES darbību tikai tajos laika periodos, kuros nepieciešams novērst izmantoto vērtēšanas kritēriju pārsniegšanu.

4. Kumulatīvais aprēķins pēc sliktākā scenārija

Kumulatīvās ietekmes sliktākajā scenārijā tiek modelēts summārais mirgošanas efekts, ko analizētajos receptoros var radīt SIA "Supren" vēja parka attiecīgās VES novietojuma alternatīvas, vēja parka PurpleGreen Solwin VES un vēja parka Kūkas VES. Aprēķins veikts, izmantojot sliktākā scenārija pieņēmumus – nepārtrauktu saules spīdēšanu, VES darbību visā teorētiski iespējamajā mirgošanas periodā un neņemot vērā faktiskā mākoņainuma un VES darbības varbūtības samazinošo ietekmi.

Pirmajai SIA "Supren" VES novietojuma alternatīvai kumulatīvajā aprēķinā analizēta 61 VES, bet otrajai alternatīvai – 64 VES. Abos aprēķinos izmantots vienots 126 receptoru punktu slānis.

5. Kumulatīvais aprēķins pēc reālā scenārija

Kumulatīvās ietekmes reālajā scenārijā tiek vērtēts summārais mirgošanas efekts no visu kumulatīvajā modelī iekļauto vēja parku VES, papildus piemērojot faktiskos meteoroloģiskos un VES darbību raksturojošos nosacījumus. Aprēķinā tiek ņemts vērā saules spīdēšanas ilgums un VES darbības varbūtība atkarībā no vēja virziena un darbības laika.

Lai nodrošinātu individuālā un kumulatīvā novērtējuma savstarpēju salīdzināmību, visos reālā scenārija aprēķinos izmantota vienāda saules spīdēšanas informācija un vienāds VES darbības stundu sadalījums pa 12 vēja virzienu sektoriem. Kopējais aprēķinā izmantotais VES darbības laiks ir 8238 h/gadā.

6. Ierobežošanas metode kumulatīvajai ietekmei (curtailment), balstoties uz kumulatīvo reālo scenāriju

Kumulatīvās ietekmes izvairīšanās scenārijā tiek modelēti VES darbības ierobežojumi laika periodos, kuros kumulatīvā reālā scenārija aprēķinā analizētajos receptoros tiek prognozēta izmantotā 8 h/gadā mirgošanas efekta vērtēšanas kritērija pārsniegšana.

Aprēķinā izmantota pieeja, kurā kumulatīvajā modelī vienlaikus tiek ņemtas vērā SIA "Supren", PurpleGreen Solwin un Kūkas VES, un katrai VES tiek piemēroti modelī definētie darbības ierobežojumi. Ierobežojumu matricas konfigurācija tiek pielāgota, līdz pēc darbības ierobežojumu piemērošanas nevienā no analizētajiem receptoru punktiem aprēķinātais reālā scenārija mirgošanas ilgums nepārsniedz 8 h/gadā.

Tādējādi izvairīšanās scenārijs raksturo situāciju, kurā kumulatīvi analizētie vēja parki ekspluatācijas laikā tiek vadīti, izmantojot automātisku mirgošanas efekta ierobežošanas sistēmu, lai kontrolētu summāro ietekmi uz apkārtējiem receptoriem.

legūtie rezultāti tiek analizēti MS Excel programmatūrā. Pēc modelēšanas tiek saglabāti automātiski ģenerētie windPRO atskaites dokumenti.

3. Rezultāti

Detalizēti mirgošanas efekta modelēšanas rezultāti ir atspoguļoti pielikumā tabulas veidā, kā arī WindPRO automātiski ģenerētajās elektroniskajās atskaitēs ar ievaddatiem.

3.1. Sliktākais scenārijs

3.1.1. Pirmā VES novietojuma alternatīva

Sliktākā scenārija aprēķinos mirgošanas efekts tiek konstatēts 41 receptorā, kas veido 32,5 % no visiem analizētajiem receptoru punktiem. Attiecīgi 85 receptoros jeb 67,5 % no visiem vērtētajiem receptoru punktiem mirgošanas efekts šajā scenārijā netiek konstatēts.

Gada ieteikuma līmenis 30 h/gadā tiek pārsniegts 24 receptoros jeb 19,0 % no visiem analizētajiem receptoru punktiem. No receptoru grupas, kurā mirgošanas efekts vispār tiek konstatēts, šāds pārsniegums veido 58,5 %. Dienas ieteikuma līmenis 30 min/dienā tiek sasniegts vai pārsniegts 27 receptoros jeb 21,4 % no visiem analizētajiem receptoru punktiem; stingri virs 30 min/dienā šis līmenis tiek pārsniegts 25 receptoros.

Maksimālais aprēķinātais mirgošanas efekta ilgums pirmajā VES novietojuma alternatīvā tiek konstatēts receptorā Ērgļi – 169:30 h/gadā un līdz 1:54 h/dienā. Nākamās augstākās vērtības aprēķinātas receptoros:

- Zvirgzdiņi – 145:04 h/gadā,
- Vīksnes – 134:06 h/gadā,
- Kropiņi – 129:28 h/gadā,
- Muižnieki – 119:52 h/gadā,
- Akoti – 118:46 h/gadā,
- Upmalnieki – 104:27 h/gadā,
- Kalvāni – 103:06 h/gadā.

Zemākā pozitīvā vērtība starp receptoriem, kuros mirgošanas efekts tiek konstatēts, ir Upmaļi – 7:42 h/gadā un līdz 0:23 h/dienā.

Receptoru izvietojuma analīze rāda, ka lielākās sliktākā scenārija vērtības koncentrējas tajos receptoros, kuru novietojums attiecībā pret VES ļauj ēnas krišanai atkārtoties salīdzinoši ilgā gada periodā. Šajā scenārijā rezultātu galvenokārt nosaka Saules trajektorija un receptoru ģeometriskais novietojums pret VES, nevis faktiskie meteoroloģiskie vai turbīnu darbības apstākļi.

VES griezumā lielākais teorētiskais devums pirmajā alternatīvā aprēķināts turbīnām 21-B, 22-A, 17-A, 24-A un 03-A. VES 21-B aprēķinātais kopējais sliktākā scenārija devums receptoru summā ir 288:32 h/gadā, bet VES 22-A – 243:38 h/gadā. Savukārt VES 10-A, 15-A, 11-A un 09-A individuālajā aprēķinā mirgošanas ietekmi uz analizētajiem receptoriem faktiski nerada vai to devums ir nebūtisks. Šāda atšķirība starp turbīnām skaidrojama ar VES telpisko izvietojumu pret jutīgajiem receptoru punktiem un attālumu līdz tiem.

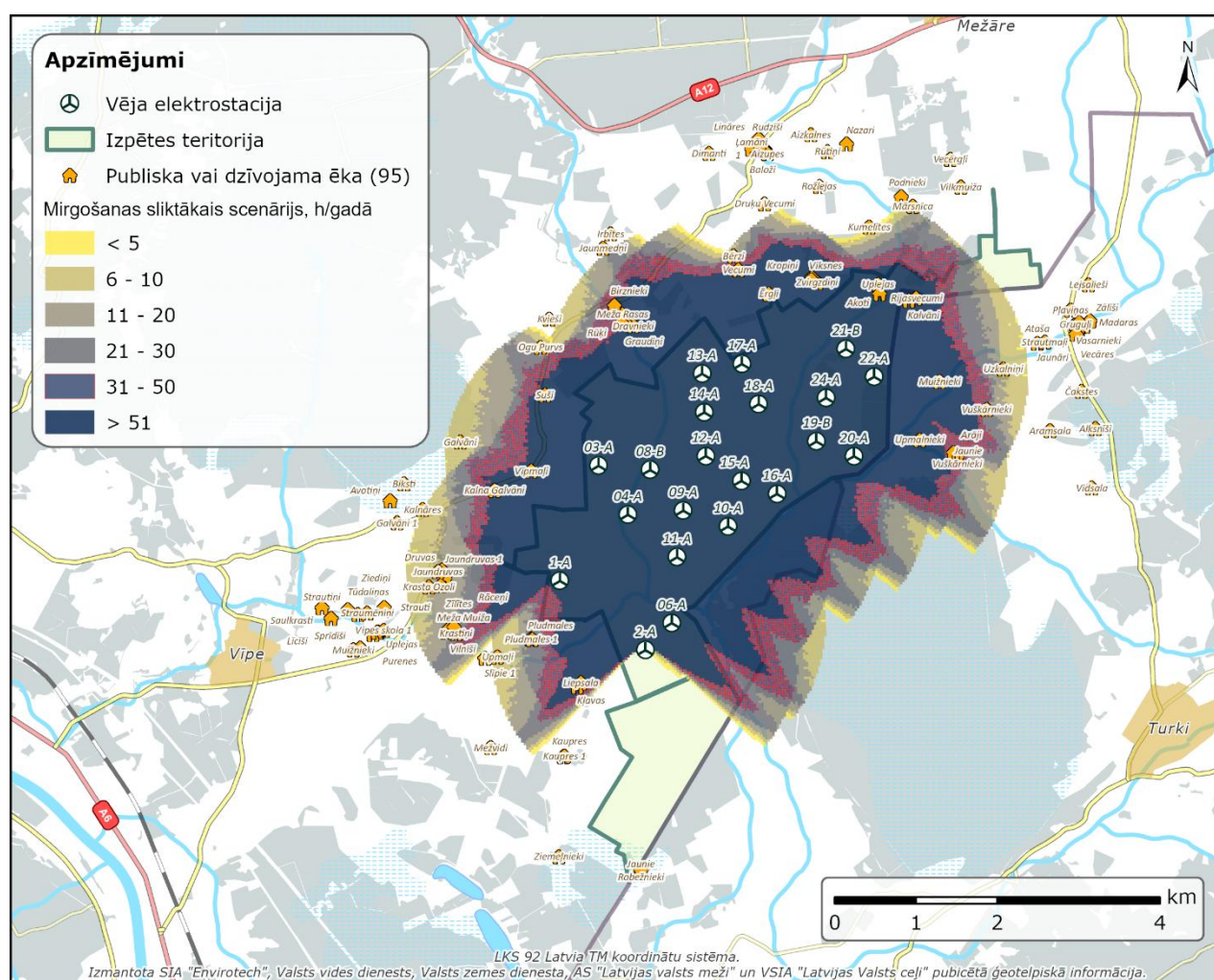
Kopumā pirmajai VES novietojuma alternatīvai sliktākais scenārijs norāda uz nepieciešamību turpmāk vērtēt ietekmes mazināšanas iespējas tiem receptoriem, kuros pārsniegts gada vai dienas ieteikuma līmenis. Vienlaikus jāņem vērā, ka šis scenārijs raksturo teorētisku maksimumu

un neietver faktiskā saules spīdēšanas ilguma, vēja virziena un VES darbības režīma samazinošo ietekmi.

Aplūkojot mirgošanas efektu kartogrāfiskā attēlojumā (8. attēls), Ziemeļeiropas platuma grādos Saule lielāko dienas daļu atrodas dienvidu debesu sektorā un pārvietojas pa salīdzinoši zemu trajektoriju virs horizonta. Šo apstākļu dēļ vēja turbīnu radītā kustīgā ēna visbiežāk tiek projicēta ziemeļu virzienā. Tieši šī ģeometriskā sakarība nosaka, ka sliktākajā scenārijā – kad pieņemta nepārtraukta Saules spīdēšana un turbīnu darbība – vislielākais mirgošanas efekta ilgums tiek konstatēts receptoros, kas atrodas uz ziemeļiem no turbīnām, jo šie receptori visilgāk atrodas rotora ēnas projekcijas zonā dienas laikā.

Rīta un vakara stundās ēnas virziens mainās, attiecīgi projicējoties uz rietumu un dienvidrietumu sektoriem, kā arī uz austrumu un dienvidaustrumu sektoriem, atkarībā no sezonas un Saules augstuma virs horizonta. Tomēr šo periodu ilgums ir īsāks, un Saules augstuma leņķis ir zemāks, tādēļ kopējais mirgošanas ilgums šajos virzienos ir mazāks.

Rezultātā mirgošanas ietekmes zona ap vēja parku neveido vienmērīgu apli, bet gan sektorveida jeb vādekļveida laukumus ar izteiktāku izstiepumu ziemeļu virzienā. Ietekmes intensitāte samazinās, palielinoties attālumam no turbīnām un mainoties Saules augstumam virs horizonta.



8. attēls. Mirgošanas efekta sliktākais scenārijs pirmajai VES novietojuma alternatīvai.

Rezultāti raksturo teorētiski maksimālo iespējamo ietekmi, pieņemot nepārtrauktu saules spīdēšanu un turbīnu darbību.

3.1.2. Otrā VES novietojuma alternatīva

Sliktākā scenārija aprēķinos otrajai VES novietojuma alternatīvai analizēti tie paši 126 receptoru punkti. Mirgošanas efekts tiek konstatēts 45 receptoros, kas veido 35,7 % no visiem analizētajiem receptoru punktiem. Mirgošanas efekts netiek konstatēts 81 receptorā jeb 64,3 % no receptoru kopskaita.

Gada ieteikuma līmenis 30 h/gadā tiek pārsniegts 27 receptoros jeb 21,4 % no visiem analizētajiem receptoru punktiem. No receptoriem, kuros mirgošanas efekts tiek konstatēts, šāds pārsniegums veido 60,0 %. Dienas ieteikuma līmenis 30 min/dienā tiek sasniegts vai pārsniegts 29 receptoros jeb 23,0 % no visiem analizētajiem receptoru punktiem; stingri virs 30 min/dienā tas tiek pārsniegts 27 receptoros.

