

VILNIAUS UNIVERSITETAS
GYVYBĖS MOKSLŲ CENTRAS
BIOMOKSLŲ INSTITUTAS

Mindaugas Balaika

APLINKOTYRA IR APLINKOTVARKA

ŠIKŠNOSPARNIŲ ĮVAIROVĖ IR AKTYVUMAS KUNIGIŠKIŲ VĖJO JĖGAINIŲ PARKE

Magistro darbas

Mokslinis vadovas
asist. dr. A. Samas

Vilnius, 2023

TURINYS

ĮVADAS.....	3
1. DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI.....	5
2. LITERATŪROS APŽVALGA	6
2.1. Vėjo energijos plėtra pasaulyje.....	6
2.1.1. Vėjo jėgainių parkų analizė.....	7
2.1.2. Vėjo energetikos strateginis planavimas ir esama ES situacija.....	9
2.2. Vėjo jėgainių poveikis	11
2.2.1. Poveikio tipai.....	11
2.2.2. Poveikis buveinėms.....	13
2.2.3. Poveikis paukščiams.....	14
2.2.4. Poveikis šikšnosparniams.....	16
2.3. Lietuvoje gyvenančių šikšnosparnių rūšių įvairovė ir jų ekologija.....	20
2.3.1. Paplitimas.....	21
2.3.2. Mityba.....	23
2.3.3. Migracija.....	24
2.3.4. Žiemojimas.....	24
2.3.5. Šikšnosparnių balsai ir jų rūšių skirtumai.....	25
3. TYRIMŲ MEDŽIAGA IR METODIKA.....	27
3.1. Anykščių rajono gamtinė (fizinė) kraštovaizdžio struktūra.....	27
3.2. Tyrimų teritorija.....	28
3.3. Tyrimo medžiaga.....	29
3.4. Tyrimo metodai.....	30
4. REZULTATAI.....	32
4.1. Šikšnosparnių įvairovė ir aktyvumas Kunigiškių vėjo jėgainių parke ir kontroliniame biotope.....	32
4.2. Šikšnosparnių rūšių dinamika laike ir erdvėje tiriamoje teritorijoje.....	35
4.3. Šikšnosparnių rūšių aktyvumo dinamika nakties bėgyje	39
5. REZULTATŲ APTARIMAS.....	41
6. IŠVADOS.....	46
7. LITERATŪROS SĄRAŠAS	47
SANTRAUKA.....	53
SUMMARY.....	54

IVADAS

Energijos poreikis pasiekė labai aukštą lygį, pagrindinė to priežastis – spartus urbanizacijos, mikrorajonų, užstatytos aplinkos, viešojo transporto ir paslaugų augimas. Norint pasiekti energijos tvarumą, reikia atsižvelgti į atsinaujinančius energijos šaltinius. Tarp atsinaujinančių energijos šaltinių vėjo energija yra viena tvariausių. Atsinaujinantys energijos šaltiniai šiais laikais yra pirmasis pasirinkimas, kurį reikia laikyti alternatyvia energija, kai reikia atnaujinti ir plėtoti energetikos sistemas. Devyniasdešimt procentų šių atsinaujinančių šaltinių yra saulės ir vėjo energija.

Investicijos į vėjo energetiką smarkiai išaugo ir yra konkurencingos su įprastiniais elektros energijos šaltiniais.

Atsižvelgdama į 2020 metų tikslų mastą ir Europos Komisijos pasiūlymą, įtrauktą į švarios energijos dokumentų rinkinį, ES 2018 metais parengė 2030 metų klimato ir energetikos politikos strategiją. Pagrindiniai ES lygmens 2030 metų tikslai apima (Reglamentas (ES), 2018/842):

- tikslą bent 55 proc. sumažinti išmetamą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, palyginti su 1990 metų lygiu.
- ES lygmens privalomą tikslą, kad atsinaujinančiųjų išteklių energija sudarytų bent 32 proc. suvartojamos energijos kiekio, įtraukiant nuostatą, pagal kurią numatoma šį tikslą iki 2023 metų peržiūrėti jį padidinant.
- pagrindinį tikslą ES lygmeniu padidinti energijos vartojimo efektyvumą nuo 2020 metams nustatyto 20 proc. tikslinio rodiklio iki bent 32,5 proc.

Šioje ilgalaikėje strategijoje prognozuojama, kad pagal priklausomybės nuo iškastinio kuro mažinimo scenarijus, vien vėjo energija sudarys iki 26 proc. 2030 metais ir iki 56 proc. 2050 metais. Sausumos vėjo energijos gamybos pajėgumai 2030 metais sudarytų beveik tris ketvirtadalius bendro vėjo energijos gamybos pajėgumo, o 2050 metais – du trečdalius (Europos Komisija, 2020).

Tačiau vėjo jėgainės gali padaryti neigiamą poveikį buveinėms, paukščiams ir šikšnosparniams, nors esama įrodymų, kad dėl susidūrimo paukščių ir šikšnosparnių žūsta santykinai nedaug, palyginti su kitomis antropogeninio mirtingumo priežastimis (Minderman et al. 2014).

2020 m. gegužės mėn. Europos Komisija patvirtino ES biologinės įvairovės strategiją iki 2030 metų, skirtą kovoti su pagrindiniais biologinės įvairovės nykimo veiksniais. Bendras strategijos direktyvų tikslas yra užtikrinti, kad pagal jas saugomos rūšys ir saugomų tipų buveinės būtų išsaugotos arba būtų atkurta gera jų apsaugos būklė visame jų natūralaus paplitimo ES areale.

Iš Europos Sąjungos saugomų augalų ir gyvūnų rūšių Lietuvoje yra 55 rūšys. Iš keturių saugomų žinduolių rūšių dvi priklauso šikšnosparniams – tai europinis plačiausias ir kūdrinis pelėausis. Nors šikšnosparniai pagal rūšių gausą ir sudaro ketvirtadalį visų žinduolių rūšių pasaulyje, tačiau jie gana sparčiai nyksta. Šalys, susirūpinusios bloga šių savitų žvėrelių apsauga Europoje, todėl

dar 1991 m. gruodžio 4 d. pasirašė sutartį dėl šikšnosparnių apsaugos Europoje, kuri įsigaliojo 1994 m. sausio 16 dieną. 2001 rugsėjo 25 d. šią sutartį ratifikavo ir Lietuva.

Šikšnosparniai atlieka svarbų vaidmenį planetos ekosistemose. Šie oro žinduoliai ne tik suėda būrius kenkėjų vabzdžių - jie taip pat labai svarbūs apdulkinant gėles ir platinant sėklas (Kunz, Torrez, Bauer, Lobova, Fleming, 2011).

Siekiant sukurti praktinius sprendimus, kaip sumažinti šikšnosparnių žūtį ir jiems daromą poveikį prie vėjo jėgainių, būtina suprasti susidūrimų priežastis ir poveikio mastą. Nors didžiausi mirtingumo rodikliai šalia vėjo jėgainių yra nustatyti šikšnosparnių susitelkimo migracijai metu, tačiau nemažai tyrimų rodo, kad ne migracijos metu šikšnosparnius prie turbinų gali pritraukti smalsumas, klaidingas suvokimas arba potencialios galimybės maitintis, nakvoti ir poruotis (Barclay, Cryan, 2009).

Tad šiuo tyrimu bandysiu nustatyti dažniausiai šalia vėjo jėgainių besilankiančias šikšnosparnių rūšis, jų aktyvumą skirtingais mėnesiais ir skirtingu nakties metu.

1. DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI

Darbo tikslas – įvertinti šikšnosparnių įvairovę ir aktyvumą šalia vėjo jėgainių.

Uždaviniai:

1. Nustatyti šikšnosparnių rūšių įvairovę šalia vėjo jėgainių ir kontroliniame biotope.
2. Įvertinti šikšnosparnių rūšių aktyvumą šalia vėjo jėgainių ir kontroliniame biotope.
3. Įvertinti šikšnosparnių rūšių aktyvumo dinamiką nakties bėgyje.

2. LITERATŪROS APŽVALGA

2.1. Vėjo energijos plėtra pasaulyje

Tiesioginis vėjo energijos plėtros Europoje postūmis buvo 1973 metų energetikos krizė, kurią sukėlė OPEC įvestas embargas naftos eksportui į išsivysčiusias šalis. Spaudžiamos smarkiai išaugusių pasaulinių naftos kainų, šalys, turinčios ribotus klasikinius energijos šaltinius, pradėjo ieškoti galimo atsinaujinančių energijos šaltinių, įskaitant vėją, panaudojimo platesniu mastu. Danija buvo vėjo energijos plėtros Europoje pradininkė, devintojo dešimtmečio pabaigoje pradėjusi statyti pirmąsias vėjo jėgaines (Hossain, 2015).

Nuo pat XXI amžiaus pradžios mokslininkai ir praktikai dokumentavo ir išreiškė susirūpinimą klausimais, susijusiais su energetiniu saugumu ir aplinkos tarša. Susirūpinimas paskatino privačius ir viešuosius subjektus kurti ir diegti atsinaujinančius energijos šaltinius, kurie būtų ne tik draugiški aplinkai bet ir tie, kurie gali padėti sumažinti išlaidas, patiriamas kuriant energiją (Jorge, 2020). Vėjo turbinos vėjo kinetinę energiją paverčia mechanine energija. Generatorius gali mechaninę energiją paversti elektros energija (Golfman, 2012). Mokslininkų vertinimai rodo, kad mažiausiai 35 % žemės paviršiaus vėjo gali būti panaudoti energijos tikslams (Jorge, 2020).

Natūralios energijos formos efektyvumas 30% reiškia, kad bent 1,26x10⁹ MW (137 340 000 vatų) gali būti pagaminti energijos kiekiai, kurie gali patenkinti visus tarptautinius bendruomenės paklausos ir pasiūlos poreikius (Boyd, Turner ir Ward, 2015). Su vėjo energija, šalių vyriausybės gali būti tikros, kad sumažins į atmosferą išmetamų kenksmingų dujų kiekį, nes ši energija yra švari ir nekenksminga aplinkai (Kalmikov, 2017). Be to, energijos šaltinis yra nemokamas ir neišsenkantis, o tai reiškia, kad jo galima gauti dideliais kiekiais. Vėjo panaudojimas energijai gali padėti sumažinti iškastinio kuro ir kitų rūšių energijos, pavyzdžiui, atominės energijos paklausą. Apskaičiuota vėjo energijos kWh kaina yra maža, palyginti su kitų energijos šaltinių kaina (Jorge, 2020).

Su vėjo energija susijusių sistemų technologijų plėtra turi būti tvari, kad būtų skatinamas klimato kaitos švelninimas, ekonominė nauda ir energetinis saugumas. Vėjo energijos pasaulinis techninis potencialas yra penkis kartus didesnis nei dabartinė pasaulinė energijos gamyba (t. y. keturiasdešimt kartų daugiau nei pasaulinė elektros energijos paklausa pagal geriausią scenarijų (Darwish, Al-Dabbagh, 2020).

Vėjo energetika visiškai nemokamai naudoja neišsenkamą kinetinę vėjo energiją, todėl ji nėra influuojama. Europoje tai sumažina priklausomybę nuo žaliavų importo energijos gamybai, būtent iš regionų, kuriems būdingas politinis nestabilumas. Vėjo plitimo neišsemiamumo principas yra svarbus lyginant su rusų anglių atsargomis, 2040–2050 metais rudųjų anglių gavyba nukris žemiau anglimi kūrenamų elektrinių poreikio (Howe, 2019).

Apibendrinant, galima sakyti, kad vėjo energetikos panaudojimas yra labai svarbus energetikos nepriklausomybės rodiklis, kuris prisideda prie teigiamo klimato poveikio.

Vėjo energetika yra ekologiška, o tai šiuo metu yra nepaprastai svarbu klimato apsaugai, nes mažina šiltnamio efektą sukeliančių dujų, ypač anglies dioksido, gamybą. Kitas argumentas vėjo jėgainių naudai yra tai, kad vėjo jėgainėse investicijos atsiperka daug greičiau nei atominėse ar anglimi kūrenamose elektrinėse. Vėjo jėgainės yra puikūs daugiafunkcinio plotų naudojimo pavyzdžiai, o tai reiškia, kad jie leidžia beveik pirminiu mastu naudoti žemės ūkio paskirties žemę tiek augalininkystei, tiek ganykloms (Howe, 2019).

Taigi, vėjo energetika yra svarbi kaip netaršus ir atsinaujinantis energijos šaltinis. Pirmoje lentelėje pateikiamos vėjo jėgainių, įrengtų tiek sausumoje, tiek jūroje, stiprybės ir galimybės.

1 lentelė. Vėjo jėgainių parkų analizė (Wind Europe, 2017)

	Stiprybės	Galimybės
Krante	<p>Didelė statybos patirtis visame pasaulyje.</p> <p>Paprastesnis ir pigesnis pajungimas prie elektros tinklų.</p> <p>Pigesni projektai.</p> <p>Vėjo turbina gali būti įvairaus dydžio ir pajėgumo, pritaikant prie vietovės.</p> <p>Autonominės, prie tinklų neprijungtos 10 kW turbina aprūpina energija ūkius ir kaimus.</p>	<p>Turbinų gamintojai projektuoja ir pradeda gaminti naujo tipo didesnes, taigi ir ekonomiškesnes jūroje statyti pritaikytas vėjo turbinas.</p> <p>Labiausiai išsivysčiusios šalys ketina išnaudoti visą jūros potencialą.</p> <p>Ilgas eksploatacijos laikas.</p> <p>Darbo vietas kuria turbinų gamybos, projektavimo ir priežiūros paslaugų sektoriai.</p> <p>Vėjo energijos panaudojimas leidžia atsisakyti organinio kuro importo ir taip mažinti ekonominę, o kartu ir politinę priklausomybę nuo šalies kuro importuotojos, stiprinti šalies suverenitetą ir nepriklausomybę.</p>
Jūroje	<p>Vėjas stipresnis ir pastovesnis, energijos pagaminama 40 proc. daugiau.</p> <p>Nematomos nuo kranto, nėra problemų dėl vizualinių ir triukšmo trukdžių.</p> <p>Jūroje daugiau erdvės.</p> <p>Mažesnis vėjo turbulentiškumas.</p> <p>Mažesnis įrenginių nusidėvėjimas.</p> <p>Mažesnis remonto poreikis.</p>	

2.1.1. Vėjo jėgainių parkų analizė

Vėjo energijos gamybos pajėgumai visame pasaulyje ypatingai išaugo per pastarąjį dešimtmetį, buvo apskaičiuota, kad vidutiniškai kasmet vėjo jėgainių plėtra didėja apie 30 %. Tuo tarpu Lietuvoje vėjo energetikos istorija prasidėjo tik 2003 metais, kuomet Skuode buvo pastatyta pirmoji vėjo jėgainė, o iki 2018 metų pradžios instaliuota vėjo jėgainių galia Lietuvoje pasiekė 521 MW (Karpavičiūtė, 2019).

Reikėtų paminėti, kad nė viena vėjo turbina nesisuks be pagrindinio veiksnio – vėjo. Tad tikslinga išnagrinėti vėjo savybes reikalingas vėjo jėgainėms. Žemės paviršiuje vėjas susidaro dėl to, kad Saulė netolygiai įkaitina Žemės paviršių. Taip ir susidaro vėjas – kryptingas didelių oro masių judėjimas. Pagrindinė vėjo energetinė charakteristika yra greitis. Dėl daugelio geografinių veiksnių bei reljefo įtakos vėjo greitis ir kryptis kinta pagal atsitiktinius dėsnius. Todėl galingumas, kurį pasieks vėjo energinis įrenginys, yra sunkiai prognozuojamas.

Vėjas ir jo greitis vėjų jėgainių pramonėje yra pats svarbiausias rodiklis, nuo jo priklauso, kur bus statomas vėjų jėgainių parkas, kokio dydžio ir ar iš viso toje vietoje bus statomas. Energijos kiekis, kurį vėjo turbina pagamins per ilgą laiką, gana tiksliai apskaičiuojamas, nes vidutinis vėjo greitis ir kryptis konkrečioje vietoje kinta nedaug. Vėjo greitis matuojamas anemometrais. Pagal vėjo greitį yra suskirstytas vėjas į kategorijas, kurios turi savo rodiklius, sudaryta taip vadinama Boforto skalė. Vėjo energetiniams objektams turi būti parinktos vietovės be didesnių medžių ir statinių, nes šios kliūtys sumažina vėjo greitį ir turbulizuoja jį (Howe, 2019).

Patobulinius sausumos ir jūros vėjo jėgainių techninius projektus buvo padidintas vėjaračio skersmuo ir vėjaračio stebulės aukštis, o dėl to išaugo gamybos pajėgumas. Gaminami (arba užsakomi) jūrų vėjo jėgainių modeliai yra 9,5 MW (9 500 kW) galios jėgainės, turinčios 164–167 metrų skersmens vėjaračius. Šiuo metu kuriamos didesnės 10 ir 12 MW jėgainės, kurių vėjaračių skersmuo viršija 190 metrų. Didžiausios Europoje įrengtos sausumos vėjo jėgainės yra iki 8 MW (8,000 kW) galios ir turi iki 164 metrų skersmens vėjaračius. Padidinus vėjaračio skersmenį ir vėjaračio stebulės aukštį nauji vėjo elektrinių parkai galės naudoti didesnio ir pastovesnio greičio vėjo galią. Sausumos vėjo elektrinių parkų atveju tai suteikia galimybę įrengti jėgaines miškingose teritorijose, kuriose medžių laja daro mažesnę poveikį vėjo greičiui ir oro turbulencijai, nes jėgainės aukštis virš žemės lygio yra padidintas (Fried, 2016).

Mažosios ir vidutinės jėgainės taip pat pranašesnės tuo, kad jas galima įrengti miesto ir užmiesčio vietovėse. Moksliniai tyrimai novatoriškų sprendimų plėtojimo ir patvirtinimo srityje siekiant padidinti jų konkurencingumą, kuriais suteikiama galimybė ir sudaromos palankesnės sąlygos juos integruoti ir naudoti yra tęsiami. Kadangi technologiniai, ekonominiai ir socialiniai sprendimai tobulėja, galima tikėtis, kad ir vėjo jėgainių skaičius miesto ir užmiesčio vietovėse išaugs (Lukošius, Venslauskas, 2021).

Siekiant efektyviai išnaudoti turimą plotą, yra labai svarbu įrengti vėjo energetikos objektus toje pačioje vietoje, kurioje yra ir kitų atsinaujinančiųjų energijos išteklių, kur yra vykdoma kita ekonominė veikla.

Apibendrinant galima sakyti, kad vėjo jėgainių panaudojimas galimas tiek sausumoje tiek jūroje, nors Lietuvoje daugiau orientuojamasi į sausumoje pastatomas vėjo jėgaines.

2.1.2. Vėjo energetikos strateginis planavimas ir esama ES situacija

Strateginis planavimas šiame kontekste yra susijęs su sprendimų priėmimo procesu. Visų pirma turi būti nustatyta, ar ir koku mastu vėjo energetikos plėtra iš tikrųjų yra aplinkosauginiu, geografiniu, socialiniu ir ekonominiu požiūriais tinkamiausias mechanizmas, išmetamo anglies dioksido kiekio mažinimo ir atsinaujinančiųjų išteklių energijos tikslams pasiekti. Antra, turi būti atlikta vėjo energetikos plėtros teritorijų planavimo veikla. Nors vėjo energija laikoma vienu iš pagrindinių atsinaujinančiuoju energijos šaltinių, turinčiu didelį augimo potencialą ES, regioninės sąlygos gali būti palankesnės kitokiai technologijai arba išmetalų kiekio mažinimo strategijai (Fried, 2016).

Techniniai, socialiniai ir ekonominiai aspektai, į kuriuos atsižvelgiama renkantis vėjo energetikos plėtrai tinkamas vietas:

- su vėjo energijos išteklių susijusios sąlygos (pvz., vėjo greitis, oro turbulencija, didžiausias vėjo greitis, vėjo poslinkis, srauto sąlygos).
- elektros energijos perdavimo ir transporto tinklų prieinamumas ir pajėgumas.
- grunto arba jūros dugno būklė ir topografija.
- artumas prie gyvenamųjų rajonų.
- žemės arba jūros dugno prieinamumas ir esami žemės arba jūros dugno naudojimo būdai.
- artumas prie esamų aviacijos (mentės galo aukščio ribojimas) ir laivybos navigacijos koridorių.
- ribojamasis triukšmo lygio reglamentavimas.
- saugūs atstumai nuo radaro arba oro uostų (Twidell, Weir, 2015).

EWEA pozicija dėl ES energetikos ir klimato prioritetų yra susijusi su:

- Valdymu: Europos Komisija turėtų užtikrinti, kad valstybės narės įgyvendintų 27 proc. tikslą po 2020 metų.
- Rinkos analize: norint paskatinti didesnę atsinaujinančios energijos vartojimą, kaina turėtų paskatinti gerai veikiančią energijos rinką.
- Atsinaujinančios energijos direktyva: atsinaujinančių išteklių direktyva bus atsakinga už laikotarpį po 2020 metų, tam kad būtų pasiektas privalomas ES atsinaujinančios energijos tikslas iki 2030 metų.
- Apyvartinių taršos leidimų prekybos sistema (ATS): skatinti investicijas į atsinaujinančius energijos šaltinius reformuojant apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemą, suteikiant nemokamus leidimus (Darwish, Al-Dabbagh, 2020).

2020 metais Europoje įdiegta vėjo jėgainių, gebančių pagaminti 14,7 GW elektros energijos. Tai buvo 6 % mažiau nei 2019 metais ir 19 % mažiau nei tikėtasi dėl COVID-19, o 80 % naujų vėjo jėgainių buvo įrengta sausumoje. Vėjo sukuriama energija 2020 metais sudarė 16% suvartojamos

elektros energijos (ES27+JK). Europos vėjo jėginių parkai dabar sukuria 220 GW vėjo jėginių sugeneruojamos galios. Nyderlandai įrengė daugiausiai vėjo pajėgumų 2020 metais, didžioji dalis (75 proc.) vėjo energijos buvo pagaminama jūros vėjo jėginių parkuose. Nyderlanduose 2020 metais įrengtos "Borssele 1" ir "2" jūros vėjo jėginės Šiaurės jūroje šiandieną veikia jau visu pajėgumu. Dviejuose jūros vėjo jėginių parkuose iš viso yra 94 Siemens Gamesa 8 MW turbinos, kurių bendra galia yra 752 megavatai (MW). Tai antras pagal dydį veikiantis jūros vėjo jėginių parkas pasaulyje ir didžiausia jūros vėjo energija Nyderlanduose. Švedija 2020 metais įdiegė 1 GW gebančių sukurti vėjo jėginių parkų, tačiau projektų įgyvendinimas buvo kupinas iššūkių dėl sudėtingų oro sąlygų bei COVID apribojimų, turinčių įtakos tiekimo procesų grandinei. Norvegija pastatė daugiausia sausumos vėjo jėginių, toliau eina Ispanija ir Prancūzija, o Vokietija 2020 metais įrengė mažiausiai vėjo jėginių nuo 2010 metų (Komusanak et al., 2020).

Pagal 2021-2025 m. Europos vėjo jėginių parkuose sukuriamos energijos scenarijų, ES įdiegs 105 GW galios naujų vėjo jėginių parkų, o pagal nacionalinės energetikos ir klimato planą ES planuojama įdiegti vėjo jėginių, kurios sugeneruos dar papildomus 18 GW. Tikimasi, kad ir JK įdiegs daugiausia naujų vėjo pajėgumų per ateinančius 5 metus (18 GW), daugumą iš jų sudarys jūros vėjo jėginių parkai (15 GW).

Nors Vokietijoje jūrinė vėjo energetika pagamina tik 0,2 GW elektros energijos, Vokietija ir toliau turi vienus didžiausių vėjo energijos pajėgumų pajėgumą Europoje, po to eina Ispanija, Jungtinė Karalystė, Prancūzija ir Italija. Aplamai ES-27 apima 58 % visų įrengtų jūros vėjo jėginių pajėgumų Europoje (Komusanak I. et al., 2020).

Įrengtų vėjo jėginių dydžiai ir tipai tarp Europos šalių labai skyrėsi. Galingiausios sausumos vėjas turbinos buvo sumontuotos Suomijoje, su vidutiniška 4,5 MW galia. JK turėjo mažiausią vidutinę galią ir tai sudarė 2,2 MW. Remiantis turimais duomenys iš 16 šalių, svartinė vidutinė sausumos turbinų galia buvo 3,3 MW (Komusanak I. et al., 2020).

Lietuvoje vis daugiau pagaminama elektros panaudojant vėjo energiją. Elektros perdavimo sistemos operatoriaus AB Litgrid duomenimis, šalyje dabar jau veikia 21 vėjo jėginės parkas ir 125 pavienės mažesnės galios vėjo jėginės.

Pasaulinė vėjo energijos taryba numatė skirtingus scenarijus, kad iki 2030 m. vėjo energijos sistemos galėtų patenkinti 20 % pasaulinės elektros paklausos (Fried, 2016). Kadangi Paryžiaus susitarimo tikslai numato visiškai dekarbonizuotą elektros energijos tiekimą iki 2050 metų vėjo energija turės didelį vaidmenį siekiant šio tikslo (Darwish, Al-Dabbagh, 2020).

Iki 2030 metų būtų galima pasiekti 2110 GW generuojamų pajėgumų, o tai prilygtų 20% pasaulinių poreikių. Naujausia šių technologijų pažanga ir išmaniųjų tinklų raida gali padėti sukurti pažangesnias elektros energiją kaupiančias baterijas, todėl didėjantis investavimas į elektromobilių ir viešojo transporto rinkos augimą didina būsimą elektros poreikį (Fried, 2016).

Tinkamai investuojant į atsinaujinančius energijos šaltinius pasaulis iki 2050 metų gali pasiekti 100 % švarios energijos gamybą. Kadangi vėjo turbinų kaina nuo 2009 metų sumažėjo beveik 1/3, manoma, kad vėjo jėgainės turi potencialo. 2019 metais pasaulinė vėjo jėgainių galia pasiekė 645 GW. Tinkamai investavus ir tinkamai įgyvendinus atsinaujinančios energijos sistemą, atsinaujinanti energija ir energijos vartojimo efektyvumas gali sumažinti su energija susijusią CO₂ emisiją daugiau nei 90 proc. Jūros vėjo jėgainės yra mūsų ateities technologijos vizija, todėl plaukiojanti vėjo jėgainė turės didelių perspektyvų (Wind Europe, 2017; Weston, 2016).

Galima sakyti, kad Lietuva kaip ir kitos Europos šalys vysto vėjo jėgainių statybą, tačiau Lietuvai yra sunku konkuruoti su kitomis šalimis, dėl klimatinių ir ekonominių rodiklių, tam kad būtų pasiektas aukštas vėjo energetikos procentas, tačiau planuojami scenarijai susiję su vėjo energetika yra geri ir turintys puikią augimo perspektyvą.

2.2. Vėjo jėgainių poveikis

2.2.1. Poveikio tipai

Pripažįstama, kad perėjimas prie atsinaujinančiosios energijos yra palankus biologinei įvairovei visame pasaulyje. Tačiau vietos lygmeniu konkretaus vėjo energetikos plėtros projekto ir ES saugomų buveinių ir rūšių sąveika neretai būna sudėtingesnė ir mažiau apibrėžta. Todėl būtina kiekvieną planą arba projektą kiekvienu konkrečiu atveju vertinti atskirai. Iš esmės kiekvienas vertinimas turėtų būti atliekamas „taip detaliai, kad tai būtų proporcinga rizikai ir tikėtinam poveikiui, bei tikėtinais poveikį patiriančios biologinės įvairovės svarbai, pažeidžiamumui ir nepakeičiamumui“ (Brownlie ir Treweek 2018).

Sausumos vėjo energetikos plėtros projektų poveikis gali pasireikšti viename ar keliuose iš penkių įprastų vėjo energetikos plėtros projekto etapų:

- parengiamajame etape (teritorijos tvarkymas).
- statybos etape (privažiuojamųjų kelių tiesimas, platforma, jėgainė ir medžiagų vežimas).
- eksploatavimo etape (įskaitant techninę priežiūrą).
- modernizavimo etape (veikiančio vėjo elektrinių parko jėgainių skaičiaus, tipų pritaikymas).
- eksploatacijos nutraukimo etape (vėjo elektrinių parko ar pavienių jėgainių išmontavimas).

Vertinant tikėtiną reikšmingą sausumos vėjo energetikos plėtros projektų poveikį saugomoms buveinėms ir rūšims, svarbu turėti omenyje, kad toks poveikis gali kilti dėl viso projekto, t. y. ne tik dėl pačių vėjo jėgainių, bet ir dėl su jomis susijusios infrastruktūros. Pavyzdžiui, galime stebėti poveikį, kurį daro privažiuojamieji keliai, patekimas į objektą, statybos aikštelės, pamatai, požeminės elektrinės jungtys su tinklu, iškastas gruntas. Galimas poveikis gali būti laikinas ar nuolatinis.

2 lentelė. Sausumos vėjo energetikos objektų poveikio apžvalga (rekomendacinis dokumentas dėl vėjo energetikos plėtros ir ES gamtos apsaugos teisės aktų. Europos Komisijos pranešimas Briuselis, 2020)

Poveikį patirianti grupė	Sausumos vėjo energetikos poveikis
Buveinės	Buveinių nykimas ir būklės blogėjimas Buveinių suskaidymas Buveinių trikdymas Invazinių svetimų rūšių atsiradimas statybos metu, užteršiamas dirvožemis Buveinių kūrimas toliau nuo vėjo elektrinių parko siekiant į jas pritraukti paukščius ir nukreipti juos toliau nuo vėjo elektrinių parko Mikroklimato pokyčiai Dirvožemio tankinimas
Šikšnosparniai	Buveinių nykimas ir būklės blogėjimas Trikdymas ir išstūmimas Buveinių suskaidymas Susidūrimas Kliūčių poveikis Barotrauma (t. y. kūno audinių sužalojimas dėl slėgio skirtumo) Skrydžių koridorių ir ilsėjimosi vietų nykimas ar perkėlimas Dėl naktinio apšvietimo didesnis bestuburių, kuriais mintama, skaičius, tad didesnė susidūrimo rizika
Paukščiai	Buveinių nykimas ir būklės blogėjimas Trikdymas ir išstūmimas Buveinių suskaidymas Susidūrimas
Kitos rūšys	Buveinių nykimas ir būklės blogėjimas Buveinių suskaidymas Trikdymas ir išstūmimas Netiesioginis poveikis

2.2.2. Poveikis buveinėms

Vėjo energetikos objektai paprastai statomi atvirose vietose, kuriose yra dideli vėjo energijos ištekliai. Mažo ir vidutinio dydžio jėgainės paprastai statomos pakeistose natūraliose buveinėse arti ūkių, namų ūkių ar įmonių. O dideli vėjo energetikos objektai dažnai statomi atokesnėse aukštumose, pakrantės rajonuose ir atvirose pievose, būtent šiose teritorijose esančios buveinės dažniausiai ir patiria objekto daromą poveikį. Didėjant vėjo jėgainių aukščiui dideli vėjo elektrinių parkai vis dažniau įkuriami miškuose.

Tiesioginio buveinių nykimo mastas statant vėjo energetikos objektus ir su jais susijusios infrastruktūrą, pvz., tiesiant privažiuojamuosius kelius ir vidaus jungiamuosius kabelius bei įrengiant pastotes, priklauso nuo projekto dydžio, vietos ir struktūros. Faktiškai žemės plotas, kuriame įrengiama infrastruktūra, gali būti palyginti nedidelis, bet poveikis gali būti didesnis, jeigu planais ar projektais kišamasi į ekologinius, hidrologinius ar geomorfologinius procesus. Dinamiškos buveinės, kaip antai kopos ar šlapynės, taip pat yra pažeidžiamos dėl jų struktūros ir veikimo pokyčių. Juos, pavyzdžiui, galėtų sukelti dirvožemio tankinimas, augalų pašalinimas, drenavimas, paskirties keitimas ir kt., dėl to gali pasireikšti toks poveikis, kaip erozija ir buveinių būklės blogėjimas didesniame plote (Pentecost et al., 2009; Smith et al., 2011).

Poveikio tipai buveinėms:

- Tiesioginis nykimas – buveinės ploto sumažėjimas ją pašalinant, pakeičiant jos paskirtį ar padengiant (pvz., statybinėmis medžiagomis ar drumzlėmis).
- Suskaidymas – buveinės gretutinės teritorijos suskaidymas į du ar daugiau mažų izoliuotų rajonų.
- Būklės blogėjimas – buveinės kokybės blogėjimas dėl sumažėjusio buveinę sudarančių jai būdingų grupių rūšių gausumo arba biomasės.
- Trikdymas – laikinas vidutinių aplinkos sąlygų pakeitimas (pvz., dulkių kiekio padidėjimas, daugiau žmonių, šviesos ir triukšmo).
- Buveinių kūrimas – buveinių kūrimas ar atkūrimas imantis tam tikrų poveikio švelninimo priemonių.
- Mikroklimato pokyčiai – nedideli oro temperatūros ir oro drėgnumo pokyčiai dėl jėgainės menčių judėjimo.
- Netiesioginis poveikis – buveinių nykimas, suskaidymas ir būklės blogėjimas, pavyzdžiui, dėl dirvožemio tankinimo, drenavimo, ganymo intensyvumo pokyčių, erozijos ar invazinių svetimų rūšių atsiradimo ir teršalų.

Atlikus kelis tyrimus buvo nustatyta, kad vėjo energetikos objektai gali daryti įtaką mikroklimatui iki 200 m atstumu nuo veikiančių jėgainių (Armstrong et al., 2016). Visų pirma, dėl jų gali padidėti oro temperatūra ir absoliučioji drėgmė naktį, taip pat gali padidėti oro, paviršiaus ir

dirvožemio temperatūros kaita per paros ciklą (Armstrong et al., 2016). Tačiau toks poveikis gana ribotas (pvz., mažiau nei 0,2 °C) ir tikėtina, kad reikšmingo poveikio vietovės vientisumui nebus.

Dėl vėjo energetikos objektų, kurie yra tam tikrų retų ir pažeidžiamų rūšių buveinių, kaip antai šlapynių, plokščiųjų pelkių ar žemapelkių, teritorijoje arba šalia jų, šios buveinės gali išnykti arba gali pablogėti jų būklė. Susirūpinimą kelia ne tik tiesioginis buveinės teritorijos nykimas, bet ir potenciali žala, statant ir eksploatuojant objektą padaryta buveinės struktūrai ir ekologinėms funkcijoms. Tokia žala gali padaryti reikšmingą poveikį daug didesnei teritorijai nei tiesiogiai naudojamas žemės plotas (Holman et al., 2014).

2.2.3. Poveikis paukščiams

Konfliktas su paukščių buveinių apsauga yra svarbus klausimas planuojant vėjo jėgainių parkus. Didžiausią grėsmę paukščių populiacijoms kelia susidūrimai. Galimas vėjo energetikos objektų poveikis paukščiams ES ir už jos ribų yra išsamiai ištirtas. Todėl yra daug su paukščiais ir vėjo energetikos objektais susijusių nacionalinių rekomendacinių dokumentų.

Žūsta įvairių grupių paukščiai - nuo plėšriųjų paukščių ir žvirblių iki vandens ir pakrančių paukščių. Nustatant santykinį paukščių rūšių tankumą, neatsižvelgiama į santykinį kiekvienos rūšies žūčių dažnumą (Thelander, Rugge, 2000). Po statybų kai kurios rūšys gali tapti jautresnės susidūrimams dėl padidėjusio grobio kiekio šalia turbinų. Teritorijos, kuriose nėra trikdžių, tampa tinkamesnės gyvūnams, kurie slepiasi urvuose, o dauguma šių gyvūnų yra patrauklus paukščių grobis. Jei turbina stovi ganykloje, galvijai dažnai susirenka aplink ją ieškoti šėšelio. Galvijų ekskrementai pritraukia vabzdžius, o vabzdžiai - paukščius. Mirtingumą dar labiau veikia rūkas, debesys, lietus ir tamsa. Daugelis paukščių žūčių prie vėjo jėgainių įvyksta blogomis oro sąlygomis (Johnson et al., 2002).

Nine Kanjone (JAV) apžiūrėtoje vėjo jėgainėje mirtingumas buvo didesnis prie apšviestų turbinų nei prie neturinčių šviesų (Erickson et al., 2003). Atrodo, kad paukščiai jautriausi raudonoms šviesoms. Pulsuojanti raudona šviesa rūko ar žemo debesuotumo naktimis gali trikdyti paukščių navigaciją (Johnson et al., 2002). Sezoninė migracija yra viena iš pagrindinių paukščių veiklos rūšių, todėl jie gali atsidurti netoli vėjo turbinų. Dauguma paukščių migruoja naktį, kai jie mažiau pastebi aukštas konstrukcijas savo kelyje.