Maksimālais mirgošanas efekta ilgums otrajā VES novietojuma alternatīvā, tāpat kā pirmajā alternatīvā, tiek konstatēts receptorā Ērgļi – 169:30 h/gadā un līdz 1:54 h/dienā. Augstas vērtības aprēķinātas arī receptoros:

- Zvirgzdiņi – 145:04 h/gadā,
- Liepsala – 141:20 h/gadā,
- Vīksnes – 134:06 h/gadā,
- Kropiņi – 129:28 h/gadā,
- Kļavas – 127:34 h/gadā,
- Muižnieki – 119:52 h/gadā un
- Akoti – 118:46 h/gadā.

Zemākā pozitīvā gada vērtība otrās alternatīvas sliktākajā scenārijā ir receptorā Mežvidi – 6:56 h/gadā.

Otrās alternatīvas rezultātos būtiska nozīme ir trīs papildus VES izvietojumam izpētes teritorijas dienvidu daļā. Šo VES ietekme visizteiktāk parādās receptoros Kaupres, Kaupres I, Liepsala, Kļavas, Ziemeļnieki un Pludmales, kuros otrajā alternatīvā aprēķinātais mirgošanas ilgums ir lielāks nekā pirmajā alternatīvā. Tas norāda, ka papildu VES izvietojums nerada vienmērīgu ietekmes pieaugumu visā receptoru slānī, bet gan lokāli palielina ietekmi atsevišķos receptoru virzienos.

VES griezumā lielākais teorētiskais devums otrajā alternatīvā aprēķināts turbīnām 21-A, 22-A, 17, 24 un 03-A. Līdzīgi kā pirmajā alternatīvā, augstākais WTG līmeņa devums aprēķināts VES 21-A – 288:32 h/gadā, bet VES 22-A – 243:38 h/gadā. No otrajā alternatīvā papildus iekļautajām VES nozīmīgākais devums aprēķināts VES 32-C – 85:21 h/gadā sliktākajā scenārijā un 16:18 h/gadā reālajā scenārijā, VES 31-C – 56:54 h/gadā sliktākajā scenārijā, bet VES 33-C – 30:46 h/gadā sliktākajā scenārijā. Tādējādi dienvidu daļā papildus izvietotās VES nav galvenais kopējā parka ietekmes avots, tomēr tās rada nozīmīgu lokālu pienesumu atsevišķiem receptoriem.

Rezultāti raksturo teorētiski maksimālo mirgošanas ietekmi, pieņemot nepārtrauktu saules spīdēšanu un turbīnu darbību visā aprēķina periodā.

3.1.3. Alternatīvu salīdzinājums

Salīdzinot abas VES novietojuma alternatīvas sliktākā scenārija aprēķinos, izmantots vienots 126 receptoru punktu slānis. Pirmajā alternatīvā mirgošanas efekts tiek konstatēts 41 receptorā, savukārt otrajā alternatīvā – 45 receptoros. Tādējādi otrajā alternatīvā ietekmēto receptoru skaits ir par 4 receptoriem lielāks, kas atbilst 9,8 % pieaugumam attiecībā pret pirmās alternatīvas ietekmēto receptoru skaitu. Attiecībā pret visu receptoru kopskaitu tas nozīmē pieaugumu no 32,5 % līdz 35,7 %, t. i., par 3,2 procentpunktiem.

Gada ieteikuma līmeņa 30 h/gadā pārsniegumu skaits palielinās no 24 līdz 27 receptoriem. Tas ir par 3 receptoriem jeb 12,5 % vairāk nekā pirmajā alternatīvā. Dienas ieteikuma līmeņa 30 min/dienā sasniegšanas vai pārsniegšanas gadījumu skaits palielinās no 27 līdz 29 receptoriem jeb par 7,4 %.

Kopējais sliktākā scenārija mirgošanas ilgums receptoru griezumā pirmajā alternatīvā ir 2337:25 h/gadā, savukārt otrajā alternatīvā – 2584:56 h/gadā. Otrajā alternatīvā kopējais aprēķinātais mirgošanas ilgums ir par 247:31 h/gadā jeb 10,6 % lielāks nekā pirmajā alternatīvā.

Lielākie mirgošanas ilguma pieaugumi otrajā alternatīvā, salīdzinot ar pirmo alternatīvu, konstatēti receptoros Kaupres 1, kur vērtība palielinās no 0:00 līdz 56:49 h/gadā, Kaupres – no 0:00 līdz 55:20 h/gadā, Liepsala – no 92:52 līdz 141:20 h/gadā, Kļavas – no 82:53 līdz 127:34 h/gadā, Ziemeļnieki – no 0:00 līdz 24:00 h/gadā, Pludmales – no 22:50 līdz 34:07 h/gadā, kā arī Mežvidi – no 0:00 līdz 6:56 h/gadā. Šie piemēri parāda, ka otrās alternatīvas ietekmes pieaugums nav vienmērīgi sadalīts visā teritorijā, bet koncentrējas atsevišķos receptoros, kas atrodas nelabvēlīgākā ģeometriskā novietojumā pret papildus plānotajām VES.

No sliktākā scenārija rezultātiem secināms, ka otrā VES novietojuma alternatīva rada lielāku teorētiski iespējamo mirgošanas ietekmi nekā pirmā alternatīva. Atšķirība izpaužas gan kā lielāks ietekmēto receptoru skaits, gan kā lielāks receptoru skaits ar gada un dienas ieteikuma līmeņu pārsniegumiem, gan kā lielāks kopējais mirgošanas ilgums. Vienlaikus šis secinājums attiecas uz konservatīvu sliktākā scenārija aprēķinu, tādēļ ietekmes būtiskuma vērtēšanai nepieciešams analizēt arī reālo scenāriju un izvairīšanās metodes rezultātus.

3.2. Reālais scenārijs

Reālajā scenārijā mirgošanas efekta kopējais ilgums abās alternatīvās būtiski samazinās salīdzinājumā ar sliktāko scenāriju. Pirmajā alternatīvā kopējais mirgošanas ilgums samazinās no 2337:25 līdz 375:01 h/gadā, t. i., reālā scenārija kopējais apjoms veido aptuveni 16,0 % no sliktākā scenārija kopējā apjoma. Otrajā alternatīvā kopējais mirgošanas ilgums samazinās no 2584:56 līdz 431:30 h/gadā, t. i., līdz aptuveni 16,7 % no sliktākā scenārija kopējā apjoma.

3.2.1. Pirmā VES novietojuma alternatīva

Reālā scenārija aprēķinos pirmajai VES novietojuma alternatīvai mirgošanas efekts tiek konstatēts 41 receptorā, kas veido 32,5 % no visiem analizētajiem receptoru punktiem. Gada ieteikuma līmenis 8 h/gadā tiek pārsniegts 18 receptoros jeb 14,3 % no visiem analizētajiem receptoriem. No receptoru grupas, kurā mirgošanas efekts tiek konstatēts, tas veido 43,9 %.

Maksimālais mirgošanas efekta ilgums reālajā scenārijā pirmajai alternatīvai tiek konstatēts receptorā Muižnieki – 31:30 h/gadā. Augstas vērtības aprēķinātas arī receptoros:

- Liepsala – 30:55 h/gadā,
- Upmalnieki – 29:05 h/gadā,
- Kļavas – 27:38 h/gadā,
- Vīpmaļi – 18:04 h/gadā,
- Ērgļi – 13:29 h/gadā,
- Arāji – 12:20 h/gadā un
- Jaunie Vuškārnietes – 11:52 h/gadā.

Zemākās pozitīvās vērtības reālajā scenārijā konstatētas receptoros Ogu Purvs – 0:48 h/gadā, Bērzi – 1:29 h/gadā un Galvāni – 1:52 h/gadā.

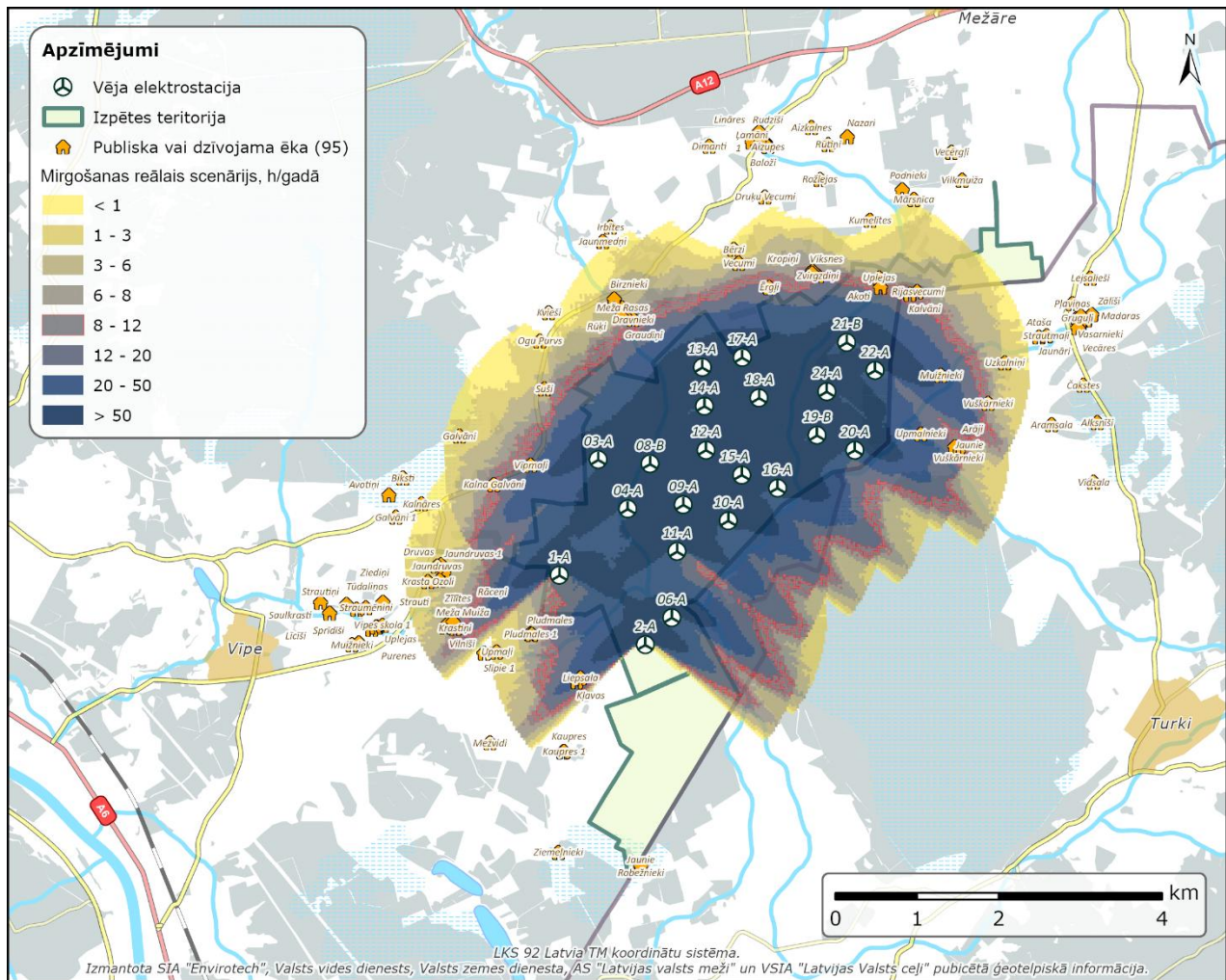
Salīdzinot ar sliktāko scenāriju, reālā scenārija vērtības receptoros, kuros konstatēta mirgošanas ietekme, vidēji veido aptuveni 20,0 % no sliktākā scenārija vērtībām. Kopējā receptoru griezumā samazinājums ir vēl izteiktāks – no 2337:25 līdz 375:01 h/gadā, kas nozīmē samazinājumu par 1962:24 h/gadā jeb aptuveni 84,0 %. Šāda atšķirība apstiprina, ka sliktākais scenārijs sniedz konservatīvu teorētisko maksimumu, savukārt reālais scenārijs būtiski samazina aprēķināto ietekmi, ņemot vērā faktiskos meteoroloģiskos un VES darbības nosacījumus.

VES līmenī lielākais reālā scenārija devums pirmajā alternatīvā aprēķināts VES 21-B – 35:30 h/gadā, VES 22-A – 34:45 h/gadā, VES 2-A – 29:32 h/gadā, VES 03-A – 24:40 h/gadā, VES 24-A – 22:47 h/gadā, VES 1-A – 22:21 h/gadā un VES 20-A – 21:02 h/gadā. Šis VES veido nozīmīgāko individuālā vēja parka mirgošanas pienesumu reālajā scenārijā. Savukārt VES 10-A, 15-A, 11-A un 09-A reālā scenārija aprēķinos mirgošanas ietekmi uz analizētajiem receptoriem nerada.

Reālā scenārija rezultāti parāda, ka pēc faktiskā saules spīdēšanas ilguma un VES darbības apstākļu integrēšanas mirgošanas efekta ilgums būtiski samazinās, tomēr vairākos receptoros joprojām tiek pārsniegts 8 h/gadā ieteikuma līmenis. Tādēļ pirmajai VES novietojuma alternatīvai nepieciešams vērtēt darbības ierobežošanas jeb izvairīšanās pasākumus.

Reālā scenārija telpiskais sadalījums atšķiras no sliktākā scenārija, jo papildus Saules–VES–receptora savstarpējai ģeometrijai aprēķinā tiek ņemta vērā saules spīdēšanas varbūtība un VES darbības varbūtība atkarībā no vēja virziena. VES darbības apstākļi modelī raksturoti ar ilgtermiņa darbības stundu sadalījumu pa 12 vēja virzienu sektoriem.

Tādējādi reālā scenārija rezultātu telpisko sadalījumu nosaka ģeometrisko un statistisko meteoroloģisko nosacījumu kombinācija (9. attēls). Atsevišķās teritorijās mirgošanas ilgums salīdzinājumā ar sliktāko scenāriju samazinās izteiktāk, bet citās saglabājas lielāks. Tā kā aprēķinā izmantots statistisks vēja virzienu sadalījums, nevis hronoloģiska vēja laika rinda, atsevišķas kartē novērojamās telpiskās īpatnības nav viennozīmīgi saistāmas ar konkrēta vēja virziena un diennakts laika sakritību.

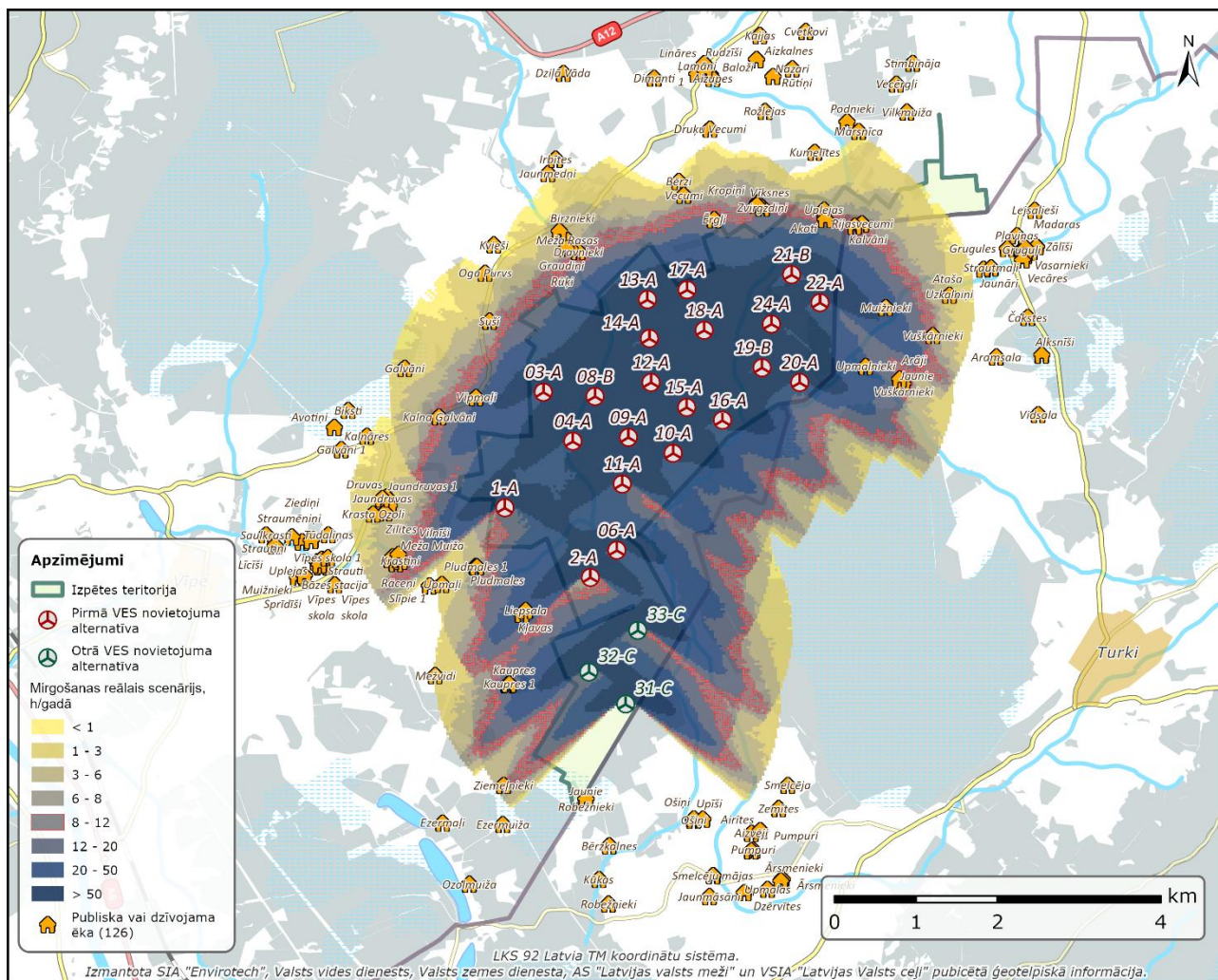


9. attēls. Mirgošanas efekta reālais scenārijs pirmajai VES novietojuma alternatīvai.

Rezultāti parāda, ka, ņemot vērā saules spīdēšanas un turbīnu darbības faktiskos apstākļus, mirgošanas efekta ilgums būtiski samazinās salīdzinājumā ar teorētisko maksimumu, tomēr vairākos receptoros tas joprojām pārsniedz ieteikuma līmeni 8 h/gadā un prasa turpmāku ietekmes mazināšanas izvērtējumu.

3.2.2. Otrā VES novietojuma alternatīva

Mirgošanas efekts tiek konstatēts 45 receptoros, kas veido 35,7 % no visiem analizētajiem receptoru punktiem (10. attēls). Gada ieteikuma līmenis 8 h/gadā tiek pārsniegts 20 receptoros jeb 15,9 % no visiem analizētajiem receptoru punktiem. Vienā receptorā – Ziemeļnieki – aprēķinātā vērtība sasniedz tieši 8:00 h/gadā, kas nav klasificējama kā pārsniegums, ja vērtējums balstīts uz kritēriju "pārsniedz 8 h/gadā".



10. attēls. Mirgošanas efekta reālais scenārijs otrajai VES novietojuma alternatīvai.

Maksimālais mirgošanas efekta ilgums otrās VES novietojuma alternatīvas reālajā scenārijā tiek konstatēts receptorā Liepsala – 37:17 h/gadā. Turpmākās augstākās vērtības aprēķinātas receptoros:

- Kļavas – 34:06 h/gadā,
- Muižnieki – 31:30 h/gadā,
- Upmalnieki – 29:05 h/gadā,
- Vīpmaļi – 18:04 h/gadā,
- Kaupres 1 – 16:43 h/gadā,
- Kaupres – 16:17 h/gadā un
- Ērgļi – 13:29 h/gadā.

Zemākā pozitīvā vērtība ir Ogu Purvs – 0:48 h/gadā.

Salīdzinot ar sliktāko scenāriju, otrajā alternatīvā reālā scenārija rezultāti receptoros, kuros sliktākajā scenārijā konstatēta mirgošanas ietekme, vidēji veido aptuveni 20,4 % no sliktākā scenārija vērtībām. Kopējais mirgošanas ilgums samazinās no 2584:56 līdz 431:30 h/gadā, t. i., par 2153:26 h/gadā jeb aptuveni 83,3 %. Zemākā relatīvā attiecība starp reālo un sliktāko scenāriju konstatēta receptorā Ogu Purvs – aptuveni 5,7 %, savukārt augstākās attiecības konstatētas

receptoros Ziemeļnieki, Krastiņi, Mežmuiža, Meža Muiža, Vilnīši un Rāceņi, kur reālais scenārijs veido aptuveni 32,6–33,3 % no sliktākā scenārija vērtības.

VES līmenī lielākais reālā scenārija devums otrajā alternatīvā aprēķināts VES 21-A – 35:30 h/gadā, VES 22-A – 34:45 h/gadā, VES 2 – 29:32 h/gadā, VES 03-A – 24:40 h/gadā, VES 24 – 22:47 h/gadā, VES 1 – 22:21 h/gadā un VES 20-A – 21:02 h/gadā. No papildus iekļautajām dienvidu daļas VES būtiskākais reālā scenārija pienesums ir VES 32-C – 16:18 h/gadā, VES 31-C – 12:36 h/gadā un VES 33-C – 8:18 h/gadā. Tādējādi papildu VES nav galvenie kopējās ietekmes avoti, tomēr to devums ir pietiekams, lai atsevišķos receptoros palielinātu aprēķināto mirgošanas ilgumu.

Reālā scenārija telpisko sadalījumu nosaka ne tikai Saules trajektorija, bet arī vēja režīms un VES darbības biežums dažādos vēja virzienos. Rezultātā mirgošanas efekta sadalījums reālajā scenārijā var atšķirties no sliktākā scenārija, kurā dominē tikai ģeometriskais Saules un receptoru novietojums. Šī iemesla dēļ reālajā scenārijā atsevišķos sektoros ietekme samazinās būtiskāk, bet citos saglabājas salīdzinoši lielāka.

3.2.3. Alternatīvu salīdzinājums

Salīdzinot abas VES novietojuma alternatīvas reālā scenārija aprēķinos, otrā alternatīva uzrāda lielāku aprēķināto mirgošanas ietekmi nekā pirmā alternatīva. Pirmajā alternatīvā mirgošanas efekts tiek konstatēts 41 receptorā no 126 jeb 32,5 % no visiem analizētajiem receptoru punktiem, savukārt otrajā alternatīvā – 45 receptoros jeb 35,7 %. Tas nozīmē, ka otrajā alternatīvā ietekmēto receptoru skaits ir par 4 receptoriem jeb 9,8 % lielāks nekā pirmajā alternatīvā.

Gada ieteikuma līmeņa 8 h/gadā pārsniegumu skaits pirmajā alternatīvā ir 18 receptori, savukārt otrajā alternatīvā – 20 receptori. Pieaugums ir 2 receptori jeb 11,1 %. Papildus otrajā alternatīvā vienā receptorā aprēķinātā vērtība sasniedz tieši 8:00 h/gadā, tomēr šāda vērtība nav uzskatāma par pārsniegumu, ja tiek vērtēts tikai kritērijs “pārsniedz 8 h/gadā”.

Kopējais reālā scenārija mirgošanas ilgums pirmajā alternatīvā ir 375:01 h/gadā, savukārt otrajā alternatīvā – 431:30 h/gadā. Otrajā alternatīvā kopējais aprēķinātais mirgošanas ilgums ir par 56:29 h/gadā jeb aptuveni 15,1 % lielāks nekā pirmajā alternatīvā. Šis pieaugums ir relatīvi lielāks nekā ietekmēto receptoru skaita pieaugums, kas norāda, ka otrā alternatīva ne tikai skar nedaudz lielāku receptoru skaitu, bet arī palielina mirgošanas ilgumu vairākos jau ietekmētos receptoros.

Lielākie reālā scenārija mirgošanas ilguma pieaugumi otrajā alternatīvā, salīdzinot ar pirmo alternatīvu, konstatēti receptoros:

- Kaupres 1 – no 0:00 līdz 16:43 h/gadā,
- Kaupres – no 0:00 līdz 16:17 h/gadā,
- Ziemeļnieki – no 0:00 līdz 8:00 h/gadā,
- Kļavas – no 27:38 līdz 34:06 h/gadā,
- Liepsala – no 30:55 līdz 37:17 h/gadā,
- Mežvidi – no 0:00 līdz 1:50 h/gadā un
- Pludmales – no 6:02 līdz 6:51 h/gadā.

Šie piemēri apliecina, ka otrās alternatīvas papildu ietekme galvenokārt izpaužas atsevišķos receptoros, nevis vienmērīgi visā receptoru slānī.

Kopumā reālā scenārija rezultāti apstiprina sliktākā scenārija novēroto tendenci – otrā VES novietojuma alternatīva rada lielāku aprēķināto mirgošanas ietekmi nekā pirmā alternatīva. Vienlaikus abās alternatīvās reālā scenārija rezultāti ir būtiski zemāki par sliktākā scenārija vērtībām. Tā kā abās alternatīvās daļā receptoru tiek pārsniegts 8 h/gadā ieteikuma līmenis, abām alternatīvām nepieciešams vērtēt izvairīšanās metodi, kas balstīta uz reālā scenārija rezultātiem.

3.3. Izvairīšanās metode (balstoties uz reālo scenāriju)

3.3.1. Pirmā VES novietojuma alternatīva

Pēc izvairīšanās metodes piemērošanas pirmajai VES novietojuma alternatīvai mirgošanas efekts saglabājas 37 receptoros no 126 analizētajiem receptoru punktiem, kas veido 29,4 % no receptoru kopskaita. Salīdzinot ar reālo scenāriju, kurā mirgošanas efekts tika konstatēts 41 receptorā, ietekmēto receptoru skaits samazinās par 4 receptoriem jeb 9,8 % attiecībā pret sākotnēji ietekmēto receptoru skaitu.

Turbīnu darbības ierobežojumi receptoru griezumā piemēroti 30 receptoros. Pēc ierobežojumu piemērošanas nevienā receptorā netiek pārsniegts reālā scenārija gada ieteikuma līmenis 8 h/gadā. Kopējais atlikušais mirgošanas ilgums pēc izvairīšanās metodes piemērošanas ir 98:12 h/gadā. Salīdzinot ar reālā scenārija sākotnējo kopējo mirgošanas ilgumu 375:01 h/gadā, tas nozīmē, ka ar izvairīšanās metodi kopējais mirgošanas ilgums samazinās par aptuveni 276:49 h/gadā jeb 73,8 %.