Analizuojant poveikio aplinkai ataskaitas nustatyta, kad vėjo jėgainės statomos įvairiose teritorijose, tad yra atsižvelgiama į saugomas ar nykstančias rūšis. Ataskaitose prognozuojamas mirtingumo lygis apskaičiuojamas remiantis mirtingumo rodikliais netoliese esančiuose arba panašiuose (reljefo ypatumai, turbinos tipas) vėjo jėgainių parkuose.

Apskaičiuojant mirtingumą, į daugumą tyrimų įtraukiami veiksmingos žuvusių gyvūnų paieškos. Kai kuriuose tyrimuose daugiausia dėmesio skiriama tik rastų aukų skaičiui ir nepateikiamas stebimo vėjo jėgainių parko mirtingumo įvertinimas.

Dėl metodologinių ypatybių susidaro nemaži skirtumai tarp Europos ir Amerikos vėjo jėgainių. Amerikos atveju, atliekami keli vieno vėjo jėgainių parko tyrimai, todėl apskaičiuoti rodikliai yra patikimesni, o tai negalioja Europos tyrimams. Dėl šių skirtumų apskaičiuotos normos gali būti per didelės arba per mažos. Almonto perėja (JAV) ir Tarifa (Ispanija) dažnai minimos kaip probleminės. Mirtingumas ten yra mažesnis nei 1 mirtis/turbinai per metus visoms rūšims ir mažesnis nei 0,4 - plėšriesiems paukščiams, tačiau kiti dideli mirtingumo rodikliai atrodo nepatikimi. Įvertintas plėšriųjų paukščių mirtingumas svyruoja nuo 0,0 iki 8,33 mirčių/turbinai per metus (atvejis, kai įvertintas itin aukštas rodiklis - 8,33 Salajones mieste (Ispanija). Mažiausias žuvusiųjų skaičius užregistruotas žemės ūkio paskirties teritorijose, o didžiausias - Ispanijos kalnų keterose ir Belgijos pelkėse. Paukščių rūšys, vyraujančios tarp žuvusiųjų, skiriasi priklausomai nuo konkrečios teritorijos. JAV ir Ispanijoje vyrauja plėšrieji paukščiai, o Vidurio ir Šiaurės Europoje vyrauja daug įvairių rūšių - didžiosios antys, kamanės, kregždės ir kt. (Johnson et al., 2002).

Mažesnę žūčių skaičių lemia tinkamesnis vėjo turbinų išdėstymas (toliau nuo didelio tankio ir nepalankių reljefo formų). Atrodo, kad vamzdinių turbinų su mažesniu menčių greičiu statyba taip pat pagerina sąlygas (Kerlinger, 2000).

Vėjo jėgainių teritorijose labiausiai nukenčia migruojantys paukščiai. Jie sudaro daugiau kaip 80 % visų stebėtų žūstančių paukščių (Erickson et al., 2001). Šis mirtingumo lygis nekelia pavojaus konkrečių rūšių populiacijoms. Būtent, labiausiai paplitusių rūšių (pvz., europinio strazdo, amerikinio strazdo, pievinio kalviuko) mirtingumas yra nedidelis, o populiacijos yra gausios. Žuvusių paukščių skaičius labai skiriasi priklausomai nuo vėjo jėgainių parko. Nėra arba beveik nėra koreliacijos tarp paukščių skaičiaus teritorijoje ir mirtinų susidūrimų skaičiaus. Buffalo Ridge, Minesotoje, kuri yra svarbi paukščių migracijos zona, tyrėjai, naudodami radaro technologiją, apskaičiavo daugiau kaip 3,5 mln. paukščių per metus (Johnson et al., 2002). Nepaisant jų gausos, susidūrimų su paukščiais aukų skaičius buvo nedidelis. Per pirmuosius dvejus turbinos eksploatavimo metus jie pranešė apie 0,49 žūstančių paukščių/turbinai per metus. Vėliau, kai vėjo jėgainių parkas padidėjo (nuo ankstesnių 73 iki 354 turbinų), buvo atliktas naujas įvertinimas, tuomet mirtingumas buvo 1009 paukščiai per metus arba 2,85 žūstančių paukščių/turbinai per metus (Johnson et al., 2002).

Visuotinai žinoma, kad paukščiai vengia turbinų. Problemų dažniausiai kyla migruojantiems ir perintiems paukščiams arba maitinimosi vietose. Trikdymo poveikis pasiekia 75 - 800 metrų atstumą nuo turbinų (Strickland, Erickson, 2003). Migruojantys paukščiai atrodo jautresni nei perintys, o tai akivaizdžiai susiję su prisitaikymo procesu. Dauguma mažų paukščių gali lengvai išvengti turbinų, tuo tarpu didesniems paukščiams, kuriems taip pat reikia didesnio atstumo iki vėjo jėgainės, tai padaryti sunkiau. Palyginę žuvusius paukščius su jų reakcija į turbinas tyrėjai nustatė, kad jautrios rūšys yra mažiau pažeidžiamos nei kitos. Plėšrieji paukščiai, didžiosios antys ir strazdai dažnai žūsta, o pakrančių paukščiai ir žąsys - ne.

Norint įvertinti konkrečių rūšių paukščių reakciją, reikėtų atlikti tolesnius tyrimus. Dauguma autorių pabrėžia, kad daugelio rūšių paukščiai turi laikytis bent 100 m atstumo.

Dauguma vėjo jėginių nesusiduria su susidūrimų problemomis. Susidūrimų skaičius yra didesnis tose teritorijose, kuriose yra plėšriųjų paukščių populiacijos, dažni skrydžiai ir didelis vėjo jėginių tankis. Joks tyrimas nepatvirtino reikšmingo poveikio populiacijai. Mažesnę aukų skaičių šiuolaikinėse turbinose tikriausiai lemia geresnis turbinų išdėstymas toliau nuo didelio paukščių tankumo ir nepalankaus reljefo, taip pat šiuolaikinės turbinos konstrukcijos tipas.

2.2.4. Poveikis šikšnosparniams

Pirmasis pranešimas apie šikšnosparnių mirtingumą dėl susidūrimų datuojamas 1930 m., kai Ontarijuje, Kanadoje, prie apšviesto namo užfiksavo 5 žuvusius šikšnosparnius. Prie televizijos bokšto Kanzase užfiksuotos 5 šikšnosparnių žūtys (Van Gelder, 1956). Palyginti su paukščiais, informacijos apie šikšnosparnių mirtingumą yra daug mažiau.

Buffalo Mountain vėjo jėginių parke 3 turbinos buvo stebimos 3 metus. Jose užfiksuota 119 šikšnosparnių žūčių (Johnson ir Strickland, 2004). 61 % jų priklausė šikšnosparnių rūšiai, vadinamai *Lasiurus borealis* (Kerns ir Kerlinger, 2004).

Vokietijoje nuo 1998 m. užregistruotos 285 šikšnosparnių žūtys. Daugiausia žuvo šių rūšių šikšnosparnių: *Nyctalus noctula* (132 individai), *Pipistrellus nathusii* (51 individas), *Vespertilio murinus* (10 individų) ir *Nyctalus leisleri* (14 individų). Mirštamumo rodiklis Brandenburge buvo 0,23 mirčių/turbinai per metus (Dürr, 2003). Lyginant su paukščiais, buvo nustatytas stipresnis mirštamumo ir turbinos dydžio ryšys, tačiau jis nebuvo statistiškai reikšmingas. Trijuose Austrijos vėjo jėginių parkuose bendras šikšnosparnių mirtingumo rodiklis buvo 14 šikšnosparnių arba 2,8 mirčių per metus. Daugiausia žuvusių šikšnosparnių užregistruota Prallenkircheno vėjo jėgainėje, Obersdorfe šis rodiklis buvo 0,0, Prallenkirchene - 8,00, o Šteinberge - 5,33. Skirtumai atsiranda dėl vėjo jėginių dydžio ir dėl to, kaip sėkmingai pavyksta rasti žuvusiųjų (Traxler et al., 2004). Šikšnosparnių mirtingumas taip pat buvo užregistruotas Skandinavijoje. Švedijoje 160-yje turbinų užfiksuota 17 mirusių 6 rūšių šikšnosparnių (Ahlen, 2002). JAV vidutinis mirtingumo rodiklis buvo 3,4 šikšnosparnių/turbinai per metus. Didžiausias mirtingumas buvo užregistruotas Mountainerio (Vakarų Virdžinija) valstijoje. Dauguma susidūrimų įvyksta migracijos metu ir paprastai yra susiję su blogomis oro sąlygomis, kurios verčia paukščius skristi žemiau ir gali sutrikdyti šikšnosparnių orientaciją.

Mažai tikėtina, kad daugiausia žūsta teritorinių rūšių gyvūnai. Jei taip būtų, dauguma susidūrimų įvyktų maitinimosi metu. Tačiau netoli turbinų nėra daug maisto. Dauguma rūšių maisto randa prie vandens ir medžių (Carter et al., 1999; Everette et al., 2001). Šikšnosparniai paprastai nesimaitina maždaug 25 m aukštyje virš žemės, o tai taip pat yra mažiausias vėjo turbinų sukimosi

aukštis (Fenton, Bell, 1979). Siekiant sumažinti šikšnosparnių rūšių mirtingumą, naujų vėjo jėgainių nereikėtų statyti žiemojimo, maitinimosi ir lizdavietėse bei migracijos koridoriuose.

UNEP / EUROBATS paskelbė išsamias Europos rekomendacijas dėl šikšnosparnių ir vėjo energetikos „Guidelines for consideration of bats in wind-farm projects“ („Gairės dėl atsižvelgimo į šikšnosparnius vėjo elektrinių parkų projektuose“) (Rodrigues et al. 2015).

Atliekant tyrimus reikia atsižvelgti į visą metinį šikšnosparnių aktyvumo ciklą, teikti informaciją apie vietos šikšnosparnių populiacijų ilsėjimąsi (veisimąsi, poravimąsi (spiečiavimąsi), žiemojimą), maitinimąsi ir judėjimą bei nustatyti tikėtinus šikšnosparnių migracijos maršrutus. Tyrimų mastą reikia kruopščiai apsvarstyti turint omenyje vėjo energetikos objekto ir jo veikiamos teritorijos dydį ir vietą (UNEP / EUROBATS leidinys Nr. 6., 2014).

Pagrindinių sausumos vėjo energetikos objektų poveikio šikšnosparniams tyrimų pavyzdžiai (Rodrigues et al. 2015):

- Svarbių gimdymo, žiemojimo ir spiečiavimosi vietų nustatymas remiantis šikšnosparnių požymiais ir (arba) užregistruotų šikšnosparnių buvimu ir gausumu.
- Tyrimai vietose naudojant šikšnosparnių detektorius – automatinį detektorių naudojimas siekiant nustatyti šikšnosparnių aktyvumo indeksą (kontaktų su šikšnosparniais skaičių per valandą) ir naudojimąsi buveine, galbūt papildant juos rankiniu būdu atliekamais tyrimais (apeinant transektus, apžiūrint iš apžvalgos taškų) ir naudojant kitus stebėjimo metodus (terminio ir infraraudonųjų spindulių vaizdo kameras).
- Aktyvumo tyrimai aukštumoje – automatinį detektorių naudojimas siekiant nustatyti šikšnosparnių aktyvumo indeksą (kontaktų su šikšnosparniais skaičių per valandą).
- Galimas poreikis stebėti aktyvumą virš medžių viršūnių ir taikyti pažangius metodus, kaip antai gaudymą ir radijo telemetriją miško plotuose.
- Aplinkos (temperatūros, kritulių, vėjo greičio) duomenų rinkimas.

Kiekvienas poveikio tipas gali daryti įtaką individų išgyvenamumui ir dauginimosi sėkmei, dėl to gali keistis populiacijos demografiniai parametrai.

Pagrindiniai poveikio šikšnosparniams tipai (remiantis UNEP/EUROBATS gairėmis, ES Komisijos pranešimas, Briuselis, 2020)

- Susidūrimas ir barotrauma – mirtina skrendančių šikšnosparnių ir vėjo jėgainės konstrukcijų sąveika.
- Buveinių nykimas ir būklės blogėjimas – šikšnosparnių buveinių sunaikinimas, suskaidymas ar žala joms.
- Trikdymas ilsėjimosi vietose ir išstūmimas iš jų – dėl veiklos ilsėjimosi vietose ir aplink jas, kaip antai buveinės.

- Sunaikinimo arba techninės priežiūros transporto priemonių ir personalo buvimo, gali keistis ilsėjimosi vietos temperatūra, drėgnis, šviesa, triukšmas ir vibracija ir dėl to gali mažėti naudojimas buveine arba reprodukcinis pajėgumas.
- Skrydžių koridorių ir ilsėjimosi vietų nykimas – fizinis ar funkcinis skrydžių koridorių ir ilsėjimosi vietų nykimas.

Pradėjus eksploatuoti vėjo jėgaines, laikoma, kad didžiausią poveikį daro žūstamumas dėl susidūrimo ar barotraumos, bet skirtingoms rūšims kyla skirtinga rizika. Trikdymas ir išstūmimas gali pasireikšti bet kuriame projekto gyvavimo ciklo etape, kliūčių poveikiui atsirandant eksploatavimo ir modernizavimo etapuose. Dėl tokio tikėtinai reikšmingo poveikio gali keistis elgsena, įskaitant trauką (Behr et al. 2018; Foo et al., 2017), skrydžių koridorių perkėlimą erdvėje ir šikšnosparnių išstūmimą iš maitinimosi buveinių, kuriomis priešingu atveju jie naudotųsi (Barré et al., 2018). Dėl traukos galėtų padidėti susidūrimo rizika (Rydell et al. 2010; Voigt et al., 2018). Tačiau Millon et al. (2018) nusprendė, kad pats išstūmimas yra svarbus poveikis, į kurį reikia atsižvelgti, o Barre et al. (2018) kiekybiškai įvertino šį poveikį keliuose vėjo elektrinių parkuose. Trikdymo, išstūmimo ir kliūčių poveikio vertinimą reikėtų analizuoti kiekvienu konkrečiu atveju atsižvelgiant į plano ar projekto dydį, šikšnosparnių rūšį, kuri, kaip žinoma, gyvena šioje vietovėje, jų naudojimasi buveine ir buveinės svarbą palankiam populiacijos išsaugojimo statusui, visų pirma turint omenyje kylančias grėsmes.

3 lentelė. Poveikio šikšnosparniams tipai per sausumos vėjo energetikos projekto gyvavimo ciklą (rekomendacinis dokumentas dėl vėjo energetikos plėtros ir ES gamtos apsaugos teisės aktų. Europos Komisijos pranešimas Briuselis, 2020)

Poveikio tipai	Parengiamasis etapas	Statyba	Eksploatavimas	Eksploatavimo nutraukimas
Buveinių nykimas ir būklės blogėjimas	×	×	×	×
Trikdymas ilsėjimosi vietose ir išstūmimas iš jų	×	×	×	×
Buveinių suskaidymas		×	×	×
Kliūčių poveikis			×	×
Barotrauma			×	×
Skrydžių koridorių ir ilsėjimosi vietų nykimas ar perkėlimas		×	×	×

Dėl naktinio apšvietimo didesnis bestuburių, kuriais mintama skaičius, tad didesnė susidūrimo rizika			×	×
--	--	--	---	---

Vėjo jėgainės gali daryti skirtingą poveikį skirtingų rūšių šikšnosparniams dėl skirtingos šikšnosparnių elgsenos ir skraidymo būdų. Šikšnosparnių rūšims, kurios skraido ir maitinasi atviroje erdvėje (medžioja ore) kyla didelė susidūrimo su vėjo jėgainėmis rizika. Kai kurios tokios rūšys migruoja ilgais atstumais dideliame aukštyje ir dėl to taip pat padidėja susidūrimo rizika (pvz., *N. noctula*, *P. nathusii*). Kita vertus, šikšnosparniams, linkusiems skraidyti arti augalų, kyla mažesnė susidūrimo su jėgainėmis rizika.

Toliau pavaizduotoje 4 lentelėje išvardytų rūšių individai sudaro per 90 proc. 2003–2017 m. Europoje užregistruotų vėjo elektrinių parkuose žuvusių šikšnosparnių (skaičiuojant procentą neįtrauktos žūtys, kai rūšis nebuvo nustatyta). Jokia kita rūšis neviršija 5 proc. užregistruotų žūčių.

4 lentelė. Europos vėjo energetikos objektuose užregistruotų šikšnosparnių žūčių dalis, % pagal rūšį. EUROBATS darbo grupės ataskaita dėl vėjo elektrinių ir šikšnosparnių

(https://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/pdf/Advisory_Committee/Doc.StC14-AC23.9_rev.2_Report_Wind_Turbines.pdf.)

Rūšis	Vėjo elektrinių parkuose Europoje žuvusių šikšnosparnių dalis
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	24 %
<i>Nyctalus noctula</i>	16 %
<i>Pipistrellus nathusii</i>	17 %
<i>Nyctalus leisleri</i>	8 %
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	5 %
<i>Hypsugo savii</i>	4 %
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	5 %

Penktoje lentelėje parodytas susidūrimo su vėjo jėgainėmis rizikos, kylančios Europos ir Viduržemio regiono rūšims, lygis atvirose buveinėse. Jeigu vėjo jėgainės yra įrengtos lapuočių ar spygliuočių miškuose arba prie miško pakraščiu, kai kurioms rūšims susidūrimo rizika gali gerokai padidėti.

5 lentelė. Europos šikšnosparnių rūšims kylanti susidūrimo su vėjo jėgainėmis rizika atvirose buveinėse (Rodrigues, 2015)

Didelė rizika	Vidutinė rizika	Maža rizika
<i>Nyctalus rūsysis</i>	<i>Eptesicus rūsysis</i>	<i>Myotis rūsysis</i>
<i>Pipistrellus rūsysis</i>	<i>Barbastella rūsysis</i>	<i>Plecotus rūsysis</i>
<i>Vespertilio murinus</i>	<i>Myotis dasycneme</i>	<i>Rhinolophus rūsysis</i>
<i>Hypsugo savii</i>		
<i>Miniopterus schreibersii</i>		
<i>Tadarida teniotis</i>		

Dauguma metodų, naudojamų apskaičiuojant žūstamumą, grindžiami aplink vėjo jėgainės vykdomos skerdenų paieškos duomenimis. Nustatyta, kad žūstamumo įverčių tikslumą lemia ieškotojų veiksmingumas ir tyrimo aprėptis (Reyes et al., 2016). Apmokytų tarnybinių šunų grupės, atrodo, yra veiksmingesnės ir efektyvesnės ieškant žuvusių šikšnosparnių nei žmonės (Mathews et al., 2013, Mathews et al., 2016, Reyes et al., 2016). Mat šikšnosparnių skerdenas sunku rasti, ypač pelkėse ir dirbamose buveinėse, kuriose skerdenų nesimato dėl augmenijos. Neatsižvelgiant į tai, ar paiešką vykdo žmonės, ar šunys, šikšnosparnių skerdenų skaičius būtų mažiausias tikrojo nukentėjusių gyvūnų skaičiaus įvertis, nes dalį jų pašalina maitėdos, dalis sugenda (Paula et al., 2015) ir dalis išnyksta dėl oro sąlygų (Mathews et al., 2016).