Maksimālā atlikusī vērtība pēc ierobežošanas tiek konstatēta receptorā Pludmales – 6:02 h/gadā. Nākamās lielākās atlikušās vērtības aprēķinātas receptoros:

- Pludmales 1 – 5:54 h/gadā,
- Liepsala – 5:45 h/gadā,
- Vuškārnieki – 5:15 h/gadā,
- Muižnieki – 5:08 h/gadā,
- Krastiņi – 4:57 h/gadā,
- Dravnieki – 4:23 h/gadā,
- Mežmuiža – 4:22 h/gadā un
- Vīpmaļi – 3:42 h/gadā.

Visas šīs vērtības ir zemākas par 8 h/gadā ieteikuma līmeni.

Lielākie mirgošanas ilguma samazinājumi receptoru griezumā tiek panākti receptoros:

- Upmalnieki – novērstas 27:40 h/gadā,
- Kļavas – 27:38 h/gadā,
- Muižnieki – 26:21 h/gadā,
- Liepsala – 25:10 h/gadā,
- Vīpmaļi – 14:21 h/gadā,
- Ērgļi – 12:02 h/gadā,
- Jaunie Vuškārnieki – 10:35 h/gadā,
- Akoti – 9:54 h/gadā,
- Kalvāni – 9:52 h/gadā un

- Kalna Galvāni – 9:51 h/gadā.

Šie receptori raksturo vietas, kurās izvairīšanās metode dod vislielāko praktisko efektu.

VES darbības ierobežojumu griezumā pirmajā alternatīvā lielākais apturēšanas laiks aprēķināts:

- VES 21-B – 275:40 h/gadā,
- VES 22-A – 181:52 h/gadā,
- VES 17-A – 117:02 h/gadā,
- VES 24-A – 111:55 h/gadā,
- VES 03-A – 107:19 h/gadā,
- VES 13-A – 83:01 h/gadā un
- VES 20-A – 80:57 h/gadā.

Savukārt VES 10-A, 15-A, 11-A un 09-A individuālajā izvairīšanās scenārijā apturēšana nav nepieciešama. Tas norāda, ka nepieciešamie ierobežojumi koncentrējas noteiktā VES grupā, nevis vienmērīgi attiecas uz visu vēja parku.

Kopumā pirmās VES novietojuma alternatīvas individuālais izvairīšanās scenārijs nodrošina, ka pēc VES darbības ierobežojumu piemērošanas nevienā receptorā netiek pārsniegts 8 h/gadā ieteikuma līmenis. Paliekošā mirgošanas ietekme saglabājas vairākos receptores, taču tās apjoms ir zemāks par izmantoto vērtēšanas kritēriju.

3.3.2. Otrā VES novietojuma alternatīva

Pēc izvairīšanās metodes piemērošanas otrajai VES novietojuma alternatīvai mirgošanas efekts saglabājas 42 receptores no 126 analizētajiem receptoru punktiem, kas veido 33,3 % no receptoru kopskaita. Salīdzinot ar reālo scenāriju, kurā mirgošanas efekts tika konstatēts 45 receptores, ietekmēto receptoru skaits samazinās par 3 receptoriem jeb 6,7 % attiecībā pret sākotnēji ietekmēto receptoru skaitu.

Pēc ierobežojumu piemērošanas nevienā receptorā netiek pārsniegts reālā scenārija gada ieteikuma līmenis 8 h/gadā. Kopējais atlikušais mirgošanas ilgums pēc izvairīšanās metodes piemērošanas ir 119:32 h/gadā. Salīdzinot ar reālā scenārija sākotnējo kopējo mirgošanas ilgumu 431:30 h/gadā, tas nozīmē, ka ar izvairīšanās metodi kopējais mirgošanas ilgums samazinās par aptuveni 311:58 h/gadā jeb 72,3 %.

Maksimālā atlikusī vērtība pēc ierobežošanas tiek konstatēta receptorā Kaupres 1 – 7:25 h/gadā. Nākamās lielākās atlikušās vērtības aprēķinātas receptores:

- Kaupres – 6:50 h/gadā,
- Pludmales – 6:14 h/gadā,
- Pludmales 1 – 5:54 h/gadā,
- Kļavas – 5:18 h/gadā,
- Vuškārnieki – 5:15 h/gadā,
- Muižnieki – 5:08 h/gadā,
- Dravnieki – 4:23 h/gadā,
- Liepsala – 4:13 h/gadā un
- Vīpmaļi – 3:42 h/gadā.

Visas atlikušās vērtības ir zemākas par 8 h/gadā ieteikuma līmeni.

Lielākie mirgošanas ilguma samazinājumi receptoru griezumā tiek panākti receptoros:

- Liepsala – novērstas 33:03 h/gadā,
- Kļavas – 28:48 h/gadā,
- Upmalnieki – 27:40 h/gadā,
- Muižnieki – 26:21 h/gadā,
- Vīpmaļi – 14:21 h/gadā,
- Arāji – 11:59 h/gadā,
- Ērgļi – 10:44 h/gadā,
- Akoti – 9:54 h/gadā,
- Kalvāni – 9:52 h/gadā un
- Jaunie Vuškārnieki – 9:45 h/gadā.

Atsevišķos receptoros, piemēram, Ziemeļnieki, sākotnējā reālā scenārija vērtība 8:00 h/gadā pēc ierobežojumu piemērošanas samazinās līdz 0:00 h/gadā.

VES darbības ierobežojumu griezumā otrajā alternatīvā lielākais apturēšanas laiks aprēķināts:

- VES 21-A – 275:40 h/gadā,
- VES 22-A – 181:52 h/gadā,
- VES 17 – 117:02 h/gadā,
- VES 24 – 113:00 h/gadā,
- VES 03-A – 107:19 h/gadā,
- VES 13-A – 91:04 h/gadā un
- VES 20-A – 81:42 h/gadā.

No papildus dienvidu daļā izvietotajām VES būtiskākais ierobežošanas apjoms nepieciešams VES 32-C – 62:07 h/gadā un VES 31-C – 24:00 h/gadā. VES 33-C individuālajā izvairīšanās scenārijā nav nepieciešama apturēšana, taču tai saglabājas aprēķināts WTG līmeņa atlikušais devums 8:18 h/gadā.

Kopējais WTG tabulas griezumā aprēķinātais VES apturēšanas laiks otrajā alternatīvā ir 1305:10 h/gadā, savukārt pirmajā alternatīvā – 1224:32 h/gadā. Tādējādi otrajā alternatīvā nepieciešamais VES apturēšanas apjoms ir par 80:38 h/gadā jeb aptuveni 6,6 % lielāks. Šis pieaugums galvenokārt saistīts ar papildu VES izvietošanu izpētes teritorijas dienvidu daļā un to ietekmi uz atsevišķiem receptoriem.

Kopumā otrās VES novietojuma alternatīvas individuālais izvairīšanās scenārijs nodrošina atbilstību 8 h/gadā ieteikuma līmenim visos analizētajos receptoros. Tomēr, salīdzinot ar pirmo alternatīvu, otrajai alternatīvai nepieciešams lielāks VES darbības ierobežojumu apjoms un pēc ierobežošanas saglabājas lielāks kopējais atlikušais mirgošanas ilgums.

3.3.3. Alternatīvu salīdzinājums

Pēc izvairīšanās metodes piemērošanas abām VES novietojuma alternatīvām nevienā no 126 analizētajiem receptoru punktiem netiek pārsniegts reālā scenārija gada ieteikuma līmenis 8 h/gadā. Tādējādi no paliekošās receptoru ietekmes atbilstības viedokļa abas alternatīvas pēc

darbības ierobežojumu piemērošanas ir vērtējamās kā atbilstošas izmantotajam 8 h/gadā vērtēšanas kritērijam.

Pirmajā alternatīvā pēc ierobežošanas mirgošanas efekts saglabājas 37 receptoros, savukārt otrajā alternatīvā – 42 receptoros. Otrajā alternatīvā paliekošā mirgošanas ietekme saglabājas par 5 receptoriem vairāk, kas ir par 13,5 % vairāk nekā pirmajā alternatīvā. Attiecībā pret visu receptoru kopskaitu tas nozīmē atšķirību no 29,4 % līdz 33,3 %, t. i., par 3,9 procentpunktiem.

Kopējais atlikušais mirgošanas ilgums pēc izvairīšanās metodes piemērošanas pirmajā alternatīvā ir 98:12 h/gadā, bet otrajā alternatīvā – 119:32 h/gadā. Otrajā alternatīvā atlikušais mirgošanas ilgums ir par 21:20 h/gadā jeb aptuveni 21,7 % lielāks nekā pirmajā alternatīvā. Vienlaikus jāņem vērā, ka pirms izvairīšanās metodes piemērošanas reālā scenārija starpība starp alternatīvām bija 56:29 h/gadā. Pēc izvairīšanās pasākumiem šī starpība samazinās līdz 21:20 h/gadā, t. i., starp alternatīvām sākotnēji konstatētā kopējā mirgošanas ilguma atšķirība samazinās par aptuveni 62 %.

Lielākie atlikušās ietekmes pieaugumi otrajā alternatīvā, salīdzinot ar pirmo alternatīvu, konstatēti receptoros Kaupres 1 – no 0:00 līdz 7:25 h/gadā, Kaupres – no 0:00 līdz 6:50 h/gadā, Kļavas – no 0:00 līdz 5:18 h/gadā, Rāceņi – no 0:00 līdz 3:40 h/gadā, Vilnīši – no 0:02 līdz 3:04 h/gadā, kā arī Ērgļi – no 1:26 līdz 2:44 h/gadā. Savukārt atsevišķos receptoros otrās alternatīvas atlikusī vērtība pēc ierobežošanas ir zemāka nekā pirmajā alternatīvā, piemēram, Liepsala, Mežmuiža, Krastiņi un Arāji.

VES darbības ierobežojumu salīdzinājumā otrā alternatīva prasa lielāku kopējo apturēšanas apjomu. Būtiskākās VES, kurām nepieciešami ierobežojumi abās alternatīvās, ir VES 21-A/21-B, 22-A, 17/17-A, 24/24-A un 03-A. Otrajā alternatīvā papildus nozīmīgu ierobežošanas apjomu rada arī VES 32-C un 31-C. Tas norāda, ka otrās alternatīvas papildu VES palielina nepieciešamo tehnisko ierobežojumu apjomu, lai gan pēc ierobežošanas visos receptoros tiek nodrošināta atbilstība izmantotajam 8 h/gadā ieteikuma līmenim.

Kopumā individuālās izvairīšanās metodes rezultāti parāda, ka abas VES novietojuma alternatīvas ir iespējams ekspluatēt, nodrošinot mirgošanas efekta ierobežošanu tādā apmērā, lai nevienā receptorā netiktu pārsniegts reālā scenārija gada ieteikuma līmenis. Pirmā alternatīva ir labvēlīgāka no nepieciešamā ierobežojumu apjoma un atlikušās mirgošanas ietekmes viedokļa. Otrā alternatīva rada lielāku sākotnējo un paliekošo aprēķināto ietekmi, kā arī prasa lielāku VES apturēšanas apjomu, tomēr šī atšķirība pēc izvairīšanās metodes piemērošanas nav tāda, kas pati par sevi izslēgtu otrās alternatīvas īstenošanu, ja ekspluatācijas laikā tiek nodrošināta atbilstoši konfigurēta automātiskā mirgošanas efekta ierobežošanas sistēma.

3.4. Kumulatīvā ietekme – sliktākais scenārijs

Kumulatīvās ietekmes sliktākais scenārijs raksturo teorētiski maksimālo mirgošanas efekta ilgumu, vienlaikus ņemot vērā SIA "Supren" vēja parka attiecīgās VES novietojuma alternatīvas, vēja parka *PurpleGreen Solwin* VES un vēja parka *Kūkas* VES. Šajā scenārijā netiek ņemts vērā mākoņainums, faktiskā saules spīdēšanas ilguma samazinājums, vēja virziena sadalījums vai VES darbības ierobežojumi. Tādēļ rezultāti izmantojami kā konservatīvs kumulatīvās ietekmes potenciāla raksturojums.

Pirmajai VES novietojuma alternatīvai kumulatīvajā aprēķinā vērtēta 61 VES – 21 SIA “Supren” VES, 17 vēja parka *PurpleGreen Solwin* VES un 23 vēja parka *Kūkas* VES. Otrajai VES novietojuma alternatīvai vērtētas 64 VES – 24 SIA “Supren” VES, 17 *PurpleGreen Solwin* VES un 23 *Kūkas* VES. Abos aprēķinos izmantots vienots 126 receptoru punktu slānis.

3.4.1. Pirmā VES novietojuma alternatīva

Pirmās VES novietojuma alternatīvas kumulatīvās ietekmes sliktākā scenārija aprēķinos mirgošanas efekts tiek konstatēts 68 receptoros no 126 analizētajiem receptoru punktiem, kas veido 54,0 % no receptoru kopskaita. Salīdzinot ar individuālo sliktāko scenāriju, kurā mirgošanas efekts tika konstatēts 41 receptorā, kumulatīvās ietekmes gadījumā ietekmēto receptoru skaits palielinās par 27 receptoriem jeb 65,9 %.

Gada ieteikuma līmenis 30 h/gadā kumulatīvajā sliktākajā scenārijā tiek pārsniegts 56 receptoros jeb 44,4 % no visiem analizētajiem receptoru punktiem. Salīdzinot ar individuālo sliktāko scenāriju, kurā pārsniegums tika konstatēts 24 receptoros, pārsniegumu skaits palielinās par 32 receptoriem jeb 133,3 %. Dienas ieteikuma līmenis 30 min/dienā tiek sasniegts vai pārsniegts 60 receptoros, savukārt stingri virs 30 min/dienā tas tiek pārsniegts 58 receptoros.

Kopējais aprēķinātais mirgošanas ilgums receptoru griezumā kumulatīvajā sliktākajā scenārijā ir 5054:58 h/gadā. Salīdzinot ar pirmās alternatīvas individuālo sliktāko scenāriju, kur kopējais aprēķinātais mirgošanas ilgums bija 2337:25 h/gadā, kumulatīvās ietekmes gadījumā tas palielinās par 2717:33 h/gadā jeb aptuveni 116,3 %.

Maksimālais kumulatīvā sliktākā scenārija mirgošanas ilgums aprēķināts receptorā *Vīpmaļi* – 297:23 h/gadā un līdz 1:44 h/dienā. Augstas vērtības aprēķinātas arī receptoros *Kalna Galvāni* – 191:41 h/gadā, *Liepsala* – 189:32 h/gadā, *Kļavas* – 172:07 h/gadā, *Ērgļi* – 169:30 h/gadā, *Zvirgzdiņi* – 145:04 h/gadā, *Suši* – 140:14 h/gadā, *Vīksnes* – 134:06 h/gadā, *Kropiņi* – 129:28 h/gadā, *Muižnieki* – 128:32 h/gadā un *Upmalnieki* – 122:59 h/gadā.

VES griezumā lielākais summārais teorētiskais devums aprēķināts *PurpleGreen Solwin VES B22* – 440:27 h/gadā, *SIA “Supren” VES 21-B* – 288:32 h/gadā, *PurpleGreen Solwin VES B17* – 287:02 h/gadā, *SIA “Supren” VES 22-A* – 243:38 h/gadā un *PurpleGreen Solwin VES B1* – 242:20 h/gadā. No vēja parka *Kūkas* VES lielākais teorētiskais devums aprēķināts *VES K21* – 81:39 h/gadā un *K20* – 55:47 h/gadā. Tas rāda, ka kumulatīvās ietekmes apjomu nosaka vairāku vēja parku VES savstarpēji pārklājošs ieguldījums, lai gan lielākais atsevišķu VES piensesums saglabājas *SIA “Supren”* un *PurpleGreen Solwin VES*.

Kopumā pirmās VES novietojuma alternatīvas kumulatīvā sliktākā scenārija rezultāti norāda uz būtisku teorētiskās mirgošanas ietekmes pieaugumu salīdzinājumā ar individuālo aprēķinu. Rezultāti raksturo konservatīvu maksimāli iespējamo situāciju, un ietekmes faktiskā nozīmīguma izvērtēšanai nepieciešams analizēt reālā scenārija un ietekmi mazinošo pasākumu rezultātus.

3.4.2. Otrā VES novietojuma alternatīva

Otrās VES novietojuma alternatīvas kumulatīvās ietekmes sliktākā scenārija aprēķinos mirgošanas efekts tiek konstatēts 68 receptoros no 126 analizētajiem receptoru punktiem, kas veido 54,0 % no receptoru kopskaita. Gada ieteikuma līmenis 30 h/gadā tiek pārsniegts 56 receptoros jeb 44,4 % no visiem analizētajiem receptoru punktiem. Dienas ieteikuma līmenis 30

min/dienā tiek sasniegts vai pārsniegts 60 receptoros, savukārt stingri virs 30 min/dienā tas tiek pārsniegts 58 receptoros.

Salīdzinot ar otrās alternatīvas individuālo sliktāko scenāriju, kurā mirgošanas efekts tika konstatēts 45 receptoros, kumulatīvās ietekmes gadījumā ietekmēto receptoru skaits palielinās par 23 receptoriem jeb 51,1 %. Gada ieteikuma līmeņa 30 h/gadā pārsniegumu skaits palielinās no 27 līdz 56 receptoriem, t. i., par 29 receptoriem jeb 107,4 %.

Kopējais aprēķinātais mirgošanas ilgums receptoru griezumā otrās alternatīvas kumulatīvajā sliktākajā scenārijā ir 5249:02 h/gadā. Salīdzinot ar otrās alternatīvas individuālo sliktāko scenāriju, kur kopējais aprēķinātais mirgošanas ilgums bija 2584:56 h/gadā, kumulatīvās ietekmes gadījumā tas palielinās par 2664:06 h/gadā jeb aptuveni 103,1 %.

Maksimālais kumulatīvā sliktākā scenārija mirgošanas ilgums, tāpat kā pirmajai alternatīvai, aprēķināts receptorā Vīpmaļi – 297:23 h/gadā un līdz 1:44 h/dienā. Augstas vērtības aprēķinātas arī receptoros Liepsala – 212:02 h/gadā, Kļavas – 194:13 h/gadā, Kalna Galvāni – 191:41 h/gadā, Ērgļi – 169:30 h/gadā, Kaupres 1 – 147:10 h/gadā, Kaupres – 147:03 h/gadā, Zvirgzdiņi – 145:04 h/gadā un Vīksnes – 134:06 h/gadā.

Salīdzinot ar pirmo alternatīvu, otrās alternatīvas trīs papildu VES ietekme visizteiktāk parādās receptoros Kaupres 1, kur aprēķinātais mirgošanas ilgums palielinās par 54:53 h/gadā, Kaupres – par 53:30 h/gadā, Ziemeļnieki – par 22:52 h/gadā, Liepsala – par 22:30 h/gadā, Kļavas – par 22:06 h/gadā, Pludmales – par 11:17 h/gadā un Mežvidi – par 6:56 h/gadā.

No otrajā alternatīvā papildus iekļautajām SIA "Supren" VES lielākais teorētiskais devums aprēķināts VES 32-C – 85:21 h/gadā, VES 31-C – 56:54 h/gadā un VES 33-C – 30:46 h/gadā. Tādējādi papildu VES nav dominējošais kumulatīvās ietekmes avots kopējā aprēķinā, bet tās lokāli palielina mirgošanas ilgumu atsevišķos receptoros.

3.4.3. Alternatīvu salīdzinājums

Kumulatīvās ietekmes sliktākajā scenārijā abām VES novietojuma alternatīvām ietekmēto receptoru skaits ir vienāds – 68 receptori no 126 jeb 54,0 % no receptoru kopskaita. Arī 30 h/gadā pārsniegumu skaits abās alternatīvās ir vienāds – 56 receptori. Dienas 30 min/dienā kritērijs abās alternatīvās tiek sasniegts vai pārsniegts 60 receptoros, bet stingri pārsniegts 58 receptoros.

Atšķirība starp alternatīvām izpaužas kopējā un lokālajā aprēķinātajā mirgošanas ilgumā. Pirmajai alternatīvai kopējais mirgošanas ilgums receptoru griezumā ir 5054:58 h/gadā, bet otrajai – 5249:02 h/gadā. Otrajā alternatīvā tas ir par 194:04 h/gadā jeb aptuveni 3,8 % lielāks.

Kopumā secināms, ka otrās alternatīvas trīs papildu VES nepalielina kumulatīvi ietekmēto receptoru vai ieteikuma līmeņa pārsniegumu skaitu, tomēr palielina teorētisko mirgošanas ilgumu noteiktās receptoru grupās, īpaši uz dienvidiem un dienvidrietumiem no papildu VES izvietojuma.

3.5. Kumulatīvā ietekme – reālais scenārijs

Kumulatīvās ietekmes reālais scenārijs raksturo aprēķināto mirgošanas ilgumu, vienlaikus ņemot vērā SIA "Supren" VES novietojuma alternatīvas, vēja parka PurpleGreen Solwin VES un vēja parka Kūkas VES, kā arī piemērojot reālā scenārija meteoroloģiskos un VES darbības nosacījumus.

Salīdzinot ar kumulatīvo sliktāko scenāriju, aprēķinātais mirgošanas ilgums abām alternatīvām būtiski samazinās. Pirmajai alternatīvai kopējais mirgošanas ilgums receptoru griezumā samazinās no 5054:58 līdz 856:40 h/gadā, t. i., reālā scenārija apjoms veido aptuveni 16,9 % no kumulatīvā sliktākā scenārija vērtības. Otrajai alternatīvai kopējais mirgošanas ilgums samazinās no 5249:02 līdz 906:25 h/gadā, t. i., līdz aptuveni 17,3 % no kumulatīvā sliktākā scenārija vērtības.

3.5.1. Pirmā VES novietojuma alternatīva

Pirmās VES novietojuma alternatīvas kumulatīvās ietekmes reālajā scenārijā mirgošanas efekts tiek konstatēts 68 receptoros no 126 analizētajiem receptoru punktiem, kas veido 54,0 % no receptoru kopskaita. Gada ieteikuma līmenis 8 h/gadā tiek pārsniegts 39 receptoros jeb 31,0 % no visiem analizētajiem receptoru punktiem.

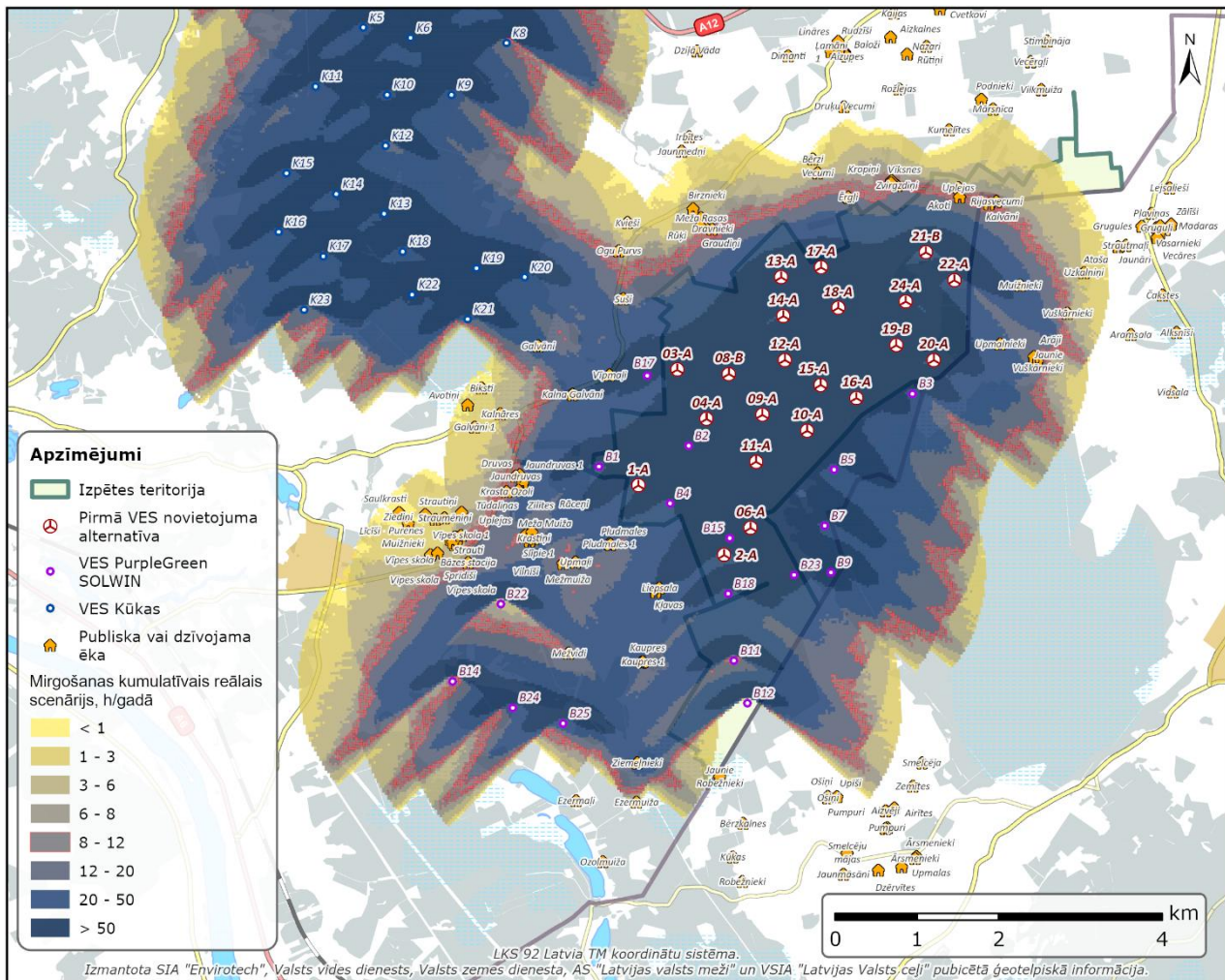
Salīdzinot ar individuālo reālo scenāriju, kumulatīvā ietekme palielina gan ietekmēto receptoru skaitu, gan receptoru skaitu ar gada ieteikuma līmeņa pārsniegumu. Individuālajā reālajā scenārijā mirgošanas efekts tika konstatēts 41 receptorā, bet kumulatīvajā – 68 receptoros, t. i., par 27 receptoriem jeb 65,9 % vairāk. 8 h/gadā pārsniegumu skaits palielinās no 18 līdz 39 receptoriem.

Kopējais aprēķinātais mirgošanas ilgums receptoru griezumā ir 856:40 h/gadā. Salīdzinot ar individuālā reālā scenārija kopējo mirgošanas ilgumu 375:01 h/gadā, kumulatīvās ietekmes rezultātā tas palielinās par 481:39 h/gadā jeb aptuveni 128,4 %.