2.3. Lietuvoje gyvenančių šikšnosparnių rūšių įvairovė ir jų ekologija

Lietuvoje gyvena 14 šikšnosparnių rūšių, kurios priskiriamos lygianosinių (*Vespertilionidae*) šeimai. Penkioliktoji šikšnosparnių rūšis – ūsuotasis pelėausis (*Myotis mystacinus*) – šalyje užregistruotas tikrai vieną kartą. Dar dvi rūšys yra ieškotinos – tai didysis pelėausis (*Myotis myotis*) ir pilkasis ausylis (*Plecotus austriacus*). Šių rūšių šikšnosparniai buvo aptikti kaimyninėse šalyse, netoli Lietuvos sienos. Todėl yra didelė tikimybė, kad jie gali gyventi ir mūsų šalyje.

Lietuvoje gyvenančių šikšnosparnių nosies paviršius lygus, be odos raukšlių ir išaugų (todėl ir lygianosių šeima). Kai kurių Lietuvoje gyvenančių šikšnosparnių ausų dydis skiriasi keletą kartų. Vabzdžius gali gaudyti ir sparnais, ir uodega kaip sieteliu. Kai kurių rūšių šikšnosparniai yra lengvai atpažįstami, tačiau kai kurios kitos, ypač smulkesnės rūšys, dėl spalvinių bei morfologinių variacijų sunkiai apibūdinamos. Dienoja medžių drevėse, plyšiuose, po žieve, senuose paukščių lizduose, pastatuose, inkiluose. Skraidyti pradeda vakarais, dažniausiai saulei nusileidus, o kartais ir keletą minučių prieš saulėlydį. Šaltuoju metų laiku šalyje žiemoti lieka 10 rūšių šikšnosparniai, kurie žiemą praleidžia dažniausiai požeminiuose statiniuose. Kitų rūšių šikšnosparniai žiemoti skrenda į Pietų Europą.

Lietuvoje sutinkami šikšnosparniai: europinis plačiaausis (*Barbastella barbastellus*), kūdrinis pelėausis (*Myotis dasycneme*), brandto pelėausis (*Myotis brandti*), vandeninis pelėausis (*Myotis daubentoni*), natarerio pelėausis (*Myotis nattereri*), rudasis ausylis (*Plecotus auritus*), rudasis nakviša (*Nyctalus noctula*), mažasis nakviša (*Nyctalus leisleri*), šikšniukas nykštukas (*Pipistrellus pipistrellus*), natuzijaus šikšniukas (*Pipistrellus nathusi*), šikšniukas mažylis (*Pipistrellus pygmaeus*), dvispalvis plikšnys (*Vespertilio murinus*), šiaurinis šikšnys (*Eptesicus nilssoni*), vėlyvasis šikšnys (*Eptesicus serotinus*).

Lietuvoje ieškotinos rūšys: didysis pelėausis (*Myotis myotis*), ūsuotasis pelėausis (*Myotis mystacinus*), pilkasis ausylis (*Plecotus austriacus*).

2.3.1. Paplitimas

B. barbastellus pavasarį stebėtas Kazlų Rūdos apylinkėse. Rudeninių migracijų metu aptiktos dienojančios didelės jų grupės Kauno centre, daugiaaukščių namų tarpulangėse. Daug šių šikšnosparnių žiemoja Kauno fortuose, Vilniuje, Vytėnuose (Prūsaitė J., Lietuvos Fauna, 1988).

E. nilssoni Lietuvoje paplitęs lokaliai (Pauža, 2004). Apie jų žiemojimą yra surinkti tik pavieniai duomenys Biržų ir Jurbarko rajonuose bei Kaune. Lietuvoje yra retas. Kiekvienais metais jie sugaunami Ventės raga rudeninių migracijų metu. Latvijoje ši rūšis yra labai paplitusi, su tuo siejamas jų paplitimas Lietuvos šiaurėje (Pauža, Paužienė, 1998).

E. serotinus vasaros metu buvo užfiksuotas Kauno, Vilniaus, Klaipėdos, Neringos, Varėnos ir Šilutės rajonuose. Žiemos metu šie šikšnosparniai užfiksuoti Kauno fortuose ir Kaune esančiuose pastatuose. Šiltuoju sezonu šis šikšnosparnis paplitęs gyvenvietėse ir net dideliuose miestuose. Vis dėlto, buvo rasta tik viena didelė veisimosi kolonija (virš 100 individų) Marcinkonyse, netoli Varėnos (Pauža, Paužienė, 1998). Žiemavietėse Kauno fortuose šis šikšnosparnis yra labai retas ir sudaro mažiau nei 0,5% visų žiemojančių šikšnosparnių. Tačiau Lietuvoje plačiai paplitęs (Pauža, 2004).

M. brandti pavieniai patinai yra tik tris kartus stebėti vasaros metu Kauno rajone bei Ventės raga, netoli Šilutės, kur jie buvo sugauti su kitais migruojančiais šikšnosparniais Baltijos jūros pakrantėje. Nieko nežinoma apie *M. brandti* veisimąsi Lietuvoje. Žiemos sezonu jie žiemoja Kauno fortuose, Panemunės pilyje (Jurbarko rajonas) ir Varnių bažnyčioje netoli Telšių, Lietuvoje retas. (Pauža, Paužienė, 1998).

M. dasycneme paplitęs Kaune ir pietryčių Lietuvoje: Vilniaus, Molėtų, Lazdijų ir Varėnos rajonuose. Yra keletas nepatvirtintų stebėjimų Švenčionių ir Rokiškio rajonuose. Vasaros statusas nežinomas, nes surinkti tik septyni įrašai iš pavienių stebėjimų. Žiemos metu žiemojantys randami tik Kauno fortuose, apie 20 šikšnosparnių (1–2% visų žiemojančių) kasmet (Pauža, Paužienė, 1998). Lietuvoje ši rūšis reta, žinomos pavienės radimvietės (Pauža, 2004).

M. daubentoni plačiai paplitęs visoje Lietuvoje, tačiau nerasta veisimosi kolonijų. Vasarą rastas Varėnos, Molėtų, Šilutės, Trakų, Lazdijų, Utenos ir Ignalinos rajonuose bei Vilniaus mieste.

Labai paplitęs Kauno fortų žiemavietėse, sudaro apie 70% žiemojančių šikšnosparnių. Taip pat žiemoja Panemunės pilyje Jurbarko rajone, Varnių bažnyčioje prie Telšių, Šeškinės bunkeriuose Vilniuje ir Radvilų pilyje Biržuose (Pauža, Paužienė, 1998). Lietuvoje labai dažnas, aptinkamas beveik visuose rajonuose (Pauža, 2004).

M. mystacinus Lietuvoje išskiriamas nuo 1978 m., pirmąkart stebėtas tik 1995 metais. Speleologo E. Laicono kaulų kolekcijoje esanti *M. mystacnus* kaukolė buvo rasta Karvės Oloje (netoli Biržų) 1978 m. Dėl savo retumo kaimyninėse šalyse (Latvijoje, Lenkijoje ir Švedijoje) Lietuvoje šis šikšnosparnis taip pat gali būti labai retas (Pauža, Paužienė, 1998).

M. nattereri žinomas žiemojimas Kauno fortuose ir trijuose rūsiose Jurbarko ir Telšių rajonuose. Kauno fortuose yra labai paplitęs (sudaro 15 – 20% visų žiemojančių šikšnosparnių), bet populiacijos didėjimas neužfiksuotas (Pauža, Paužienė, 1998). Mūsų šalyje paplitęs gana plačiai, bet nedažnas (Pauža, 2004).

Pavieniai duomenys apie *N. leisleri* yra surinkti Ventės rage, rudeninės 1980 m. migracijos metu. Ankstesni 1932 m. duomenys negali būti patvirtinti (Pauža, Paužienė, 1998). Lietuvoje labai retas (Pauža, 2004).

N. noctula randamas visoje Lietuvoje, bet daugiausiai stebėti pavieniai šikšnosparniai. Ši rūšis stebėta Prienų, Švenčionių, Kėdainių, Kauno, Šilutės, Lazdijų, Alytaus, Varėnos rajonuose, Kaune ir Vilniuje. Yra keletas senų stebėjimų Zarasuose, Ignalinoje, Švenčionyse ir Kėdainiuose. Kai kuriais metais *N. noctula* yra gana dažnas Kuršių marių krante, rugpjūčio pabaigoje ir rugsėjį (Pauža, Paužienė, 1998). Lietuvoje plačiai paplitęs, bet retai kur gausus (Pauža, 2004).

P. nathusi kaip ir *M. daubentoni* yra viena iš labiausiai paplitusių rūšių Lietuvoje šiltuoju sezonu ir randamas visoje Lietuvoje. Šis šikšnosparnis ypač dažnas rudeninės šikšnosparnių migracijos metu, vykstančios rugpjūčio – spalio mėnesiais netoli Baltijos jūros ir Kuršių marių krantų, kurios metu vien Ventės rage kasmet nuo 1979 m. sužieduojama 300 – 400 *P. nathusi*. Vis dėlto, paukščių inkiluose ar po atšokusia žieve ši rūšis randama tik nedidelėmis grupelėmis (iki dešimt individų) ar pavieniai individai. Yra žinomos penkios veisimosi klonijos Šiaulių, Prienų, Panevėžio, Šakių ir Varėnos rajonuose (Pauža, Paužienė, 1998).

P. pipistrellus iš gana retos rūšies (Pauža, Paužienė, 1998) tapo nereta (Pauža, 2004) per šešis metus. Jie yra stebėti Švenčionių, Ignalinos, Panevėžio, Trakų ir Kauno rajonuose 1991 metais. Vėliau stebėti Šiaulių, Klaipėdos, Kaišiadorių ir Šilutės rajonuose. Dažniausiai sugaunamas Kuršių marių krante rudeninės migracijos metu, kuomet šimtui *P. nathusi* tenka 5 – 10 *P. pipistrellus*. Viena šių šikšnosparnių žiemavietė yra Klaipėdoje (Pauža, Paužienė, 1998).

Vasaros metu *P. auritus* šikšnosparniai užfiksuoti Kauno, Šakių, Kaišiadorių, Gargždų, Švenčionių, Marijampolės, Jonavos, Trakų, Šilutės, Plungės, Akmenės, Molėtų ir Varėnos rajonuose. Tačiau nustatytos tik dvi jų veisimosi vietos (Plungės ir Kauno rajonuose). Priešingai nei kitose

šalyse, Lietuvoje šiltuoju sezonu *P. auritus* nerastas namų palėpėse ar po stogais. Jis randamas beveik visada paukščių inkiluose. Šaltuoju sezonu rūšis randama Kauno fortuose, pilių rūsiuose Vytėnuose (netoli Jurbarko) ir Biržuose, Veliunos bažnyčioje ir netoli Seredžiaus (Jurbarko rajonas), Karvės oje (netoli Biržų) ir Šeškinės bunkeriuose Vilniuje (Pauža, Paužienė, 1998).

V. murinus buvo sugautas Alytaus, Kauno, Neringos, Šilutės, Ignalinos rajonuose. Prienų ir Varėnos rajonuose rastos trys kolonijos po sulūžusiais tiltais ar atšokusia medžių žieve. Kaip ir *N. noctula* ar *E. nilssoni*, rudeninių migracijų metu dažnai sugaunamas Ventės rage (Pauža, Paužienė, 1998). Mūsų krašte paplitęs lokaliai: vasarą dažnesnis pietų ir pietvakarių, o migruodamas – vakarų Lietuvoje. Lietuvoje nežiemoja (Pauža, 2004).

2.3.2. Mityba

Lietuvoje gyvenantys šikšnosparniai minta tik vabzdžiais. Kad palaikytų greitą medžiagų apykaitą ir aukštą kūno temperatūrą, turintys mažą svorį, bet didelį kūno paviršių, skraidantys žinduoliai privalo daug maitintis. Pavyzdžiui, rudasis nakviša per naktį suėda 10-15 gramų vabzdžių, o vandeninis pelėausis tik 5-6 gramus (t. y. 4000-5000 vabzdžių) (<http://www.siksnosparniai.lt/apie-siksnosparnius/siksnosparniu-biologija/mityba/>).

Mūsų krašto šikšnosparnių racionas yra gana įvairus, bet vabzdžių įvairovė skirtingose šikšnosparnių grupėse gali kiek skirtis ir priklausyti nuo pačių vabzdžių gausumo, vietos, kurioje šikšnosparniai maitinasi, metų laikų, ar net nuo paros laiko ir orų. Šikšnosparnių racionas kinta keičiantis metų laikams. Vieni vabzdžiai dominuoja pavasarį, kiti vasarą. Europinis plačiaausis medžioja tik naktinius drugelius. Vandeninio pelėausio ir natuzijaus šikšniuko raciono pagrindą sudaro dvisparniai vabzdžiai. Grambuolius ir ilgakojus uodus mėgsta visi šikšnosparniai. Žiogus, auslindas, cikadas, vorus, drugelių lervas ėda rudasis ausylis (<http://www.siksnosparniai.lt/apie-siksnosparnius/siksnosparniu-biologija/mityba/>).

Maitintis šikšnosparniai skrenda nepraėjus valandai nuo saulėlydžio. Skirtingų rūšių šikšnosparniai pasirenka skirtingai nuo dienos slėptuvių nutolusias maitinimosi vietas, vienos rūšys skrenda arti, kitos gali skristi net už 10-25 km esančias maitinimosi vietas. Nakties metu šikšnosparniai gali naudoti vieną arba kelias maitinimosi vietas. Vienos rūšys maitinasi visą naktį, kitos – darydamos pertraukas, kurių metu naudoja naktines slėptuves. Gyvūnai maitinasi pavieniui arba kartu.

Pagal medžiojimo pobūdį šikšnosparniai skirstomi į kelias grupes:

1. Šikšnosparnius medžiojančius atviroje vietoje, aukštai virš žemės ir toliau nuo įvairiausių kliūčių. Tik ore savo aukas gaudo rudasis ir mažasis nakvišos.
2. Šikšnosparnius medžiojančius arti žemės, prie kliūčių (tarp medžių, pamiškėje) ir gaudančius savo aukas ore. Tokie yra šikšniukas nykštukas ir šikšniukas mažylis, vėlyvasis šikšnys ir ūsuotasis bei brandto pelėausiai.

3. Šikšnosparnius medžiojančius labai arti žemės, tarp augalijos, ar vabzdžius surenkančius tiesiog nuo įvairiausių paviršių. Taip maistą gaudo natererio pelėausis, rudasis ausylis ir kiti.
4. Šikšnosparnius medžiojančius virš vandens telkinių. Vabzdžius virš vandens ore gaudo arba nuo vandens paviršiaus nugriebia vandeninis ir kūdrinis pelėausiai.

2.3.3. Migracija

Vidutinių platumų klimatinės juostos šikšnosparnių aktyvumas priklauso nuo daugelio mikroklimatinių sąlygų: lietaus, vėjo, temperatūros, ir vabzdžių – pagrindinio jų maisto – aktyvumo. Žiemos metu dėl maisto trūkumo šikšnosparniai praleidžia įmygyje, kuris vadinamas hibernacija. Hibernacijai jie turi ieškoti tinkamų slėptuvių, kurios dažnai būna toli nuo veisimosi kolonijų. Vieni prisitaiko hibernuoti požeminėse slėptuvėse ir išveria atšiauresnes oro sąlygas, kiti renkasi mažiau apsaugotas slėptuves, todėl slėptuvės turėtų būti šilto klimato zonoje. Migruodami į žiemos slėptuves jie nuskrenda trumpas arba labai ilgas distancijas.

Pagal migravimo elgesį šikšnosparniai skirstomi į tris grupes. Pirmą grupę sudaro sėslios šikšnosparnių rūšys, kurios žiemoja ir sudaro jaunikių veisimo kolonijas viename regione, tad į žiemavietę skrenda iki 50 km atstumu. Šiai grupei priklauso rudasis ausylis, Natererio pelėausis.

Antrą grupę sudaro šikšnosparniai, reguliariai atliekantys trumpo arba vidutinio nuotolio sezoninius perskridimus, migracijos atstumas dažniausiai neviršija 500 km. Šiai grupei priklauso vandeninis ir kūdrinis pelėausiai bei europinis plačiaausis.

Trečiai grupei priklauso šikšnosparniai, atliekantys reguliarius ilgo nuotolio sezoninius perskridimus. Šios rūšys iš vasaros į žiemos slėptuves skrenda daugiau kaip 1000 km. Šiai šikšnosparnių grupei priklauso mažasis ir rudasis nakvišos, Natuzijaus šikšniukas, šikšniukas nykštukas ir dvispalvis plikšnys (<http://www.siksnosparniai.lt/apie-siksnosparnius/siksnosparniu-biologija/ziemojimas-ir-migracija/>).

2.3.4. Žiemojimas

Šaltuoju metų laiku, kai trūksta maisto, šikšnosparniai praleidžia įmygyje – kad palaikant aukštą kūno temperatūrą nebūtų eikvojama energija, šie žinduoliai kūno temperatūrą sumažina apie 30° C ir ji priartėja prie aplinkos, kurioje žiemoja, temperatūros. Tuo pačiu visi žvėrelių gyvybiniai procesai sulėtėja: suretėja kvėpavimas, širdies ritmas. Nors gyvybiniai procesai sulėtėja, termoreguliacijos mechanizmai nenustoja veikti, tad atsidūrę pavojuje arba stipriai pasikeitus aplinkos temperatūrai, naudodami savo kūno riebalų sandėlius šikšnosparniai gali pakelti kūno temperatūrą iki normalios ir atsibusti.

Vienos šikšnosparnių rūšys renkasi šaltas žiemavietes, kitos mėgsta šiltesnes – europinis plačiaausis ir šiaurinis šikšnys žiemoja šaltesnėse vietose, vandeninis pelėausis renkasi šiltesnes. Temperatūra žiemavietėse paprastai būna apie 4° C, tačiau gali būti ir žemesnė, bet negali siekti mažiau kaip 0° C. Lietuvoje labai mažai fortų, bunkerių ir tunelių, kuriuose šikšnosparniai paprastai

randa prieglobstį žiemą. Todėl mūsų šalyje gyvenantys žinduoliai dažnai žiemoja žmogaus pastatytuose pastatuose, ypač mėgsta rūsius. Tai bene vienintelė vieta, kuriuose šikšnosparniai gali išverti šaltąjį metų laiką. Tik rudasis nakviša gali žiemoti senų medžių uoksuose.

2.3.5. Šikšnosparnių balsai ir jų rūšių skirtumai

Šikšnosparniai apskaičiuoja objektų buvimo vietą pagal akustinę informaciją, kurią perduoda jų sonarinių balsų aidai. Šikšnosparniai apskaičiuoja horizontalią ir vertikalią taikinių padėtį pagal abiem ausimis girdimų aidų grįžimo laiko, intensyvumo ir spektro skirtumus remdamiesi tais pačiais akustiniais signalais, kaip ir bet kuri "standartinė žinduolių klausos sistema" (Commun, 2019). Šikšnosparniai taikinio nuotolį įvertina pagal laiko tarpą tarp išeinančio vokalo ir grįžtančio aido (Acoust, 2010). Be to, šikšnosparnių sonarinė sistema naudojama detalioms taikinio savybėms įvertinti: objekto dydį šikšnosparnis suvokia iš aido intensyvumo, taikinio greitį - iš aido, Doplerio poslinkio (Anat, 2020) o objekto formą - iš aido spektro. Norint aptikti mažą grobį, biosonaro signalai turi būti aukšto dažnio, kad užtikrintų efektyvų akustinį atspindį, ir didelio dažnių juostos pločio, kad būtų užtikrintas didelis lokalizacijos tikslumas ir erdvinė skiriamoji geba. Be to, daugelis šikšnosparnių rūšių skleidžia socialinio bendravimo balsus.

Taigi, tiriant šikšnosparnius dažnai naudojami ultragarso detektoriai yra gana populiarūs tyrimų priemonė, nes ji padeda ne tik nustatyti žvėrelių rūšį, bet ir kiekį, bei jų netrikdo. Kiekviena rūšis, pagal savo skleidžiamus ultragarsinius balsus yra unikali.

E. nilsonii stipriausių ultragarsinių signalų dažnis 30 kHz. Garso pobūdis – čepsėjimas (Pauža et al, 2004).

E. serotinus garso pobūdis – čepsėjimas ar pokšėjimas. Stipriausių ultragarsinių signalų dažnis apie 28kHz (Pauža et al, 2004). Skleidžiamas ultragarsas – 32,3 (25,6 – 42,4) kHz (Baranauskas, 2008).

V. murinus stipriausių ultragarsinių signalų dažnis 28 kHz, bet rudenį galima girdėti specifinius 14 – 15 kHz signalus. Garso pobūdis – čepsėjimas (Pauža et al, 2004).

Myotis spp. garso pobūdis – traškesys (Pauža et al, 2004).

M. brandtii stipriausių ultragarsinių signalų dažnis 45 kHz ir pagal ritmiką beveik nesiskiria nuo *M. daubentonii* (Pauža et al., 2004). Skleidžiamas ultragarsas – 50 (42 – 69) kHz (Baranauskas, 2008).

M. daubentonii stipriausių ultragarsinių signalų dažnis 45 kHz (Pauža et al., 2004). Skleidžiamas ultragarsas – 47,8 (39,5 – 56,7) kHz (Baranauskas, 2008).

M. mystacinus stipriausių ultragarsinių signalų dažnis 45 kHz ir pagal ritmiką labia panašūs į *Myotis daubentonii* (Pauža et al, 2004). Skleidžiamas ultragarsas 50,0 (41,7 – 69,4) kHz (Baranauskas, 2008).

M. nattereri stipriausių ultragarsinių signalų dažnis 45 – 50kHz (Pauža et al., 2004).

M. myotis stipriausių ultragarsinių signalų dažnis 37 kHz. Garso pobūdis – traškesys (Pauža et al, 2004).

Nyctalus spp. garso pobūdis – pokšėjimas (Pauža et al, 2004).

N. leisleri stipriausių ultragarsinių signalų dažnis 28 – 30 kHz, bet skleidžiamų impulsų ritmas dažnesnis nei *N. noctula* (Pauža et al, 2004).

N. noctula stipriausių ultragarsinių signalų dažnis 27 – 28 kHz (Pauža et al, 2004). Skleidžiamas ultragarsas – 20 (16,8 – 26) kHz (Baranauskas, 2008). Atviruose laukuose, kelioninių skrydžių metu *N. noctula* skleidžia švarius 22,5 – 25,0 kHz dažnio garsus, o trumpi, moduluoto dažnio signalų pliūpsniai (1 – 2 ms trukmės) yra skleidžiami besivaikant grobį.

Pipistrellus spp. garso pobūdis – čepsėjimas (Pauža et al, 2004).

P. nathusii stipriausių ultragarsinių signalų dažnis 35 – 44 kHz (Pauža et al, 2004). Skleidžiamas ultragarsas – 40,7 (36,0 – 44,1) kHz (Baranauskas, 2008).

P. pygmaeus ultragarsinių signalų dažnis svyruoja tarp 52 – 60 kHz (Pauža et al, 2004). Skleidžiamas ultragarsas – 55,5 (48,8 – 61,6) kHz (Baranauskas, 2008).

P. auritus signalų stiprumas labai mažas, todėl jį lengviau pamatyti nei išgirsti. Garso pobūdis – traškesys. Stipriausių ultragarsinių signalų dažnis 20 arba 50 kHz (Pauža et al, 2004). Skleidžiamas ultragarsas – 39,8 (31,7 – 45) kHz (Baranauskas, 2008).

P. austriacus stipriausių ultragarsinių signalų dažnis nesiskiria nuo *P. auritus* ir gali būti tiek 15 – 20 kHz, tiek 50 kHz. Garso pobūdis – traškesys (Pauža et al, 2004).

3. TYRIMŲ MEDŽIAGA IR METODIKA

3.1. Anykščių rajono gamtinė (fizinė) kraštovaizdžio struktūra

Vadovaujantis naujausiais Lietuvos kraštovaizdžį tiriančiais mokslo darbais, Lietuvos Respublikos kraštovaizdžio erdvinės struktūros įvairovės ir jos tipų identifikavimo studija (toliau – Lietuvos kraštovaizdžio studija) (Kavaliauskas, 2011), Anykščių rajono teritorija yra išsidėsčiusi Vidurio Pabaltijo žemumų ir Baltijos aukštumų ruožuose. Žemumų ruožas – 80–90 m. absoliutiniame aukštyje plytinti molinga banguota, retai upelių slėniais išvagota Nevėžio lyguma (Kavoliūtė, 2012). Šiame kraštovaizdyje vyrauja glėjiški išplautžemiai, kur nudrenuojama – paprastieji karbonatingieji išplautžemiai, kai kur įmirkę – šlynžemiai ir durpžemiai.

Aukštaičių aukštumų ruožas – labai įvairus. Išskiriami į 100–200 metrų aukštį kylantys kalvotų moreninių ežeringų aukštumų, slėnių, senovinių aliuvinių (deltinių) lygumų ir prieledyninių upinių lygumų, ežerų duburių vietovaizdžiai (Kavoliūtė, 2012). Rajono teritorijos gelmėms būdingas nestoras ledyninių nuogulų sluoksnis, po kuriuo ant senojo 400 mln metų amžiaus devono pamato slūgso neogeno kvarcinio smėlio klodai. Jo plotai tęsiasi iš šiaurės į pietus rytine ir centrine Anykščių regioninio parko dalimi. Šiaurinėje ir šiaurės rytinėje rajono dalyje plytinčios nederlingos senovinės aliuvinės ir smėlingos fliuvioglacialinės (prieledyninių vandens srautų suformuotos) lygumos išlaikė natūralų pobūdį, organiškai susiklosčiusią žemėveikšlių struktūrą, daugiau nei pusė jų vandentėkmių liko natūralios (Morkūnaitė, 1997).

Migraciniai koridoriai – slėniai, raguvynai bei dubakloniai ir kitos teritorijos, kuriais vyksta intensyvi medžiagų, energijos ir gamtinės informacijos srautų apykaita ir augalų bei gyvūnų rūšių migracija. Anykščių rajone migraciniams koridoriams priskirtos teritorijos užima 8% rajono, arba 12,9% visų gamtinio karkaso teritorijų.

Augalija - Anykščių rajono miškingumas (2014 m.) (31,19%) yra artimas Lietuvos teritorijos miškingumo vidurkiui (32,6). Vyrauja mišrieji pušų – beržų miškai. Valstybiniuose miškuose pagal medienos išteklius vyrauja spygliuočiai (72,35 % valstybinės reikšmės miškų ploto, ir 65,51 % medynų tūrio), daugiausiai pušys (43,11 % visų valstybinių miškų). Tarp lapuočių labiausiai yra paplitę beržai (15,37 %), drebulės (4,09 %); ąžuolai (1,2 %) ir uosiai (1,65 %). Beveik pusė visų miškų (47,7 %) – privatūs (Anykščių rajono savivaldybės teritorijos bendrojo plano keitimas, 2016).

Paviršiniai vandens telkiniai - vidutinis Anykščių rajono teritorijos upių tinklo tankumas yra apie $0,9 \text{ km/km}^2$ (Lietuvoje – $1,18 \text{ km/km}^2$), Šventosios baseino dalyje (išskyrus Virintos upės baseiną, kur upių tinklo tankumas yra mažiausias – $0,5 - 0,75 \text{ km/km}^2$) – $0,75 - 1,00 \text{ km/km}^2$. Santykinai lygesniu paviršiumi išsiskiriančiame Nevėžio baseine – nuo $1,00$ iki $1,25 \text{ km/km}^2$, Lėvens baseine yra didesnis nei $1,25 \text{ km/km}^2$. Svarbiausia Anykščių rajono teritorijos upė – Šventoji, šiaurės rytų – pietų kryptimi dalina rajono teritoriją pusiau ir su savo intakais (Virinta (vidurupis ir žemupys),

Anykšta, Elme, Susiena, Latava, Variumi, Jara – Šetekšna (žemupys) ir kitais) drenuoja tris ketvirtadalius rajono teritorijos (70%). Likusios rajono teritorijos dalys patenka į Nevėžio (Nevėžis, Juosta) ir Lėvens (Viešinta) nuotėkio sritis (Anykščių rajono savivaldybės teritorijos bendrojo plano keitimas, 2016).

Anykščių rajonas papuola į ežeringiausių Lietuvos rajonų tarpą, bendras rajono vandenuotumo rodiklis siekia 3,01% (įskaitant ir tekančio vandens paviršius), tačiau jis daug mažesnis, nei kaimyninių ežeringose aukštumose esančių rajonų. Ežerai susikoncentravę daugiausiai rytinėje Anykščių rajono dalyje.

3.2. Tyrimų teritorija

Tai - Anykščių rajono Kavarsko seniūnijoje esantis Kunigiškių vėjo jėgainių parkas. Didžioji dalis tyrimų teritorijos patenka į žemės ūkio naudmenų teritorijų zoną (apibendrinta funkcinė zona, kurioje dominuoja žemės ūkio veiklai skirtos teritorijos) ir nedidele dalimi patenka į miškų ir miškingų teritorijų zoną. Analizuojama vietovė mažai urbanizuota, vyrauja žemės ūkio ir miškingos teritorijos. Remiantis žemių gelmių registro duomenimis tiriamoje teritorijoje nėra naudingų iškasenų telkinių (Vėjo elektrinių įrengimo anykščių r. Sav. Kavarsko sen. Atrankos dėl poveikio aplinkai vertinimo dokumentai. Klaipėda, 2018).

Ūkinės veiklos teritorijoje ir gretimuose žemės sklypuose vyrauja sukultūrintas agrarinis ir agrarinis miškingas kraštovaizdis. Vyraujantis kraštovaizdžio naudojimo pobūdis tausojantis - intensyvus ir intensyvus. Nustatytas kraštovaizdžio gamtinis pobūdis (pagal gamtinio komplekso tipą): molinga banguota pakiluma (plynaukštė).

Remiantis Anykščių rajono teritorijos bendrojo plano keitimo konkretizuotais sprendimais teritorija nepatenka į gamtinio karkaso zoną, nenaudojama rekreaciniais tikslais. Pagal Lietuvos Respublikos kraštovaizdžio erdvinės struktūros įvairovės ir jos tipų identifikavimo studiją (LR kraštovaizdžio erdvinės struktūros įvairovės ir jos tipų identifikavimo studija. I ir II dalys, www.am.lt.) analizuojama vietovė patenka į V1H2 - d indeksais pažymėtą kraštovaizdžio vizualinės struktūros tipą. Šio vizualinio struktūros tipo kraštovaizdžiuose vyrauja silpna vertikali saskaida (banguotasis bei lėkštašlaičių slėnių kraštovaizdis su dviejų lygmenų videotopų kompleksais) su vyraujančiais, pusiau atvirais, didžiąja dalimi apžvelgiamais erdvių kraštovaizdžiu. Kraštovaizdžio erdvinė struktūra be raiškų vertikalių ir horizontalių dominančių. Teritorija, kurioje atliekamas tyrimas su saugomomis ir NATURA 2000 teritorijomis nesiriboja (LR kraštovaizdžio erdvinės struktūros įvairovės ir jos tipų identifikavimo studija. I ir II dalys, www.am.lt.).

Artimiausios saugomos ir NATURA 2000 teritorijos (pagal LR saugomų teritorijų valstybės kadastro duomenis) randasi 10 -12 km spinduliu ir yra:

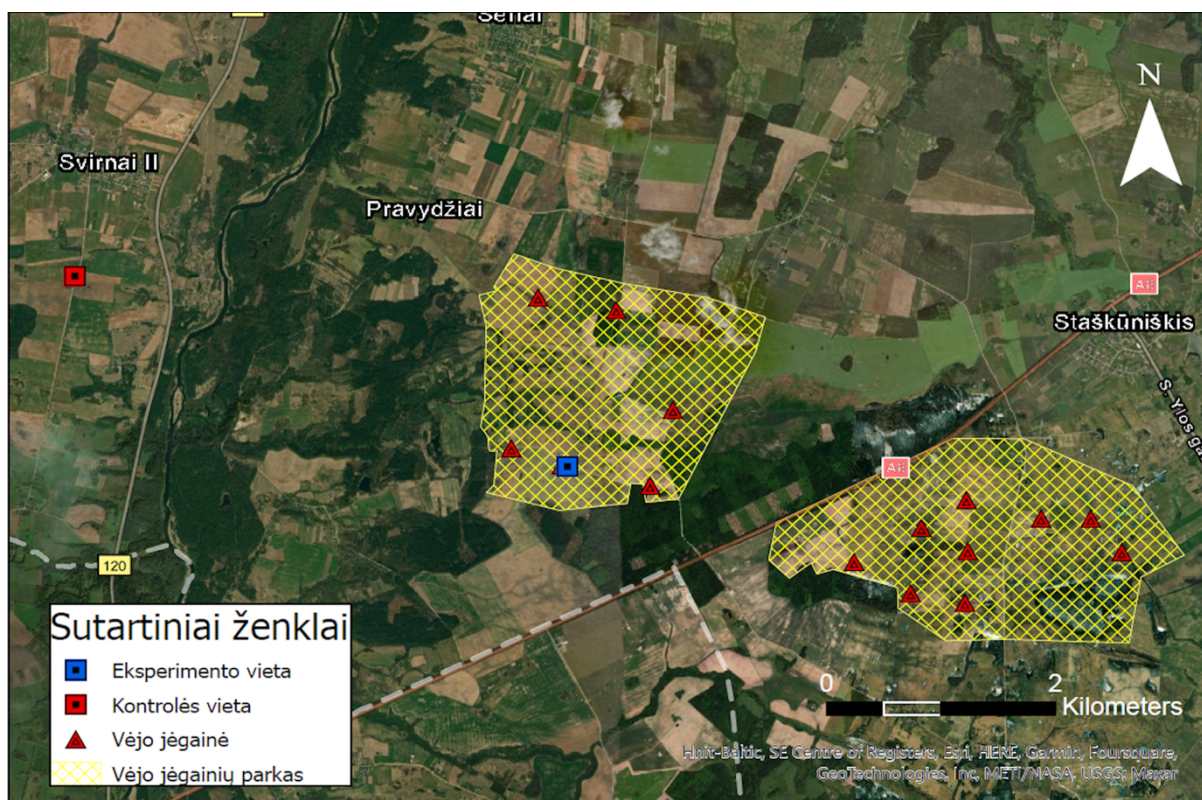
- Šventosios upės ichtiologinis draustinis;
- NATURA 2000 buveinių apsaugai svarbi teritorija Šventosios upė žemiau Andrioniškio;

- Anykščių regioninis parkas;
- Judinio geomorfologinis draustinis.

Analizuojamai vietai artimiausi paviršinio vandens telkiniai yra Šventosios, Dagios, upės. Atstumai iki artimiausios gyvenamos aplinkos yra šie: Kavarsako miestas - 6,7 km., Kurklių miestelis – 7.8 km., Žemaitkiemio miestelis - 6,6 kilometro.

Kontroline tyrimo vykdymo vieta parinkta Jasonių kaimo teritorija, kuri randasi apie 10 km į pietus nuo Kavarsko, netoli Sykės upelio. Pasirinkta tyrimui vieta pusiau atviras laukas, kurį iš vakarų pusės juosia Eglynų miškas. Atstumas nuo tyrimo vietos iki miško 587 metrai. Atstumas iki Sykės upelio (upelio ilgis 4,7 km) 1,5 kilometro, artimiausia sodyba randasi už 309 metrų šiaurės kryptimi, artimiausi kaimai Riklikai ir Domeikiai. Tyrimo vietą 400 metrų spinduliu juosia atviras laukas. Atstumas iki mano tiriamo vėjo jėgainių parko 4,1 kilometro.

Pagal vyraujančią žemėnaudos formą ir gretimus biotopus teritorija nėra išskirtinė šikšnosparnių atžvilgiu ir nesiskiria nuo kitų žemės ūkio paskirties teritorijų.