Maksimālais mirgošanas ilgums aprēķināts receptorā Vīpmaļi – 73:10 h/gadā. Augstas vērtības aprēķinātas arī receptoros Liepsala – 48:10 h/gadā, Kļavas – 44:30 h/gadā, Upmalnieki – 32:31 h/gadā, Muižnieki – 32:14 h/gadā, Kalna Galvāni – 30:10 h/gadā, Galvāni – 28:05 h/gadā, Ziemeļnieki – 24:13 h/gadā, Kaupres – 22:42 h/gadā, Pludmales 1 – 22:22 h/gadā un Kaupres 1 – 22:17 h/gadā.

VES griezumā lielākais reālā scenārija devums aprēķināts PurpleGreen Solwin VES B17 – 75:22 h/gadā, B22 – 47:13 h/gadā un B1 – 43:41 h/gadā. No SIA "Supren" VES lielākais devums aprēķināts VES 21-B – 35:30 h/gadā, VES 22-A – 34:45 h/gadā un VES 2-A – 29:32 h/gadā. No vēja parka Kūkas VES lielākais devums aprēķināts VES K21 – 24:50 h/gadā.

Aplūkojot mirgošanas kumulatīvo efektu kartē pirmajai VES novietojuma alternatīvai iespējams novērot, ka visu vēja parku mirgošanas ietekmes būtiski pārklājas, vienīgi starp vēja parkiem SIA Supren un Kūkas tā nav tik izteikta (11. attēls). Galveno pienesumu šajā vietā dod vēja parks PurpleGreen Solwin, kura VES ir novietota tuvāk vēja parkam Kūkas. Tieši starp vēja parkiem SIA Supren un PurpleGreen Solwin mirgošanas pārklāšanās ir būtiskākā, ko galvenokārt nosaka ļoti tuvais VES novietojums.



11. attēls. Mirgošanas efekta kumulatīvā ietekme reālajā scenārijā pirmajai VES novietojuma alternatīvai.

3.5.2. Otrā VES novietojuma alternatīva

Otrās VES novietojuma alternatīvas kumulatīvās ietekmes reālajā scenārijā mirgošanas efekts tiek konstatēts 68 receptoros no 126 analizētajiem receptoru punktiem, kas veido 54,0 % no receptoru kopskaita. Gada ieteikuma līmenis 8 h/gadā tiek pārsniegts 39 receptoros jeb 31,0 % no visiem analizētajiem receptoru punktiem.

Salīdzinot ar individuālo reālo scenāriju, kurā mirgošanas efekts tika konstatēts 45 receptoros, kumulatīvās ietekmes rezultātā ietekmēto receptoru skaits palielinās par 23 receptoriem jeb 51,1 %. Gada ieteikuma līmeņa 8 h/gadā pārsniegumu skaits palielinās no 20 līdz 39 receptoriem.

Kopējais aprēķinātais mirgošanas ilgums receptoru griezumā ir 906:25 h/gadā. Salīdzinot ar individuālā reālā scenārija kopējo mirgošanas ilgumu 431:30 h/gadā, kumulatīvās ietekmes rezultātā tas palielinās par 474:55 h/gadā jeb aptuveni 110,1 %.

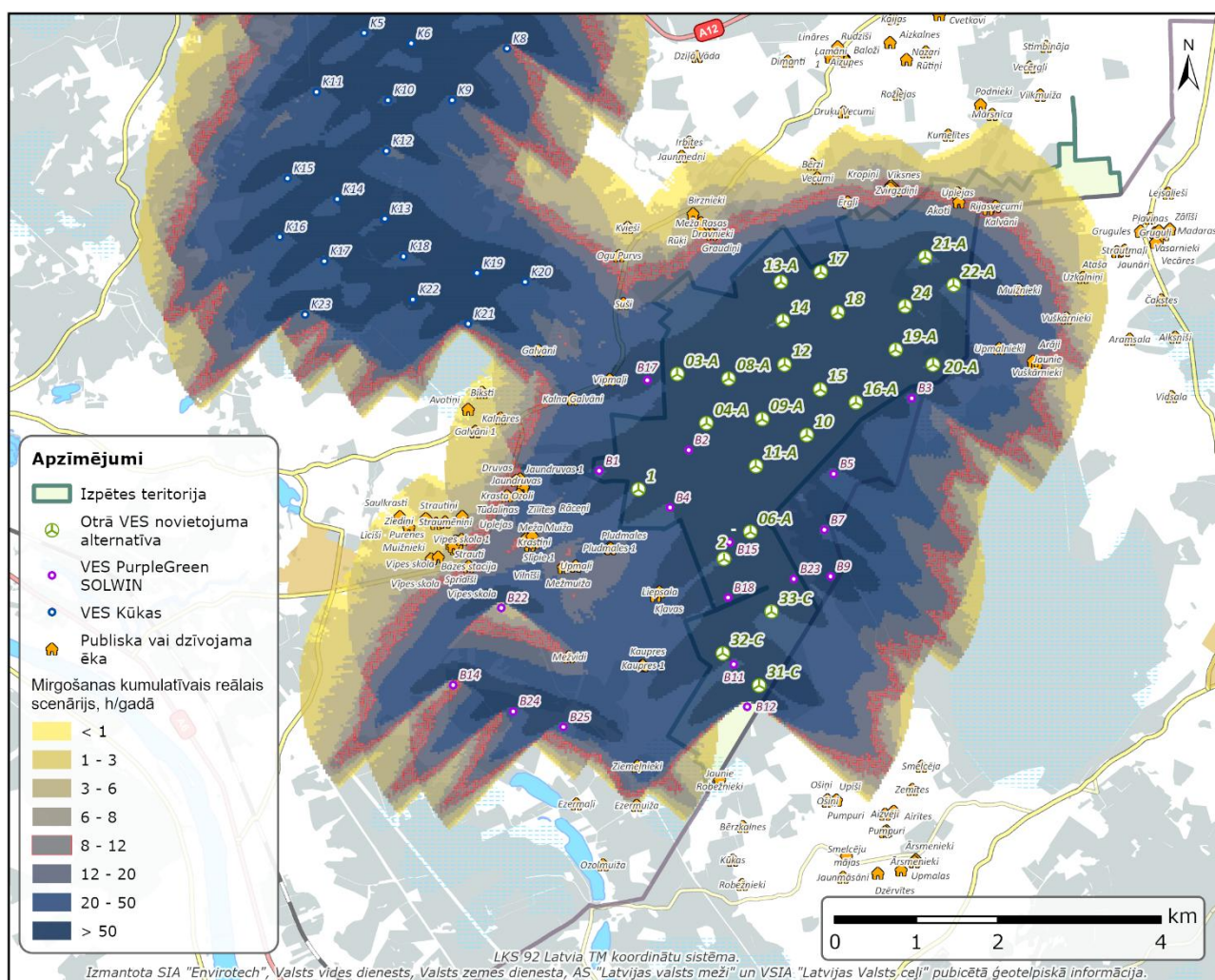
Maksimālais mirgošanas ilgums arī otrajā alternatīvā aprēķināts receptorā Vīpmaļi – 73:10 h/gadā. Augstas vērtības aprēķinātas arī receptoros Liepsala – 51:47 h/gadā, Kļavas – 48:28 h/gadā, Kaupres – 38:26 h/gadā, Kaupres 1 – 38:26 h/gadā, Upmalnieki – 32:31 h/gadā, Muļžnieki – 32:14 h/gadā, Ziemeļnieki – 31:51 h/gadā, Kalna Galvāni – 30:10 h/gadā un Galvāni – 28:05 h/gadā.

Salīdzinot abas alternatīvas, otrās alternatīvas papildu VES vizitētiāk palielina reālā scenārija mirgošanas ilgumu receptoros Kaupres 1 – par 16:09 h/gadā, Kaupres – par 15:44 h/gadā, Ziemeļnieki – par 7:38 h/gadā, Kļavas – par 3:58 h/gadā, Liepsala – par 3:37 h/gadā, Mežvidi – par 1:50 h/gadā un Pludmales – par 0:49 h/gadā.

No otrajā alternatīvā papildus iekļautajām SIA "Supren" VES lielākais reālā scenārija devums aprēķināts VES 32-C – 16:18 h/gadā, VES 31-C – 12:36 h/gadā un VES 33-C – 8:18 h/gadā. Šie rezultāti norāda, ka papildu VES ietekme galvenokārt izpaužas lokāli atsevišķās receptoru grupās.

Arī otrajai alternatīvai reālā scenārija rezultātos vairākos receptoros tiek pārsniegts izmantotais 8 h/gadā vērtēšanas kritērijs, tādēļ nepieciešams piemērot kumulatīvās ietekmes izvairīšanās metodi.

Skatoties kumulatīvo mirgošanas efektu kartē salīdzinājumā ar pirmo VES novietojuma alternatīvu, otrās VES novietojuma alternatīvas gadījumā mirgošanas efekts neizplatās būtiski citādāk (12. attēls). Galvenokārt to nosaka SIA Supren VES atrašanās aiz PurpleGreen Solwin, tādējādi PurpleGreen Solwin radot būtiskāku ietekmi uz apkārtnē esošajām ēkām.



12. attēls. Mirgošanas efekta kumulatīvā ietekme reālajā scenārijā otrajai VES novietojuma alternatīvai.

3.5.3. Alternatīvu salīdzinājums

Kumulatīvās ietekmes reālajā scenārijā abām VES novietojuma alternatīvām ietekmēto receptoru skaits ir vienāds – 68 receptori no 126 jeb 54,0 % no receptoru kopskaita. Arī 8 h/gadā ieteikuma līmeņa pārsniegumu skaits abās alternatīvās ir vienāds – 39 receptori jeb 31,0 % no visiem analizētajiem receptoru punktiem.

Atšķirība starp alternatīvām izpaužas kopējā un lokālajā aprēķinātajā mirgošanas ilgumā. Pirmajai alternatīvai kopējais mirgošanas ilgums receptoru griezumā ir 856:40 h/gadā, bet otrajai alternatīvai – 906:25 h/gadā. Otrajā alternatīvā tas ir par 49:45 h/gadā jeb aptuveni 5,8 % lielāks.

Lielākais atšķirību pieaugums otrajā alternatīvā koncentrējas receptoros Kaupres, Kaupres 1 un Ziemeļnieki, kā arī mazākā apmērā receptoros Kļavas, Liepsala, Mežvidi un Pludmales. Tas parāda, ka papildu trīs SIA "Supren" VES nepalielina kumulatīvi ietekmēto receptoru vai 8 h/gadā pārsniegumu skaitu, bet palielina mirgošanas ietekmes intensitāti konkrētās receptoru grupās.

No reālā scenārija rezultātiem secināms, ka pirmā VES novietojuma alternatīva rada mazāku kopējo kumulatīvās mirgošanas ietekmes apjomu nekā otrā alternatīva. Tomēr abām alternatīvām gala ietekmes būtiskums vērtējams pēc kumulatīvās izvairīšanās metodes rezultātiem.

3.6. Kumulatīvās ietekmes izvairīšanās metode (balstoties uz kumulatīvo reālo scenāriju)

Kumulatīvās ietekmes izvairīšanās scenārijā vērtēta mirgošanas ietekme pēc VES darbības ierobežojumu piemērošanas, ņemot vērā SIA "Supren" vēja parka attiecīgo VES novietojuma alternatīvu, vēja parka PurpleGreen Solwin VES un vēja parka Kūkas VES. Darbības ierobežojumi modelī piemēroti tādā apmērā, lai pēc to piemērošanas nevienā no 126 analizētajiem receptoru punktiem netiktu pārsniegts reālā scenārija gada vērtēšanas kritērijs 8 h/gadā.

Aprēķinu rezultāti parāda, ka gan pirmajai, gan otrajai VES novietojuma alternatīvai pēc darbības ierobežojumu piemērošanas visi kumulatīvajā reālajā scenārijā konstatētie 8 h/gadā pārsniegumi tiek novērsti. Atsevišķos receptoros mirgošanas efekts saglabājas, tomēr atlikušais aprēķinātais gada mirgošanas ilgums nepārsniedz izmantoto vērtēšanas kritēriju.

3.6.1. Pirmā VES novietojuma alternatīva

Pēc kumulatīvās ietekmes izvairīšanās metodes piemērošanas pirmajai VES novietojuma alternatīvai mirgošanas efekts saglabājas 62 receptoros no 126 analizētajiem receptoru punktiem, kas veido 49,2 % no receptoru kopskaita. Salīdzinot ar kumulatīvo reālo scenāriju, kurā mirgošanas efekts tika konstatēts 68 receptoros, receptoru skaits ar atlikušas mirgošanas ietekmes vērtību samazinās par 6 receptoriem jeb 8,8 %.

Pēc darbības ierobežojumu piemērošanas nevienā receptorā netiek pārsniegts 8 h/gadā vērtēšanas kritērijs. Tādējādi visi 39 kumulatīvajā reālajā scenārijā konstatētie 8 h/gadā pārsniegumi tiek novērsti.

Kopējais atlikušais mirgošanas ilgums receptoru griezumā pēc ierobežojumu piemērošanas ir 186:38 h/gadā. Salīdzinot ar kumulatīvā reālā scenārija sākotnējo kopējo mirgošanas ilgumu 856:40 h/gadā, aprēķinātais mirgošanas apjoms samazinās par 670:02 h/gadā jeb aptuveni 78,2 %. Pēc ierobežojumu piemērošanas atlikušais mirgošanas ilgums veido aptuveni 21,8 % no kumulatīvajā reālajā scenārijā aprēķinātā sākotnējā apjoma.

Maksimālā atlikusī vērtība pēc ierobežošanas tiek konstatēta receptorā Zīlītes – 7:41 h/gadā. Nākamās augstākās atlikušās vērtības aprēķinātas receptoros:

- Kalna Galvāni – 7:29 h/gadā;
- Upmaļi – 6:57 h/gadā;
- Kaupres 1 – 6:19 h/gadā;
- Pludmales – 6:18 h/gadā;
- Muižnieki – 6:08 h/gadā;
- Liepsala – 6:06 h/gadā;
- Kaupres – 5:48 h/gadā;
- Vīpes skola 1 – 5:38 h/gadā;
- Pludmales 1 – 5:31 h/gadā;
- Ziemeļnieki – 5:30 h/gadā;
- Kļavas – 5:18 h/gadā.

Visas atlikušās vērtības ir zemākas par 8 h/gadā vērtēšanas kritēriju.

Lielākie aprēķinātie mirgošanas ilguma samazinājumi receptoru griezumā panākti receptoros:

- Vīpmaļi – novērstas 72:34 h/gadā;
- Liepsala – 42:04 h/gadā;
- Kļavas – 39:11 h/gadā;
- Upmalnieki – 31:07 h/gadā;
- Muižnieki – 26:06 h/gadā;
- Galvāni – 24:13 h/gadā;
- Kalna Galvāni – 22:41 h/gadā;
- Ziemeļnieki – 18:41 h/gadā;
- Kaupres – 16:53 h/gadā;
- Pludmales 1 – 16:50 h/gadā.

Šie receptori raksturo vietas, kurās kumulatīvās ietekmes mazināšanas pasākumi dod lielāko praktisko efektu.

VES darbības ierobežojumu griezumā lielākais modelētais apturēšanas laiks pirmajai alternatīvai aprēķināts:

- *PurpleGreen Solwin* VES B22 – 295:56 h/gadā;
- SIA "Supren" VES 21-B – 272:33 h/gadā;
- *PurpleGreen Solwin* VES B17 – 269:03 h/gadā;
- SIA "Supren" VES 22-A – 220:33 h/gadā;
- *PurpleGreen Solwin* VES B1 – 165:18 h/gadā;
- *PurpleGreen Solwin* VES B25 – 126:14 h/gadā;
- SIA "Supren" VES 17-A – 119:10 h/gadā;
- SIA "Supren" VES 03-A – 115:33 h/gadā;
- SIA "Supren" VES 24-A – 97:54 h/gadā;
- SIA "Supren" VES 1-A – 97:09 h/gadā.

No vēja parka *Kūkas* VES darbības ierobežojums modelī nepieciešams galvenokārt VES K21 – 66:50 h/gadā, K20 – 41:57 h/gadā un K22 – 15:47 h/gadā. Pārējām *Kūkas* VES šajā kumulatīvās izvairīšanās scenārijā modelēts nulles vai nebūtisks apturēšanas apjoms.

Kopējais WTG tabulas griezumā modelētais VES apturēšanas laiks visām kumulatīvajā aprēķinā ietvertajām VES ir 2589:53 h/gadā. No tā SIA "Supren" VES veido 1324:50 h/gadā, *PurpleGreen* *Solwin* VES – 1140:29 h/gadā, bet *Kūkas* VES – 124:34 h/gadā.

Modelētais VES apturēšanas laiks raksturo mirgošanas efekta ierobežošanas sistēmā definēto darbības ierobežojumu periodu kopējo ilgumu un nav tieši interpretējams kā faktiskais VES dīkstāves vai elektroenerģijas ražošanas zuduma ilgums. Faktiskais ierobežojumu rezultātā neizmantotais darbības laiks ir atkarīgs arī no saules spīdēšanas un VES faktiskajiem darbības apstākļiem attiecīgajos periodos.

Kopumā pirmās VES novietojuma alternatīvas kumulatīvās ietekmes izvairīšanās scenārijs nodrošina, ka pēc modelēto darbības ierobežojumu piemērošanas nevienā receptorā netiek pārsniegts 8 h/gadā vērtēšanas kritērijs.

3.6.2. Otrā VES novietojuma alternatīva

Pēc kumulatīvās ietekmes izvairīšanās metodes piemērošanas otrajai VES novietojuma alternatīvai mirgošanas efekts saglabājas 61 receptorā no 126 analizētajiem receptoru punktiem, kas veido 48,4 % no receptoru kopskaita. Salīdzinot ar kumulatīvo reālo scenāriju, kurā mirgošanas efekts tika konstatēts 68 receptoros, receptoru skaits ar atlikušas mirgošanas ietekmes vērtību samazinās par 7 receptoriem jeb 10,3 %.

Pēc darbības ierobežojumu piemērošanas nevienā receptorā netiek pārsniegts 8 h/gadā vērtēšanas kritērijs. Tādējādi visi 39 kumulatīvajā reālajā scenārijā konstatētie pārsniegumi tiek novērsti.

Kopējais atlikušais mirgošanas ilgums receptoru griezumā pēc ierobežojumu piemērošanas ir 191:00 h/gadā. Salīdzinot ar kumulatīvā reālā scenārija sākotnējo kopējo mirgošanas ilgumu 906:25 h/gadā, mirgošanas apjoms samazinās par 715:25 h/gadā jeb aptuveni 78,9 %. Pēc ierobežošanas atlikušais mirgošanas ilgums veido aptuveni 21,1 % no kumulatīvā reālā scenārija sākotnējā apjoma.

Maksimālā atlikusī vērtība pēc ierobežošanas tiek konstatēta receptorā *Liepsala* – 7:44 h/gadā. Nākamās augstākās atlikušās vērtības aprēķinātas receptoros:

- *Kaupres 1* – 7:35 h/gadā;
- *Kalna Galvāni* – 7:29 h/gadā;
- *Upmaļi* – 6:56 h/gadā;
- *Kaupres* – 6:49 h/gadā;
- *Kļavas* – 6:34 h/gadā;
- *Pludmales* – 6:26 h/gadā;
- *Zīlītes* – 6:26 h/gadā;
- *Muižnieki* – 6:08 h/gadā;
- *Arāji* – 5:53 h/gadā;
- *Vīpes skola 1* – 5:38 h/gadā;

- Pludmales 1 – 5:31 h/gadā;
- Ziemeļnieki – 5:30 h/gadā.

Visas atlikušās vērtības ir zemākas par 8 h/gadā vērtēšanas kritēriju.

Lielākie mirgošanas ilguma samazinājumi receptoru griezumā panākti receptoros:

- Vīpmaļi – novērstas 69:12 h/gadā;
- Liepsala – 44:03 h/gadā;
- Kļavas – 41:54 h/gadā;
- Kaupres – 31:37 h/gadā;
- Upmalnieki – 31:07 h/gadā;
- Kaupres 1 – 30:50 h/gadā;
- Ziemeļnieki – 26:19 h/gadā;
- Muīžnieki – 26:06 h/gadā;
- Galvāni – 24:13 h/gadā;
- Kalna Galvāni – 22:41 h/gadā.

Otrajā alternatīvā īpaši izceļas receptoru Kaupres, Kaupres 1, Kļavas, Liepsala un Ziemeļnieki grupa, kur nepieciešamais samazinājuma apjoms ir saistīts arī ar papildus otrajā alternatīvā izvietoto VES ietekmi.

VES darbības ierobežojumu griezumā lielākais modelētais apturēšanas laiks otrajai alternatīvai aprēķināts:

- *PurpleGreen Solwin* VES B22 – 301:18 h/gadā;
- SIA "Supren" VES 21-A – 272:33 h/gadā;
- *PurpleGreen Solwin* VES B17 – 269:03 h/gadā;
- SIA "Supren" VES 22-A – 220:33 h/gadā;
- *PurpleGreen Solwin* VES B1 – 165:18 h/gadā;
- *PurpleGreen Solwin* VES B25 – 126:14 h/gadā;
- SIA "Supren" VES 17 – 119:10 h/gadā;
- SIA "Supren" VES 03-A – 115:33 h/gadā;
- SIA "Supren" VES 1 – 97:09 h/gadā;
- SIA "Supren" VES 24 – 96:49 h/gadā.

No otrajā alternatīvā papildus iekļautajām SIA "Supren" VES būtiskākais darbības ierobežojums nepieciešams:

- VES 32-C – 59:40 h/gadā;
- VES 31-C – 37:08 h/gadā;
- VES 33-C – 12:08 h/gadā.

Pēc ierobežojumu piemērošanas šo VES WTG tabulas griezumā aprēķinātais atlikušais devums ir attiecīgi 3:44, 3:33 un 4:22 h/gadā.

Vēja parkam *Kūkas* arī otrās alternatīvas aprēķinā galvenais ierobežojumu apjoms modelēts VES K21 – 66:50 h/gadā, K20 – 41:57 h/gadā un K22 – 15:47 h/gadā.

Kopējais WTG tabulas griezumā modelētais VES apturēšanas laiks visām kumulatīvajā aprēķinā ietvertajām VES ir 2752:05 h/gadā. No tā SIA "Supren" VES veido 1440:31 h/gadā, *PurpleGreen Solwin* VES – 1187:00 h/gadā, bet *Kūkas* VES – 124:34 h/gadā.

Kopumā otrās VES novietojuma alternatīvas kumulatīvās ietekmes izvairīšanās scenārijs nodrošina atbilstību 8 h/gadā vērtēšanas kritērijam visos analizētajos receptoros. Tomēr šai alternatīvai nepieciešams lielāks modelētais darbības ierobežojumu apjoms nekā pirmajai alternatīvai.

3.6.3. Alternatīvu salīdzinājums

Pēc kumulatīvās ietekmes izvairīšanās metodes piemērošanas abām VES novietojuma alternatīvām nevienā no 126 analizētajiem receptoru punktiem netiek pārsniegts reālā scenārija gada vērtēšanas kritērijs 8 h/gadā. Tādējādi no paliekošās receptoru ietekmes atbilstības viedokļa abas alternatīvas pēc modelēto darbības ierobežojumu piemērošanas ir vērtējamās kā atbilstošas.

Pirmajā alternatīvā pēc ierobežošanas mirgošanas efekts saglabājas 62 receptoros, bet otrajā alternatīvā – 61 receptorā. Šī viena receptora atšķirība pati par sevi nav uzskatāma par būtisku alternatīvu diferenciējošu faktoru.

Kopējais atlikušais mirgošanas ilgums pēc ierobežojumu piemērošanas pirmajā alternatīvā ir 186:38 h/gadā, bet otrajā alternatīvā – 191:00 h/gadā. Tādējādi otrajā alternatīvā paliekošais mirgošanas ilgums ir par 4:22 h/gadā jeb aptuveni 2,3 % lielāks nekā pirmajā alternatīvā.

Abās alternatīvās darbības ierobežojumi samazina kumulatīvā reālā scenārija kopējo receptoru mirgošanas ilgumu par aptuveni četrām piektdaļām – par 78,2 % pirmajā alternatīvā un 78,9 % otrajā alternatīvā.

Atšķirības starp alternatīvām izteiktāk parādās nepieciešamajā VES darbības ierobežojumu apjomā. Kopējais modelētais visu kumulatīvajā aprēķinā ietverto VES apturēšanas laiks pirmajai alternatīvai ir 2589:53 h/gadā, bet otrajai – 2752:05 h/gadā. Otrajā alternatīvā tas ir par 162:12 h/gadā jeb aptuveni 6,3 % lielāks.

Vērtējot tikai SIA "Supren" VES, modelētais apturēšanas laiks pirmajai alternatīvai ir 1324:50 h/gadā, bet otrajai – 1440:31 h/gadā. Tādējādi otrajai alternatīvai SIA "Supren" VES nepieciešamais darbības ierobežojumu apjoms ir par 115:41 h/gadā jeb aptuveni 8,7 % lielāks.

Šo atšķirību galvenokārt nosaka otrajā alternatīvā papildus ietvertās VES 31-C, 32-C un 33-C, kā arī to ietekme uz receptoru grupām Kaupres, Kaupres I, Kļavas, Liepsala un Ziemeļnieki.

No kumulatīvās ietekmes izvairīšanās scenārija rezultātiem secināms, ka abas VES novietojuma alternatīvas ir tehniski ierobežojamas līdz atbilstībai izmantotajam 8 h/gadā vērtēšanas kritērijam. Pirmā alternatīva ir nedaudz labvēlīgāka no kopējā paliekošā mirgošanas ilguma un nepieciešamā SIA "Supren" VES darbības ierobežojumu apjoma viedokļa, tomēr pēc ietekmes mazināšanas pasākumu piemērošanas izmantotais gada vērtēšanas kritērijs netiek pārsniegts nevienā receptorā ne pirmajai, ne otrajai alternatīvai.

3.7. Kopējais alternatīvu salīdzinājums

Veiktie individuālās un kumulatīvās mirgošanas ietekmes aprēķini parāda, ka otrā VES novietojuma alternatīva kopumā rada nedaudz lielāku mirgošanas ietekmi nekā pirmā alternatīva. Atšķirības galvenokārt saistītas ar trīs papildu VES 31-C, 32-C un 33-C izvietojumu izpētes teritorijas dienvidu daļā.

Individuālajā sliktākajā scenārijā pirmajai alternatīvai mirgošanas efekts tiek konstatēts 41 receptorā, bet otrajai alternatīvai – 45 receptoros. Gada vērtēšanas kritērijs 30 h/gadā tiek pārsniegts attiecīgi 24 un 27 receptoros, savukārt dienas vērtēšanas kritērijs 30 min/dienā tiek sasniegts vai pārsniegts attiecīgi 27 un 29 receptoros.