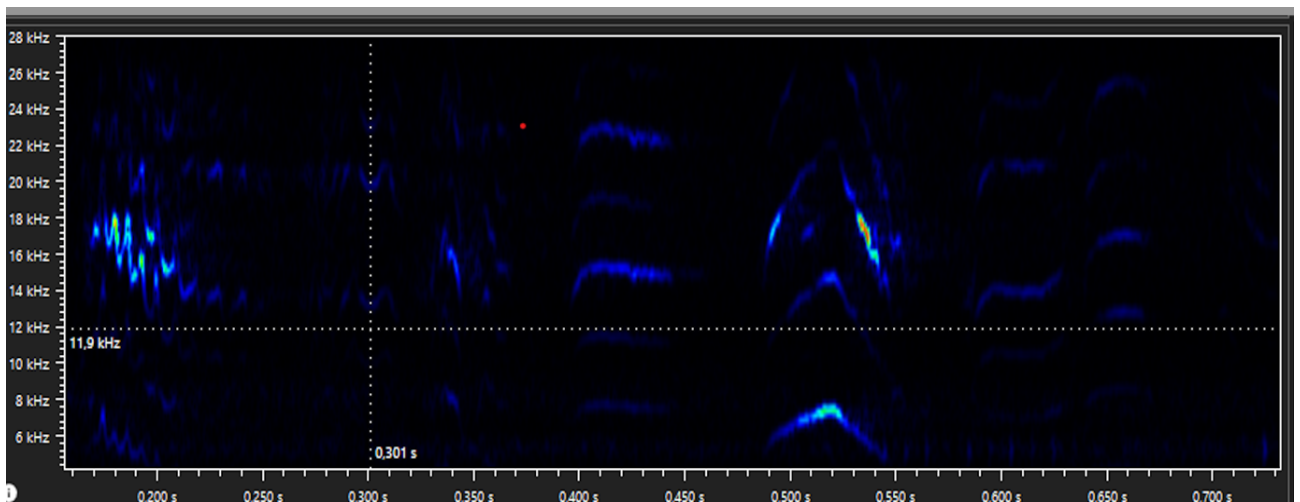
1 pav. Vėjo jėgainių parkų teritorijos su nurodytomis mano vykdomo tyrimo eksperimento ir kontrolės vietomis

3.3. Tyrimo medžiaga

Duomenų rinkimui buvo naudotas Apple įrenginys iPad4 mini ir šikšnosparnių balsų detektorius iš Wildlife Acoustics - Echo Meter Touch 2 Pro. Šikšnosparnių balsų įrašymui ir saugojimui buvo naudota programinė įranga Echo Meter (2.2.9). Šikšnosparnių garso dažnio spektrogramos buvo analizuojamos šikšnosparnių signalų analizės programomis – Kaleidoscope Pro (5.4.8), (<https://www.wildlifeacoustics.com/products/kaleidoscope-pro>) Wildlife acoustics ir

BatExplorer 2.1 (<https://www.batlogger.com/en/products/batexplorer>). Programos ne tik leidžia klausytis garso įrašų, bet juos matyti bei analizuoti jose pateikiamą papildomą informaciją vizualiai. BatExplorer 2.1 tai pat pasižymi ne tik įrašų klausymu, peržiūra, klasifikavimu, bet ir puikia analize. Programinė įranga automatiškai aptinka šikšnosparnių skambučius ir aiškiai juos parodo. Vertinimą palengvina pritaikomos sonogramos ir bangos formos vizualizacijos su priartinimo ir matavimo priemonėmis. Kompiuteriu atliekamas rūšių identifikavimas naudojant integruotą šikšnosparnių rūšių biblioteką. Visos šios techninės programos charakteristikos mažina galimybę sonogramų analizėje priimti klaidingą sprendimą, pateikdama tikėtinas nagrinėjamai sonogramai šikšnosparnių rūšis, išreiškiant procentine tikimybine išraiška. Atlikus analizę, duomenis galima lengvai toliau apdoroti. Rezultatus galite eksportuoti, pavyzdžiui į GIS arba kurti savo statistiką naudodami skaičiuoklės įrankį.

Kiekvienos rūšies atstovai turi savo specifinį ultragarsinį signalą. Naudojant šią programą buvo vizualiai įvertintas kiekvienas įrašas siekiant identifikuoti šikšnosparnio rūšį. Pasitaiko įrašų, kuriuose yra užfiksuojamos kelios rūšys, taip pat dėl įvairių gamtoje kylančių garsų (triukšmų), kuriuos sukelia vėjas, gyvūnai ar kiti aplinkos veiksniai, yra padaroma nemažai tuščių ar neidentifikuotų įrašų. Tačiau juose taip pat galima aptikti ir nustatyti šikšnosparnių rūšis, kurių prietaisas dėl aplinkos poveikio nesugeba identifikuoti. Retais atvejais pasitaiko šikšnosparnio signalo sonogramų įrašų, kuriuos programa identifikavo netiksliai ar klaidingai.



2 pav. Šikšnosparnio rudasis nakviša (*Nyctalus noctula*) šauksmo sonograma BatExplorer 2.1

3.4. Tyrimo metodai

Tyrimai atlikti 2022 metais naktimis. Birželio mėnesį iš 25 dienos į 26 dieną ir iš 26 dienos į 27 dieną, rugpjūčio mėnesį iš 14 dienos į 15 dieną ir iš 15 dienos į 16 dieną, rugsėjo mėnesį iš 8 dienos į 9 dieną ir iš 9 dienos į 10 dieną, bei spalio mėnesį iš 8 dienos į 9 dieną ir iš 9 dienos į 10 dieną. Tyrimas užtruko 4380 minutes (73 valandas). Iš viso buvo užfiksuoti 2312 įrašai (iš kurių 771 įrašai buvo su šikšnosparnių sonogramomis, o 1541 įrašai buvo triukšmo failai) (6 lentelė). Daugiausiai sonogramų įrašyta birželio mėnesį (58,1 % visų sonogramų), mažiausiai rugsėjo mėnesį

(6,6 % visų sonogramų), o sonogramų su šikšnosparnių balsais daugiausiai registruota buvo birželio ir rugpjūčio mėnesiais (atitinkamai 37,5 % ir 47,1 %).

6 lentelė. Padarytų bei identifikuotų sonogramų skaičius per tyrimų laikotarpį

Mėnuo	Įrašų skaičius	%	Identifikacijų sk.	%	Triukšmo įrašų sk.	%
Birželis	1344	58,1	504	37,5	840	62,5
Rugpjūtis	442	19,1	208	47,1	234	52,9
Rugsėjis	152	6,6	26	17,1	126	82,9
Spalis	374	16,2	33	8,8	341	91,2
Viso:	2312		771		1541	

Analizuojant septintoje lentelėje pateiktus duomenis galima teigti, kad šalia vėjo jėgainių esančiame tiriamajame taške, sonogramų įrašų skaičius didesnėje dalyje mėnesių buvo didesnis nei kontroliniame biotope, išskyrus rugpjūčio mėnesį, kai kontroliniame biotope sonogramų įrašų skaičius buvo didesnis nei tiriamajame taške prie vėjo jėgainių.

Atliktame tyrime vertinant bendrą gautų sonogramų skaičių šalia vėjo jėgainių, galime konstatuoti, jog daugiausia sonogramų buvo užfiksuota birželio mėnesį, o mažiausia rugsėjo mėnesį. Vertinant teritoriją kontroliniame biotope, didžiausias bendras skaičius gautų sonogramų tenka birželio mėnesiui, o mažiausias skaičius vėlgį rugsėjo mėnesiui.

7 lentelė. Sonogramų skaičius tirtuose biotopuose per tyrimų laikotarpį

Sonogramų skaičius (identifikuota/triukšmas)		
Mėnesis	Šalia vėjo jėgainių (identifikuoti/triukšmas)	Kontroliniame biotope (identifikuoti/triukšmas)
Birželis	939 (450/489)	404 (54/350)
Rugpjūtis	167 (84/83)	275 (124/151)
Rugsėjis	84 (14/70)	68 (12/56)
Spalis	301 (21/280)	73 (12/61)

Nustatant rūšis buvo naudotasi vizualine medžiaga iš „[Avisoft Bioacoustics](http://www.batcalls.com/) Hardware and Software for Investigating Animal Acoustics Communication“ sonogramų bibliotekos (<http://www.batcalls.com/>), bei Ch. Dietzo ir A. Andreaso išleistu vadovu „Bats of Britain and Europe“ (Dietz, Kiefer, 2014). Šiame glaustame ir išsamiam vadove pristatomos visos šikšnosparnių rūšys, kurios reguliariai sutinkamos Europoje. Išsamiam įvade išsamiai aprašoma šikšnosparnių biologija ir naujausi šikšnosparnių evoliucijos, elgsenos ir echolokacijos atradimai. Taip pat iš identifikuotų failų buvo atrenkamos ir kaupiamos sonogramų nuotraukos su specifiniais, kiekvienai nustatytai šikšnosparnių rūšiai būdingais atpažinimo bruožais. Sonogramų informacija buvo įrašyta ir yra saugoma Microsoft Excel failuose.

4. REZULTATAI

4.1. Šikšnosparnių įvairovė ir aktyvumas Kunigiškių vėjo jėgainių parke ir kontroliniame biotope

Tyrimų metu šalia vėjo jėgainių buvo užfiksuoti šikšnosparniai priklausantys aštuonioms rūšims (vandeninis pelėausis, mažasis nakviša, rudasis nakviša, šikšniukas nykštukas, Natuzijaus šikšniukas, šikšniukas mažylis, vėlyvasis šikšnys, šiaurinis šikšnys). Rūšinės įvairovės pokytis buvo stebimas kiekvienos tyrimo valandos po saulėlydžio (8 lentelė) metu. Tyrimas buvo pradedamas pusė valandos ankščiau nei saulė nusileisdavo ir baigiamas pusė valandos vėliau nei saulė patekėdavo, tam kad užregistruoti tas šikšnosparnių rūšis, kurios kartais išskrenda medžioti ankščiau prieš saulės laidą arba grįžta po medžioklės vėliau po saulės patekėjimo.

Pastebėta, jog rūšių skaičius pasiskirsto netolygiai tyrimo eigoje (Kruskal-Wallis: $H = 16,92$, $p < 0,001$). Mano atliekamo tyrimo nagrinėjamais mėnesiais gauti duomenys, leidžia daryti išvadą, jog didesnė šikšnosparnių rūšių įvairovė biotope šalia vėjo jėgainių buvo stebėta vidurnakčio valandomis, nors pirmosios trys valandos po saulėlydžio taip pat buvo gausios šikšnosparnių rūšių, o birželio mėnesį net ir pirmavo savo gausumu. Trys valandos iki saulėtekio savo rūšine įvairove išsiskyrė tik rugpjūčio mėnesį. Pirmoji valanda ir pirmoji tyrimo valanda turi nelygius įvertinimus dėl saulėlydžio laiko, o rudens ir ypač pavasario mėnesiais pirmąją pusę valandos gana dažnai fiksuojama maža rūšinė įvairovė.

Lyginant atskirus mėnesius, fiksuotų rūšių gausumu išsiskyrė birželio ir dar ryškiau rugpjūčio mėnuo, kur visomis tyrimo valandomis, išskyrus pirmąją ir paskutiniąją valandą, buvo fiksuojamas gana nemažas ir tolygiai kintantis fiksuojamų šikšnosparnių rūšių skaičius.

8 lentelė. Šikšnosparnių rūšinės įvairovės (rūšių skaičius) pasiskirstymas skirtingomis tyrimų valandomis (nuo saulėlydžio iki saulėtekio) šalia vėjo jėgainių

Mėnuo	Tyrimo pradžios ir pabaigos laikas	Valanda po saulėlydžio														Rūšinė įvairovė
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Birželis	21:30 - 05:13	3	1	5	3	3	2	1	1	-	-	-	-	-	-	6
Rugpjūtis	20:27 - 06:22	0	4	5	3	5	5	4	3	2	0	-	-	-	-	7
Rugsėjis	19:27 - 07:08	0	1	1	1	1	3	0	0	1	1	1	0	-	-	3
Spalis	18:11 - 08:03	0	0	2	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3

Lyginant užregistruotų šikšnosparnių rūšių skaičių šalia vėjo jėgainių ir kontroliniuose biotopuose statistiškai reikšmingų skirtumų kiekvieną mėnesį nebuvo užregistruota.

Kontroliniame biotope, kaip ir šalia vėjo jėgainių, šikšnosparnių rūšinė įvairovė kinta tyrimų laikotarpiu (Kruskal - Wallis: $H = 11,97, p < 0,001$). Gauti tyrimo duomenys rodo, jog didesnė šikšnosparnių rūšių įvairovė kontroliniame biotope, kaip ir biotope prie vėjo jėgainių, buvo stebėta taip pat vidurnakčio valandomis, nors vėlgi pirmosios trys valandos po saulėlydžio taip pat buvo gausios šikšnosparnių rūšių. Trys valandos iki saulėtekio savo rūšine įvairove išsiskyrė birželio bei rugpjūčio mėnesiai. Lyginant atskirus mėnesius, fiksuotų rūšių gausumu galima išskirti rugpjūčio ir rugsėjo mėnesius, kur visomis tyrimo valandomis, išskyrus pirmąją ir paskutiniąją valandą, buvo fiksuojamas atitinkamas šikšnosparnių rūšių skaičius.

9 lentelė. Šikšnosparnių rūšinės įvairovės (rūšių skaičius) pasiskirstymas skirtingomis tyrimų valandomis (nuo saulėlydžio iki saulėtekio) kontroliniame biotope

Mėnuo	Tyrimo pradžios ir pabaigos laikas	Valanda po saulėlydžio														Rūšinė įvairovė
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Birželis	21:30 - 05:13	0	2	1	2	2	3	1	1	-	-	-	-	-	-	3
Rugpjūtis	20:24 - 06:24	0	2	6	3	7	3	4	4	5	0	-	-	-	-	7
Rugsėjis	19:25 - 07:10	0	2	2	0	2	1	2	1	0	0	1	0	-	-	5
Spalis	18:09 - 08:05	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	2

Lyginant tiriamus biotopus tarpusavyje galima pastebėti, kad šikšnosparnių rūšių skaičius abiejose vietovėse tiriamais mėnesiais skiriasi, biotope prie vėjo jėgainių stebimas didesnis šikšnosparnių rūšių skaičius ir tik rugsėjo mėnesį kontroliniame biotope šikšnosparnių rūšių buvo fiksuota daugiau. Taip pat buvo nustatyta, jog rugpjūčio mėnuo buvo skaitlingiausias šikšnosparnių rūšimis, nes tiek viename, tiek kitame biotopuose jų buvo užfiksuota po septynias. Šešios iš jų sutapo ir tik rudasis nakviša bei šikšniukas mažylis buvo pasiskirstę skirtingai. Analizuojant valandos po saulėlydžio gautų duomenų pasiskirstymą, labai artimu šikšnosparnių rūšių skaičiaus pasiskirstymu vėlgi galima išskirti rugpjūčio mėnesį, kai buvo stebimas labai panašus rūšių skaičiaus pasiskirstymas valandomis abiejuose biotopuose.

Šikšnosparnių aktyvumas buvo stebimas kiekvienos tyrimo valandos po saulėlydžio (10 lentelė) metu. Dešimtoje lentelėje pateikti duomenys nusako fiksuotų ir identifikuotų įrašų skaičių (be triukšmo failų), tačiau nenurodo galimo individų skaičiaus. Įrašų skaičius rodo aktyvumą, atitinkantį sonogramų skaičių, neskiriant kiek rūšių ir kiek individų.

Šikšnosparnių aktyvumas skirtingais mėnesiais buvo registruojamas skirtingas (Kruskal - Wallis: $H = 19,37, p < 0,001$). Tyrimo eigoje, biotope prie vėjo jėgainių, fiksuotų ir identifikuotų sonogramų gausa gana aiškiai išsiskyrė birželio mėnuo, kuomet buvo užregistruotas didžiausias

šikšnosparnių aktyvumas. Pirmos trys valandos po saulėlydžio ir paskutinės trys valandos prieš saulėtekį buvo akivaizdžiai aktyviausios, o jau rugpjūčio ir rugsėjo mėnesiais nedidelio aktyvumo pranašumas buvo stebimas vidurnakčio valandomis, nors vėlgi jau spalio mėnesį nežymus aktyvumo pranašumas atiteko valandoms po saulėlydžio. Kaip jau buvo minėta, pirmoji valanda ir pirmoji tyrimo valanda turi nelygius įvertinimus daugelyje mėnesių dėl saulėlydžio laiko. Neretai, po saulėlydžio praėjus 15 – 30 minučių šikšnosparniai dar išlieka neaktyvūs arba jų aktyvumas būna gana mažas. Mano atlikto tyrimo metu gauti duomenys šį mokslininkų pastebimą dėsningumą patvirtino, vienintelė išimtis buvo stebima birželio mėnesį, kuomet pirmos valandos duomenys artėjo link galimo vidutinio aktyvumo.

Šikšnosparnių aktyvumas šalia vėjo jėgainių išsiskyrė birželio mėnesį, kai čia šikšnosparnių sonogramų užregistruota beveik 9 kartus daugiau nei kontroliniame biotope (t testas: $t = 2,04$, $p = 0,03$). Visais kitais mėnesiais šikšnosparnių aktyvumas šalia vėjo jėgainių buvo panašus kaip ir kontroliniame biotope (visais atvejais t testo $p > 0,05$).

10 lentelė. Sonogramų skaičiaus pasiskirstymas skirtingomis tyrimų valandomis (nuo saulėlydžio iki saulėtekio) šalia vėjo jėgainių

Mėnuo	Tyrimo pradžios ir pabaigos laikas	Valanda po saulėlydžio														Iš viso
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Birželis	21:30 - 05:13	36	76	117	5	3	3	18	192	-	-	-	-	-	-	450
Rugpjūtis	20:27 - 06:22	0	9	24	9	9	10	17	3	3	0	-	-	-	-	84
Rugsėjis	19:27 - 07:08	0	1	1	1	1	4	0	0	1	1	4	0	-	-	14
Spalis	18:11 - 08:03	0	0	12	3	0	1	3	2	0	0	0	0	0	0	21

Kontroliniame biotope (11 lentelė), identifikuotų sonogramų gausa išsiskyrė rugpjūčio mėnuo, kuomet buvo fiksuotas didžiausias šikšnosparnių aktyvumas (Kruskal-Wallis, $H = 16,02$, $p < 0,001$). Vertinant kitus tyrimo mėnesius aktyvesnis buvo tik birželio mėnuo, o rugsėjo ir spalio mėnesiai priešingai, išsiskyrė žemu šikšnosparnių aktyvumu, beje toks pat žemas jų aktyvumas šiais mėnesiais buvo fiksuotas ir biotope prie vėjo jėgainių (10 lentelė). Tokį žemą šikšnosparnių aktyvumą lėmė nepalankios oro sąlygos. Rugsėjo mėnesį atliekant tyrimą biotope prie vėjo jėgainių atmosferoje buvo stebima skirtingų oro masių sandūra, kurio metu pasireiškė oro temperatūros, slėgio ir vėjo greičio parametrų pokyčiai, taip pat lijo lietus. Sekančią dieną, tęsiant tyrimą jau kontroliniame biotope, naktį oro temperatūra buvo apie septynis laipsnius šilumos, pūtė rytų vėjas, o atmosferoje vyravo aukšto atmosferos slėgio sritis, anticiklonas. Panašios oro sąlygos vyravo atliekant ir spalio mėnesio tyrimą, kai nakties metu abiejuose tiriamuose biotopuose lijo.

Taigi, apibendrinant aplinkos faktorių svarbą, galima daryti išvadą, jog įvertinus šikšnosparnių maitinimosi aktyvumo priklausomybę nuo abiotinių aplinkos sąlygų, galima teigti, jog oro temperatūra, kaip ir atmosferos slėgis bei vėjo greitis veikia vabzdžių aktyvumą (Pellegrino et al, 2013), todėl nenuostabu, kad į šiuos parametrus reaguoja jais mintantys šikšnosparniai. Tiesinę šikšnosparnių aktyvumo priklausomybę nuo temperatūros mini ir kiti autoriai - Gaisler et al., (1998), kurie aplinkos temperatūrą įvardina kaip raktinį klimato faktorių, temperatiniėje zonoje (kuriai priklauso ir Lietuva), lemiantį tiek sezoninius, tiek skirtingų naktų aktyvumo pokyčius.

Vertinant šikšnosparnių aktyvumo pasiskirstymą valanda po saulėlydžio laikotarpyje, beveik visais mėnesiais, išskyrus rugsėjo mėnesį, aktyviausios buvo vidurnakčio ir paskutinės trys valandos prieš saulėtekį.

Apibendrinant abu biotopus galima teigti, jog šikšnosparnių aktyvumu abiejuose biotopuose išsiskyrė birželio ir rugpjūčio mėnesiai, o biotope prie vėjo jėgainių visais tyrimų mėnesiais, išskyrus rugpjūčio mėnesį, buvo fiksuotas didesnis šikšnosparnių aktyvumas nei kontroliniame biotope. Valandos po saulėlydžio laikotarpyje tirtuose biotopuose aktyvumas buvo gana netolygus.

11 lentelė. Sonogramų skaičiaus pasiskirstymas skirtingomis tyrimų valandomis (nuo saulėlydžio iki saulėtekio) kontroliniame biotope

Mėnuo	Tyrimo pradžios ir pabaigos laikas	Valanda po saulėlydžio														Iš viso
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Birželis	21:30 - 05:13	0	9	2	12	8	12	8	3	-	-	-	-	-	-	54
Rugpjūtis	20:24 - 06:24	0	5	25	9	13	7	19	14	32	0	-	-	-	-	124
Rugsėjis	19:25 - 07:10	0	2	2	0	2	1	2	1	0	0	2	0	-	-	12
Spalis	18:09 - 08:05	0	0	1	2	0	2	1	2	1	1	0	0	1	1	12

4.2. Šikšnosparnių rūšių dinamika laike ir erdvėje tiriamoje teritorijoje

Trečiame paveikslėlyje pavaizduotos skritulinės diagramos neatspindi šikšnosparnių bendrijos struktūros, jos atspindi aktyvumo išraišką pagal rūšį. Skritulinės diagramos vizualiai vaizduoja, kurios šikšnosparnių rūšies sonogramų buvo daugiausia ir kurios šikšnosparnių rūšies sonogramų buvo mažiausia.

Išanalizavus gautus tyrimo duomenis biotope prie vėjo jėgainių birželio mėnesį (3 a ir b pav.) savo aktyvumu išsiskyrė rudasis nakviša, jis čia buvo vyraujanti rūšis, tuo tarpu kontroliniame biotope taip pat vyravo rudasis nakviša ir mažiau mažasis nakviša, tačiau šių rūšių aktyvumas, lyginant abejus biotopus buvo skirtingas, tai yra skirtumai tarp aktyvumo buvo statistiškai reikšmingi (χ^2 testas: $x^2 = 73,94$, $df = 2$, $p < 0,001$). Šią statistinę išraišką, taip pat galima apibūdinti, kaip šikšnosparnių

aktyvumo struktūros skirtumus tarp abiejų buveinių, kuri parodo, kad rudasis nakviša biotope prie vėjo jėgainių lankėsi dažniau nei kontroliniame biotope.

Rugpjūčio mėnesį rūšinė įvairovė (3 c ir d pav.) buvo panaši abiejuose tirtuose biotopuose ir nors kai kurių rūšių aktyvumas buvo panašus, tačiau skirtumai buvo statistiškai reikšmingi (χ^2 testas: $x^2 = 32,47$, $df = 6$, $p < 0,001$). Biotope prie vėjo jėgainių vyravo Natuzijaus šikšniukas (30%), mažasis nakviša (26%), šiaurinis šikšnys (19%) ir vėlyvais šikšnys (17%), tuo tarpu kontroliniame biotope vėlyvasis šikšnys (33%), Natuzijaus šikšniukas (18%), rudasis nakviša (15%) ir mažasis nakviša (14%). Taigi, įvertinus abejus biotopus, didžiausia dalis bendrai tarp jų teko vėlyvajam šikšniui, nors nuo jo aktyvumu nedaug atsiliko ir Natuzijaus šikšniukas.

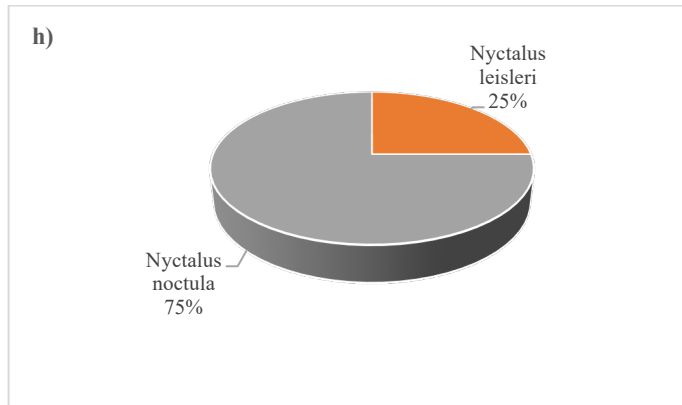
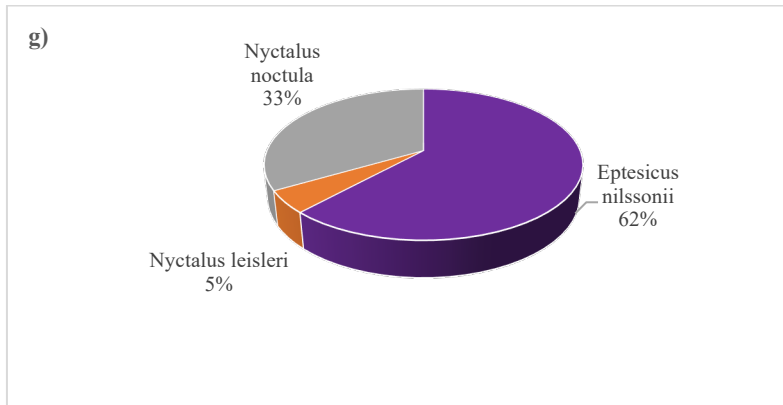
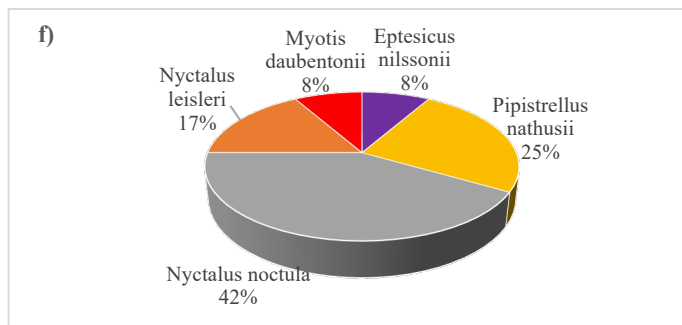
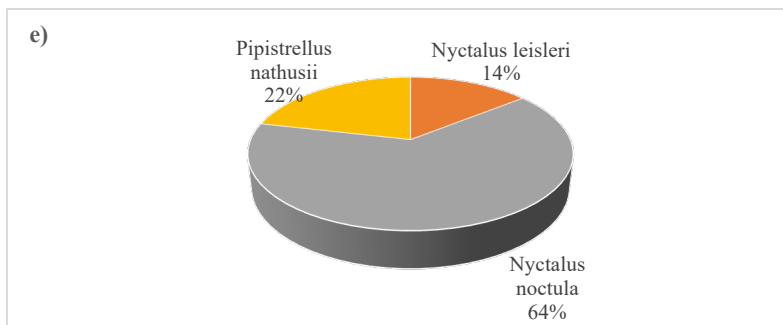
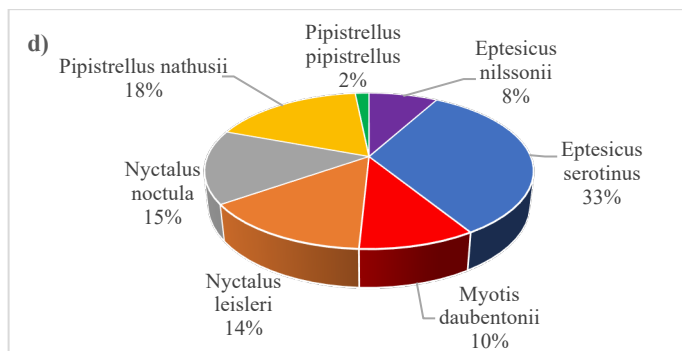
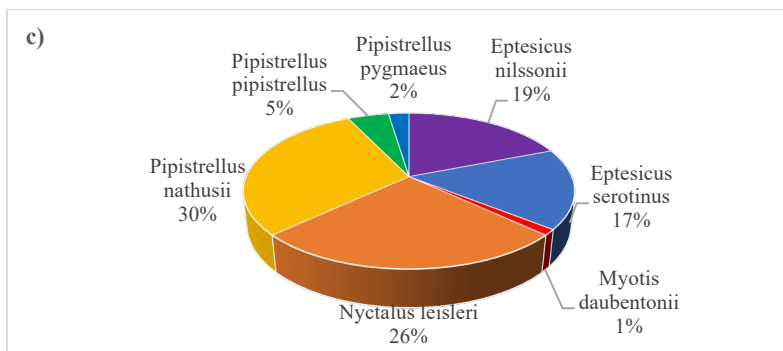
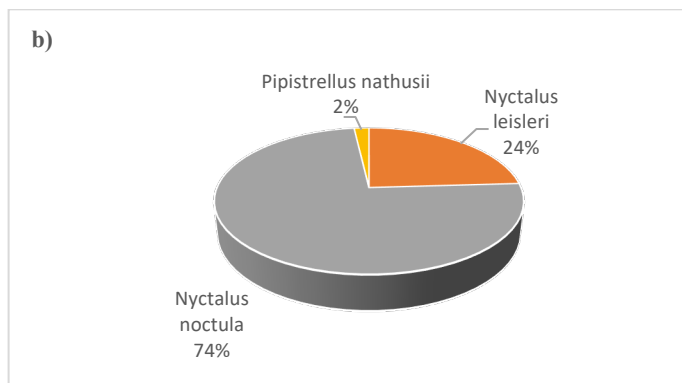
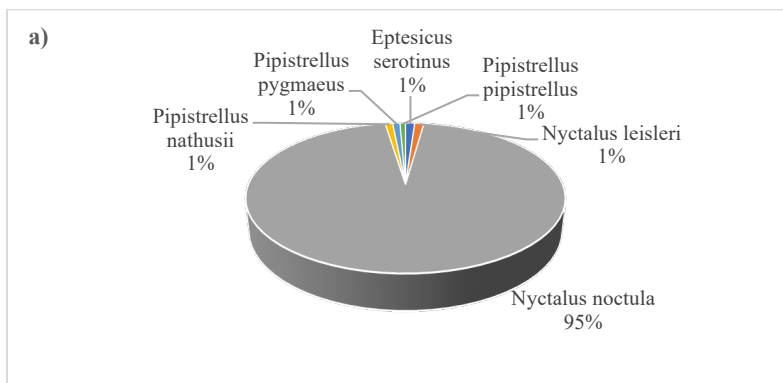
Rugsėjo mėnesį rūšinė įvairovė (3 e ir f pav.) tirtuose biotopuose skyrėsi, tačiau rūšių aktyvumo skirtumai buvo statistiškai nereikšmingi (χ^2 testas: $x^2 = 1,33$, $df = 1$, $p = 0,24877$). Biotope prie vėjo jėgainių, kaip ir kontroliniame biotope savo aktyvumu išsiskyrė rudasis nakviša (64 ir 42 %), Natuzijaus šikšniukas (22 ir 25 %), mažasis nakviša (14 ir 17 %), o kitos dvi rūšys savo aktyvumu bendram aktyvumui statistiškai jokios įtakos neturėjo. Tarp abiejų biotopų bendrai didžiausia aktyvumo dalis teko rudajam nakvišai.

Spalio mėnesį bendrai abiejuose biotopuose (3 g ir h pav.) buvo užregistruotos trys rūšys - rudasis nakviša, mažasis nakviša ir šiaurinis šikšnys ir nors rūšinės įvairovės skirtumai tarp biotopų nedideli, šikšnosparnių aktyvumo struktūros, skirtingų rūšių aktyvumo skirtumai tarp buveinių buvo statistiškai reikšmingi (χ^2 testas: $x^2 = 73,94$, $df = 2$, $p < 0,001$). Biotope prie vėjo jėgainių savo aktyvumu išsiskyrė šiaurinis šikšnys (62%) ir rudasis nakviša (33%), o kontroliniame biotope aktyviausias buvo rudasis nakviša (75%). Vertinant spalio mėnesį abejus biotopus bendrai, tai čia vyravo šiaurinis šikšnys ir nakvišos.

Apibendrinant gautus rezultatus galima teigti, jog biotope prie vėjo jėgainių birželio mėnesį rudasis nakviša buvo vyraujanti rūšis, ji čia visiškai dominavo (95%), nors rudasis nakviša nebuvo fiksuotas rugpjūčio mėnesį, tačiau rugsėjo (64%) ir spalio mėnesiais (33%) vėl buvo pakankamai aktyvus. Štai mažasis nakviša biotope prie vėjo jėgainių nepasižymėjo dideliu aktyvumu, tačiau pastoviai stebimas buvo visais tyrimo mėnesiais ir aktyviausias buvo rugpjūčio mėnesį, o tai galima būtų sieti su šios šikšnosparnių rūšies poravimosi ypatybėmis (poruojasi rugpjūčio, rugsėjo mėnesiais). Natuzijaus šikšniukas (šikšnosparnis pasižymintis nedideliu savo dydžiu) buvo fiksuotas birželio, rugpjūčio, rugsėjo mėnesiais. Didžiausias jo aktyvumas buvo fiksuotas rugpjūčio mėnesį (30%), bet spalio mėnesį jis jau nebebuvo užregistruotas (taip pat ir kontroliniame biotope) ir labiausiai tikėtina to priežastis yra rugsėjo mėnesį prasidėjusi jo migracija į žiemavietes. Šiaurinis šikšnys (vidutinio didumo šikšnosparnis) buvo fiksuotas rugpjūčio ir spalio mėnesiais (62%), o birželio ir rugsėjo mėnesiai nefiksuotas, tad galima teigti, jog *Eptesicus nilssonii* aktyvumas buvo nepastovus.

Apibendrinat kontrolinio biotopo duomenis galima teigti, kad šiame biotope savo aktyvumu išsiskyrė rudasis nakviša, mažasis nakviša ir Natuzijaus šikšniukas. Rudasis nakviša šiame biotope, kaip ir biotope prie vėjo jėgainių išliko aktyviausia rūšimi ir savo aktyvumu pirmavo birželio (74%), rugsėjo (42%), spalio (75%) mėnesiais ir tik rugpjūčio mėnesį aktyvumu nusileido vėlyvajam šikšniui (antras pagal dydį šalies šikšnosparnis), kuris beje kitais mėnesiais registruotas jau ir nebuvo. Verta pažymėti, jog esant reikalui vėlyvasis šikšnys atskristi medžioti gali ir iš šiek tiek toliau, o žiemoja jis lapkričio – balandžio mėnesiais (Baranauskas, 2008). Mažasis nakviša kontroliniame biotope buvo antras pagal aktyvumą šikšnosparnis po rudojo nakvišos ir jo aktyvumas buvo fiksuojamas kiekvieną tyrimų mėnesį. Natuzijaus šikšniukas aktyviausias buvo rugpjūčio ir rugsėjo mėnesiais, o spalio mėnesį jis jau buvo išskridęs į žiemavietę. Lietuvoje šis žvėrelis sutinkamas tik tai šiltuoju metų laiku (Baranauskas, 2008).

Reziumuojant abiejų tiriamų biotopų duomenis (3 pav.) galima teigti, jog penkių rūšių šikšnosparnių atstovai buvo užregistruoti dažniau nei likusių rūšių, kitos likusios fiksuotos rūšys buvo retos. Aktyvumu išsiskyrė rudasis nakviša (*Nyctalus noctula*), mažasis nakviša (*Nyctalus leisleri*), vėlyvasis šikšnys (*Eptesicus serotinus*), šiaurinis šikšnys (*Eptesicus nilsoni*), Natuzijaus šikšniukas (*Pipistrellus nathusii*). Šikšnosparnių skirtingų rūšių aktyvumo skirtumai tarp buveinių yra statistiškai reikšmingi.



3 pav. Šikšnosparnių aktyvumo dinamika šalia vėjo jėginių ir kontroliniame biotope 2022 metais. a) šikšnosparnių rūšių aktyvumas šalia vėjo jėginių birželio mėnesį, b) kontroliniame biotope birželio mėnesį, c) šalia vėjo jėginių rugpjūčio mėnesį, d) kontroliniame biotope rugpjūčio mėnesį, e) šalia vėjo jėginių rugsėjo mėnesį, f) kontroliniame biotope rugsėjo mėnesį, g) šalia vėjo jėginių spalio mėnesį, h) kontroliniame biotope spalio mėnesį.

4.3. Šikšnosparnių rūšių aktyvumo dinamika nakties bėgyje

Pirmąjį tyrimų mėnesį šikšnosparniai buvo aktyvūs. Atliekant tyrimą biotope prie vėjo jėgainių, birželio mėnesį buvo užfiksuota 450 įrašų su šikšnosparnių garsais (7 lentelė), iš jų buvo identifikuotos 6 rūšys (8 lentelė). Po saulėlydžio šalia vėjo jėgainių (12 lentelė) aktyviausias buvo rudasis nakviša, vidurnaktį aktyviausias buvo rudasis nakviša, prieš saulėtekį aktyviausias buvo taip pat rudasis nakviša. Taigi, šiame biotope birželio mėnesį aktyviausia rūšimi buvo rudasis nakviša, jis buvo daugiausia kartų ir dažniausiai fiksuotas šikšnosparnis.