Individuālajā reālajā scenārijā 8 h/gadā vērtēšanas kritērijs tiek pārsniegts 18 receptoros pirmajai alternatīvai un 20 receptoros otrajai alternatīvai. Pēc individuālās izvairīšanās metodes piemērošanas nevienā receptorā ne pirmajai, ne otrajai alternatīvai 8 h/gadā vērtēšanas kritērijs netiek pārsniegts. Pirmajai alternatīvai kopējais atlikušais mirgošanas ilgums pēc ierobežojumu piemērošanas ir 98:12 h/gadā, bet otrajai alternatīvai – 119:32 h/gadā. Tādējādi individuālās ietekmes novērtējumā pirmā alternatīva ir labvēlīgāka gan pēc paliekošās ietekmes, gan nepieciešamā VES darbības ierobežojumu apjoma.

Kumulatīvajā novērtējumā papildus SIA "Supren" VES ņemtas vērā 17 vēja parka PurpleGreen Solwin VES un 23 vēja parka Kūkas VES. Pirmajai alternatīvai kumulatīvajā modelī tādējādi analizēta 61 VES, bet otrajai alternatīvai – 64 VES.

Kumulatīvajā sliktākajā scenārijā abām alternatīvām mirgošanas efekts tiek konstatēts 68 receptoros no 126 analizētajiem receptoru punktiem. Gada vērtēšanas kritērijs 30 h/gadā tiek pārsniegts 56 receptoros. Dienas vērtēšanas kritērijs 30 min/dienā tiek sasniegts vai pārsniegts 60 receptoros, bet stingri pārsniegts 58 receptoros.

Atšķirība starp alternatīvām galvenokārt izpaužas kopējā aprēķinātajā mirgošanas ilgumā. Pirmajai alternatīvai kumulatīvā sliktākā scenārija receptoru kopējais mirgošanas ilgums ir 5054:58 h/gadā, bet otrajai alternatīvai – 5249:02 h/gadā. Otrās alternatīvas rezultāts tādējādi ir par 194:04 h/gadā jeb aptuveni 3,8 % lielāks.

Kumulatīvajā reālajā scenārijā abām alternatīvām mirgošanas efekts tiek konstatēts 68 receptoros, un 8 h/gadā vērtēšanas kritērijs tiek pārsniegts 39 receptoros. Pirmajai alternatīvai kopējais aprēķinātais mirgošanas ilgums ir 856:40 h/gadā, savukārt otrajai alternatīvai – 906:25 h/gadā. Otrajai alternatīvai kopējais mirgošanas ilgums ir par 49:45 h/gadā jeb aptuveni 5,8 % lielāks.

Pēc kumulatīvās izvairīšanās metodes piemērošanas nevienā receptorā nevienai no alternatīvām netiek pārsniegts 8 h/gadā vērtēšanas kritērijs. Pirmajai alternatīvai atlikušais mirgošanas ilgums receptoru griezumā ir 186:38 h/gadā, bet otrajai alternatīvai – 191:00 h/gadā. Otrās alternatīvas paliekošā ietekme tādējādi ir par 4:22 h/gadā jeb aptuveni 2,3 % lielāka.

Atšķirība starp alternatīvām izteiktāk parādās nepieciešamajā SIA "Supren" VES darbības ierobežojumu apjomā. Pirmajai alternatīvai modelētais SIA "Supren" VES darbības ierobežojumu kopējais apjoms ir 1324:50 h/gadā, bet otrajai alternatīvai – 1440:31 h/gadā. Otrajai alternatīvai tas ir par 115:41 h/gadā jeb aptuveni 8,7 % lielāks.

Otrās alternatīvas papildu VES ietekme visizteiktāk izpaužas receptoru grupās Kaupres, Kaupres 1, Kļavas, Liepsala, Ziemeļnieki un Mežvidi. Tomēr ietekmes pieaugums nav vienmērīgs visā receptoru kopā, un pēc darbības ierobežojumu piemērošanas nevienā receptorā netiek pārsniegts izmantotais 8 h/gadā vērtēšanas kritērijs.

Kopumā pirmā VES novietojuma alternatīva no mirgošanas efekta viedokļa ir vērtējama kā labvēlīgāka, jo tā rada mazāku individuālo un kumulatīvo kopējo mirgošanas ilgumu un tās īstenošanai nepieciešams mazāks VES darbības ierobežojumu apjoms. Vienlaikus mirgošanas efekts pats par sevi nav uzskatāms par apstākli, kas izslēgtu otrās alternatīvas īstenošanu, jo abām alternatīvām ar tehniski realizējamu VES darbības ierobežošanas sistēmu iespējams nodrošināt izmantotā 8 h/gadā vērtēšanas kritērija ievērošanu visos analizētajos receptoros.

4. Ietekmi mazinoši pasākumi

Veiktās mirgošanas efekta modelēšanas rezultāti parāda, ka gan individuālajā, gan kumulatīvajā reālajā scenārijā atsevišķos receptoros bez ietekmi mazinošu pasākumu piemērošanas var tikt pārsniegti novērtējumā izmantotie mirgošanas efekta vērtēšanas kritēriji. Tādēļ plānotā SIA "Supren" vēja parka ekspluatācijā nepieciešams paredzēt tehniskus risinājumus mirgošanas efekta ierobežošanai.

Galvenais piemērojamais ietekmi mazinošais pasākums ir automātiska atsevišķu VES darbības apturēšana laika periodos, kuros konkrētās VES darbība atbilstoši Saules novietojumam, VES un receptoru savstarpējam ģeometriskajam novietojumam un meteoroloģiskajiem apstākļiem var radīt mirgošanas efektu jutīgajos receptoros.

VES ekspluatācijas vadības sistēmā nepieciešams ieviest mirgošanas efekta ierobežošanas funkciju (shadow flicker curtailment), kas ļauj automātiski apturēt konkrētu VES tajos laika periodos, kuros var veidoties nepieļaujama mirgošanas ietekme. Sistēmas darbībā var tikt izmantoti iepriekš aprēķināti kalendārie ierobežojumu periodi un, ja tehniskais risinājums to nodrošina, faktiskie saules spīdēšanas un VES darbības apstākļi.

Pirms vēja parka nodošanas ekspluatācijā mirgošanas efekta darbības ierobežojumu konfigurācija ir precizējama atbilstoši faktiski izvēlētajam VES modelim, galīgajam VES izvietojumam un aktuālajai informācijai par jutīgajiem receptoru punktiem. Ja īstenotais VES modelis vai izvietojums atšķiras no šajā novērtējumā analizētā risinājuma, mirgošanas efekta aprēķins aktualizējams un nepieciešamie darbības ierobežojumi nosakāmi atbilstoši aktualizētā aprēķina rezultātiem.

SIA "Supren" vēja parka darbības ierobežojumu sistēma konfigurējama tā, lai vēja parka radītās mirgošanas ietekmes rezultātā netiktu pieļauta izmantoto mirgošanas efekta vērtēšanas kritēriju pārsniegšana jutīgajos receptoros, ņemot vērā arī citu vēja parku radīto kumulatīvo ietekmi, ciktāl par to ir pieejama aktuāla un pietiekami detalizēta informācija.

Kumulatīvās ietekmes modelī ietekmes mazināšanas scenārijs ir aprēķināts, piemērojot darbības ierobežojumus arī modelī iekļautajām PurpleGreen Solwin un Kūkas VES. Šie aprēķini raksturo tehniski iespējamu kumulatīvās ietekmes samazināšanas scenāriju, taču nav interpretējami kā SIA "Supren" pienākums vai iespēja nodrošināt citu operatoru VES darbības ierobežošanu.

SIA "Supren" pienākums ir nodrošināt tā pārvaldīto VES darbību tādā režīmā, lai, ņemot vērā vērtējuma sagatavošanas brīdī zināmo kumulatīvo ietekmi, plānotā vēja parka darbība neradītu nepieļaujamu mirgošanas ietekmi uz jutīgajiem receptoru punktiem. Gadījumā, ja līdz vēja parka nodošanai ekspluatācijā tiek īstenoti citi tuvumā plānotie vēja parki vai būtiski mainās to tehniskie risinājumi, kumulatīvās ietekmes situācija ir atkārtoti izvērtējama un, ja nepieciešams, SIA "Supren" VES darbības ierobežojumu konfigurācija precizējama.

Modelēšanas rezultāti liecina, ka ar šādas sistēmas piemērošanu gan pirmajai, gan otrajai VES novietojuma alternatīvai iespējams nodrošināt, ka pēc darbības ierobežojumu piemērošanas nevienā no analizētajiem receptoru punktiem netiek pārsniegts 8 h/gadā reālā scenārija vērtēšanas kritērijs.

Papildus automātiskai VES darbības ierobežošanai faktiskā mirgošanas ietekme var būt mazāka par modelēto arī receptoru logu orientācijas, ēku, mežaudžu, apstādījumu un citu aizsedzošu elementu dēļ. Tomēr šie faktori novērtējumā nav izmantoti kā pamats nepieciešamo tehnisko ierobežojumu samazināšanai, un mirgošanas efekta ierobežošanas sistēma uzskatāma par primāro ietekmi mazinošo pasākumu.

5. Secinājumi

Mirgošanas efekta novērtējums veikts divām SIA "Supren" vēja elektrostaciju novietojuma alternatīvām, izmantojot vienotu 126 dzīvojamo un publisko ēku receptoru punktu kopu. Pirmajā alternatīvā vērtēta 21 VES, savukārt otrajā alternatīvā – 24 VES.

Individuālā sliktākā scenārija aprēķinos izmantotie 30 h/gadā un 30 min/dienā vērtēšanas kritēriji tiek pārsniegti vairākos receptoros abām VES novietojuma alternatīvām. Arī reālajā scenārijā bez darbības ierobežojumu piemērošanas 8 h/gadā vērtēšanas kritērijs tiek pārsniegts 18 receptoros pirmajai alternatīvai un 20 receptoros otrajai alternatīvai. Tādēļ abām alternatīvām ir nepieciešams paredzēt VES darbības ierobežošanu mirgošanas efekta samazināšanai.

Pēc individuālās izvairīšanās metodes piemērošanas nevienā receptorā nevienai no alternatīvām netiek pārsniegts 8 h/gadā vērtēšanas kritērijs. Tas apliecina, ka abu alternatīvu individuālā mirgošanas ietekme ir tehniski samazināma līdz izmantotajiem vērtēšanas kritērijiem.

Kumulatīvās ietekmes modelī papildus SIA "Supren" VES ņemtas vērā 17 vēja parka PurpleGreen Solwin VES un 23 vēja parka Kūkas VES. Tādējādi pirmajai alternatīvai kumulatīvajā modelī kopā analizēta 61 VES, bet otrajai alternatīvai – 64 VES.

Kumulatīvās ietekmes rezultāti rāda būtisku mirgošanas ietekmes pieaugumu salīdzinājumā ar SIA "Supren" vēja parka individuālo ietekmi. Kumulatīvajā sliktākajā scenārijā mirgošanas efekts tiek konstatēts 68 receptoros un 30 h/gadā vērtēšanas kritērijs tiek pārsniegts 56 receptoros abām alternatīvām. Kumulatīvajā reālajā scenārijā 8 h/gadā vērtēšanas kritērijs tiek pārsniegts 39 receptoros abām alternatīvām.

Kumulatīvās ietekmes izvairīšanās scenārijs parāda, ka, piemērojot VES darbības ierobežojumus, abām alternatīvām iespējams novērst visus aprēķinātos 8 h/gadā pārsniegumus. Pēc ierobežojumu piemērošanas maksimālā atlikusī mirgošanas ietekme pirmajai alternatīvai ir 7:41 h/gadā receptorā Zīlītes, bet otrajai alternatīvai – 7:44 h/gadā receptorā Liepsala. Tādējādi nevienā no analizētajiem receptoru punktiem izmantotais 8 h/gadā vērtēšanas kritērijs netiek pārsniegts.

Salīdzinot abas alternatīvas, pirmā VES novietojuma alternatīva rada mazāku kopējo mirgošanas ietekmi un tās īstenošanai nepieciešams mazāks VES darbības ierobežojumu apjoms. Pēc kumulatīvās izvairīšanās metodes piemērošanas kopējais atlikušais mirgošanas ilgums pirmajai alternatīvai ir 186:38 h/gadā, bet otrajai – 191:00 h/gadā. SIA "Supren" VES modelētais darbības ierobežojumu apjoms pirmajai alternatīvai ir 1324:50 h/gadā, bet otrajai alternatīvai – 1440:31 h/gadā.

No mirgošanas efekta viedokļa pirmā VES novietojuma alternatīva ir vērtējama kā labvēlīgāka, tomēr konstatētā atšķirība nav tāda, kas pati par sevi izslēgtu otrās alternatīvas īstenošanu.

Abām VES novietojuma alternatīvām ekspluatācijas laikā nepieciešams nodrošināt automātisku mirgošanas efekta ierobežošanas sistēmu. Pirms vēja parka nodošanas ekspluatācijā sistēmas konfigurācija precizējama atbilstoši faktiski izvēlētajam VES modelim, galīgajam VES izvietojumam, aktuālajai receptoru situācijai un tajā brīdī zināmajai citu vēja parku kumulatīvajai ietekmei.

levērojot paredzētos VES darbības ierobežojumus, abu VES novietojuma alternatīvu paliekošā mirgošanas ietekme ir vērtējama kā nebūtiska, jo pēc ietekmi mazinošo pasākumu piemērošanas nevienā no analizētajiem receptoru punktiem netiek pārsniegts izmantotais 8 h/gadā reālā scenārija vērtēšanas kritērijs.