Rugpjūčio mėnesį biotope prie vėjo jėgainių buvo fiksuotas vidutinis šikšnosparnių aktyvumas, užfiksuoti 84 geri įrašai ir identifikuotos septynios šikšnosparnių rūšys. Po saulėlydžio aktyviausiomis rūšimis buvo mažasis nakviša ir Natuzijaus šikšniukas (12 lentelė), vidurnaktį aktyviausi buvo mažasis nakviša, Natuzijaus šikšniukas, prieš saulėtekį didžiausiu aktyvumu pasižymėjo šiaurinis šikšnys, Natuzijaus šikšniukas. Taigi, rugpjūčio mėnesį daugiausiai kartų ir dažniausiai fiksuotas Natuzijaus šikšniukas ir mažasis nakviša.

Rugsėjo mėnesį prie vėjo jėgainių buvo užfiksuotas gana žemas šikšnosparnių aktyvumas, identifikuota tik 14 įrašų ir 3 šikšnosparnių rūšys. Po saulėlydžio aktyviausia rūšimi buvo rudasis nakviša, vidurnaktį aktyviausi buvo rudasis nakviša ir Natuzijaus šikšniukas, prieš saulėtekį didžiausiu aktyvumu pasižymėjo vėlgi rudasis nakviša. Taigi, biotope prie vėjo jėgainių rugsėjo mėnesį daugiausiai kartų fiksuotas rudasis nakviša.

Spalio mėnesį šikšnosparnių aktyvumas prie vėjo jėgainių buvo fiksuotas taip pat žemas, buvo identifikuota tik 21 sonograma ir užfiksuotos 3 šikšnosparnių rūšys. Po saulėlydžio daugiausiai kartų fiksuotas šiaurinis šikšnys, vidurnaktį daugiausiai kartų fiksuotas šiaurinis šikšnys ir rudasis nakviša, o prieš saulėtekį šikšnosparniai neskraidė. Taigi, biotope prie vėjo jėgainių spalio mėnesį daugiausiai kartų užfiksuotas buvo rudasis nakviša ir šiaurinis šikšnys.

Apibendrinant galima teigti, jog biotope prie vėjo jėgainių daugiausia kartų fiksuota rūšimi buvo rudasis nakviša, o aktyviausiai jis skraidė po saulėlydžio ir prieš saulėtekį.

12 lentelė. Šikšnosparnių aktyvumas skirtingu paros metu prie vėjo jėgainių atitinkamais mėnesiais

Mėnuo	Po saulėlydžio	%	Vidurnaktį	%	Prieš saulėtekį	%
Birželis	Rudasis nakviša	96,8	Rudasis nakviša	75,0	Rudasis nakviša	99,1
Rugpjūtis	Mažasis nakviša	31,5	Natuzijaus šikšniukas	32,2	Natuzijaus šikšniukas	33,3
	Natuzijaus šikšniukas	26,3	Mažasis nakviša	22,6	Šiaurinis šikšnys	26,6
Rugsėjis	Rudasis nakviša	100,0	Natuzijaus šikšniukas	50,0	Rudasis nakviša	83,3
			Rudasis nakviša	33,3		
Spalis	Šiaurinis šikšnys	71,4	Šiaurinis šikšnys	42,9	Nefiksuota	
			Rudasis nakviša	42,9		

Analizuojant šikšnosparnių rūšių aktyvumą kontroliniame biotope, galima teigti, jog birželio mėnesį buvo fiksuotas nedidelis jų aktyvumas, užregistruoti 54 geri įrašai su šikšnosparnių garsais ir identifikuotos 3 jų rūšys. Po saulėlydžio kontroliniame biotope birželio mėnesį (13 lentelė) aktyviausias buvo rudasis nakviša, vidurnaktį rudasis nakviša ir mažasis nakviša, prieš saulėtekį aktyviausias vėl buvo rudasis nakviša. Taigi, šiame biotope birželio mėnesį aktyviausia rūšimi buvo rudasis nakviša, jis buvo daugiausia kartų ir dažniausiai fiksuotas šikšnosparnis.

Rugpjūčio mėnesį kontroliniame biotope šikšnosparniai buvo gana aktyvūs, užfiksuoti 124 geri įrašai ir identifikuotos septynios šikšnosparnių rūšys. Po saulėlydžio aktyviausia rūšimi buvo vėlyvasis šikšnys (13 lentelė), vidurnaktį vėlyvasis šikšnys, Natuzijaus šikšniukas, o prieš saulėtekį didžiausiu aktyvumu pasižymėjo rudasis nakviša, mažasis nakviša. Taigi, rugpjūčio mėnesį daugiausiai kartų ir dažniausiai fiksuotas vėlyvasis šikšnys ir Natuzijaus šikšniukas.

Rugsėjo mėnesį kontroliniame biotope buvo užfiksuotas žemas šikšnosparnių aktyvumas, identifikuota 12 sonogramų įrašų ir 5 šikšnosparnių rūšys. Po saulėlydžio aktyviausios rūšys buvo rudasis nakviša, mažasis nakviša, vidurnaktį aktyviausi buvo rudasis nakviša ir Natuzijaus šikšniukas, prieš saulėtekį didžiausiu aktyvumu pasižymėjo vėlgi rudasis nakviša. Taigi, kontroliniame biotope rugsėjo mėnesį daugiausiai kartų fiksuotas rudasis nakviša.

Spalio mėnesį šikšnosparnių aktyvumas kontroliniame biotope buvo fiksuotas taip pat žemas, identifikuota 12 įrašų ir užfiksuotos 2 šikšnosparnių rūšys. Po saulėlydžio daugiausiai kartų fiksuotas mažasis nakviša, vidurnaktį daugiausiai kartų fiksuotas rudasis nakviša, o prieš saulėtekį taip pat rudasis nakviša. Taigi, kontroliniame biotope spalio mėnesį daugiausiai kartų užfiksuotas buvo rudasis nakviša.

Apibendrinant galima teigti, jog kontroliniame biotope daugiausia kartų fiksuota rūšimi buvo rudasis nakviša, o aktyviausiai jis skraidė vidurnakčio valandomis ir prieš saulėtekį.

Taigi, abiejuose biotopuose labiausiai vyraujančia rūšimi buvo rudasis nakviša.

13 lentelė. Šikšnosparnių aktyvumas skirtingu paros metu kontroliniame biotope atitinkamais mėnesiais

Mėnuo	Po saulėlydžio	%	Vidurnaktį	%	Prieš saulėtekį	%
Birželis	Rudasis nakviša	90,9	Rudasis nakviša	59,3	Rudasis nakviša	87,5
			Mažasis nakviša	37,0		
Rugpjūtis	Vėlyvasis šikšnys	55,6	Vėlyvasis šikšnys	34,2	Rudasis nakviša	32,0
			Natuzijaus šikšniukas	31,6	Mažasis nakviša	24,0
Rugsėjis	Mažasis nakviša	50,0	Rudasis nakviša	33,3	Rudasis nakviša	100,0
	Rudasis nakviša	25,0	Natuzijaus šikšniukas	33,3		
Spalis	Mažasis nakviša	100,0	Rudasis nakviša	87,5	Rudasis nakviša	100,0

5. REZULTATŲ APTARIMAS

Tyrimo metu buvo užregistruotos aštuonios šikšnosparnių rūšys nors Lietuvoje gyvena keturiolika rūšių. Tai: vandeninis pelėausis (*Myotis daubentoni*), rudasis nakviša (*Nyctalus noctula*), mažasis nakviša (*Nyctalus leisleri*), šikšniukas nykštukas (*Pipistrellus pipistrellus*), Natuzijaus šikšniukas (*Pipistrellus nathusi*), šikšniukas mažylis (*Pipistrellus pygmaeus*), šiaurinis šikšnys (*Eptesicus nilsonii*), vėlyvasis šikšnys (*Eptesicus serotinus*). Gauti rezultatai leidžia teigti, kad šikšnosparnių rūšys tarp tiriamų teritorijų buvo pasiskirstę ne tolygiai, taip pat aiškiai dominuojančia rūšimi abiejuose tiriamuose biotopuose buvo nustatytas rudasis nakviša, kitos rūšys buvo labai negausios. Vėjo jėgainės ir pasirinktas kontrolinis biotopas prezentuoja atviro tipo kraštovaizdžio biotopus, tad mano atlikto tyrimo metu užregistruotos šikšnosparnių rūšys, remiantis kitų mokslininkų tyrimais, pagal šikšnosparnių rūšių aprašymus yra priskiriamos atviros erdvės ir pakraščio erdvės maitinimosi buveinėms (Denzinger, Schnitzler, 2013).

Pakraščio erdvė: *Myotis daubentoni*, maitinimosi atstumas (nuo nakvynės vietos) 3 – 4 kilometrai (Siemers et al., 1999); *Pipistrellus pygmaeus*, maitinimosi atstumas 1 – 2 kilometrai (Davidson, Watts et al., 2006); *Pipistrellus nathusius*, maitinimosi atstumas 1 – 5 kilometrai (Flaquer et al., 2009, Schorcht et al., 2002); *Pipistrellus pipistrellus*, maitinimosi atstumas 1 – 3 kilometrai (Maxinová et al., 2016, Serangeli et al., 2012).

Atvira erdvė: *Eptesicus serotinus*, maitinimosi atstumas (nuo nakvynės vietos) 6 – 11 kilometrų (Catto et al., 1996, Robinson, Stebbings, 1997); *Eptesicus nilsonii*, maitinimosi atstumas 10 – 15 kilometrų (De Jong, 1994); *Nyctalus leisleri*, maitinimosi atstumas 20 kilometrų (Kronwitter, 1988); *Nyctalus noctula*, maitinimosi atstumas 25 kilometrai (Kronwitter, 1988).

Atviro tipo kraštovaizdžiuose besimaitinantys šikšnosparniai turi tolimus echolokacinius, dažnai žemo dažnio, siauros juostos, bet ilgus skambučius. Jie turi siaurus sparnus greitam skrydžiui, trumpas, stiprias ausis ir glaudžiai prigludusį kailį. Tipiškos rūšys yra *Nyctalus* genties šikšnosparniai (Dietz, Kiefer, 2016).

Pakraščio erdvėje besimaitinantys šikšnosparniai medžioja oro erdvėje ilgose kraštinėse struktūrose, pavyzdžiui, miškuose ir pievose, kad rastų savo grobį ir išvengtų susidūrimų (Dietz, Kiefer, 2016). Tarp jų yra *Pipistrellus*, *Miniopterus* rūšys. Rūšys, kurios prie augmenijos priartėja daug arčiau, pavyzdžiui, *Myotis* šikšnosparniai, naudoja plačiajuosčio dažnio moduluotus skambučius (Dietz, Kiefer, 2016). Nors pakraščio erdvėse (ekotone) medžiojančių šikšnosparnių mūsų tirtuose biotopuose buvo fiksuota labai nedaug, tačiau tai galima būtų paaiškinti tuo, jog nuo mūsų tyrimo vietų iki netoliese esančių nedidelių miškelių yra trys ir penki šimtai metrų atstumai, dėlto tokiu atveju susidaro galimybė, kad tos rūšys tiesiog skrido maitintis, perskridamos iš vieno biotopo į kitą.

Šikšnosparniai gali būti labai lankstūs naudodami buveines ir maitinimosi būdus (Fenton, 1990; Schnitzler, Kalko, 1998; Denzinger, 2004). Šikšnosparniai, kurie daugiausia maitinasi rinkdami maistą siauroje erdvėje, taip pat gali skraidyti pakraščio erdvėje ir ten maitintis iš oro, o pakraščio erdvėje iš oro besimaitinantys šikšnosparniai labai dažnai grobio ieško ir atviroje erdvėje. Pereidami iš vienos buveinės į kitą ir keisdami maitinimosi būdą šikšnosparniai taip pat keičia savo echolokacinę elgseną ir naudoja buveinei ir būdai būdingus signalų tipus ir garso modelius (Kalko, Schnitzler, 1993). Tačiau elgesio lankstumas turi ribas, kurias daugiausia lemia šikšnosparnių motorinės galimybės (Schnitzler, Kalko, 1998).

Apibendrinant galima daryti išvadą, kad dominuojančios šikšnosparnių rūšys abiejuose tirtuose biotopuose sutapo, jos taip pat yra priskiriamos atvirose erdvėse besimaitinančioms šikšnosparnių rūšims ir tai galima būtų traktuoti, jog vėjo jėgainės nėra toks objektas, kurio šios šikšnosparnių rūšys vengia ir kuris turi įtakos jų rūšinei įvairovei, tad vėjo jėgainių poveikis būtų kitas.

Vertinant šikšnosparnių aktyvumo dinamiką nakties bėgyje, kai kurie tyrėjai nustatė, kad kelių Šiaurės Amerikos vabzdžiaėdžių šikšnosparnių rūšių aktyvumas pasiekia piką po saulėlydžio ir dažnai vėl grįžta prieš saulėtekį (Kunz, 2004), o kiti tyrėjai nustatė, kad didžiausio aktyvumo laikotarpiai gali labai skirtis tarp rūšių ir vietovių (Adams, Thibault, 2006) arba net vienos rūšies, bet skirtingose vietovėse, tai yra pakrančių ir aukštumų vietose (Menzel et al., 2005). Turbill (2008) aktyviausiu šikšnosparnių paros metu vadina sutemas, dėl dviejų priežasčių – tuo metu oras dar tebėra išilęs ir šikšnosparniai medžiodami šiuo metu ne tik taupo šilumą, bet ir randa daugiausiai vabzdžių, kurių aktyvumas krinta pernelyg atvėsus orui. Lietuvos mokslininkų išleistoje literatūroje (Baranauskas, 2008) yra aptariamas Lietuvos šikšnosparnių aktyvumo vakarinis pikas, išaugantis po saulėlydžio praėjus tam tikram laikui (keliolika minučių – kelios valandos, priklausomai nuo rūšies).

Mano tyrimo metu buvo pastebėta, jog šikšnosparnių aktyvumu abiejuose tirtuose biotopuose išsiskyrė birželio ir rugpjūčio mėnesiai, o biotope prie vėjo jėgainių visais tyrimų mėnesiais, išskyrus rugpjūčio mėnesį, buvo fiksuotas didesnis šikšnosparnių aktyvumas nei kontroliniame biotope. Valandos po saulėlydžio laikotarpyje tirtuose biotopuose aktyvumas buvo gana netolygus. Bendrą šikšnosparnių aktyvumo dinamiką geriausiai nusako duomenys surinkti biotope prie vėjo jėgainių, kai birželio mėnesį pirmos trys valandos po saulėlydžio ir paskutinės trys valandos prieš saulėtekį buvo akivaizdžiai aktyviausios, o jau rugpjūčio ir rugsėjo mėnesiais nedidelio aktyvumo pranašumas buvo stebimas vidurnakčio valandomis, nors vėlgį jau spalio mėnesį nežymus aktyvumo pranašumas atiteko valandoms po saulėlydžio. Rugpjūčio ir rugsėjo mėnesiais temperatūra visos nakties metu buvo panaši, be didesnių temperatūros svyravimų, todėl šikšnosparnių aktyvumas išliko panašus skirtingais nakties periodais.

Taigi, mano atlikto tyrimo atveju galima daryti prielaidą, jog šikšnosparnių aktyvumo dinamikos netolygumus galėjo lemti abiotinių aplinkos sąlygų skirtumai skirtingais tyrimo mėnesiais, nes įvertinus šikšnosparnių maitinimosi aktyvumo priklausomybę nuo abiotinių aplinkos sąlygų, galima teigti, jog oro temperatūra, kaip ir atmosferos slėgis bei vėjo greitis veikia vabzdžių aktyvumą (Pellegrino et al., 2013). Yra pastebėta, kad šiltakraujams gyvūnams temperatūra nėra esminis faktorius, tačiau ji veikia šikšnosparnius netiesiogiai, veikdama jų grobio (vabzdžių) aktyvumą (Meyer, 2004).

Vertinant šikšnosparnių rūšių aktyvumo dinamiką nakties bėgyje atitinkamu laikotarpiu buvo pastebėta, jog tirtuose biotopuose visais tyrimo mėnesiais vyrauja tendencija, kad viena ar dvi aktyviausios šikšnosparnių rūšys po saulėlydžio vyrauja ir visos nakties bėgyje. Biotope prie vėjo jėgainių po saulėlydžio vyravo rudasis nakviša, Natuzijaus šikšniukas ir šiaurinis šikšnys, o kontroliniame biotope po saulėlydžio vyravo rudasis nakviša, mažasis nakviša, bei vėlyvysis šikšnys, tad šios šikšnosparnių rūšys vyraudavo ir likusios nakties bėgyje.

Taip pat tyrimo metu buvo pastebėta, jog vyrauja šikšnosparnių rūšių kaitos tendencija nakties valandomis, nepriklausomai nuo tirtų biotopų. Buvo pastebėta, kad rugsėjo mėnesį abiejuose tirtuose biotopuose po saulėlydžio ir prieš saulėtekį vyravo rudasis nakviša, o jau vidurnaktį Natuzijaus šikšniukas, kuris taip pat ir rugpjūčio mėnesį dominavo vidurnakčio valandomis. Šis šikšnosparnių rūšių vyravimo pokytis nakties valandomis yra susijęs su skirtingų jų rūšių medžiojimo ypatumais ir pačia rūšies ekologija. Natuzijaus šikšniukas maitintis skrenda visiškai sutemus, bet trumpiausiomis naktimis pradeda skraidyti prietemoje. Į slėptuvę grįžta auštant. Medžioja staigiu ir tiesiu skrydžiu, gauda tik skraidančius vabzdžius (Dietz, Kiefer, 2016). Rudasis nakviša maitintis skrenda tuoj po saulėlydžio arba praėjus 10 – 60 minučių, o po 2 – 3 valandų grįžta. Dalis nakvišų paryčiais išskrenda antrą kartą ir prieš saulėtekį grįžta (Dietz, Kiefer, 2016).

Apibendrinant galima teigti, jog biotope prie vėjo jėgainių daugiausia kartų fiksuota rūšimi buvo rudasis nakviša, o aktyviausiai jis skraidė po saulėlydžio ir prieš saulėtekį. Kontroliniame biotope daugiausia kartų fiksuota rūšimi buvo taip pat rudasis nakviša ir aktyviausiai jis skraidė vidurnakčio valandomis bei prieš saulėtekį.

Taigi, abiejuose biotopuose labiausiai vyraujančia rūšimi buvo rudasis nakviša, tipiškas Europos atvirų erdvių šikšnosparnis (Schnitzler, 2012), kuris kaip ir kelios kitos mažiau vyravusios rūšys priklauso atviros erdvės tipo biotopuose besimaitinančioms šikšnosparnių rūšims. Toks požiūris, šikšnosparnius, gyvenančius panašiomis ekologinėmis sąlygomis ir naudojančius panašią echolokacijos strategiją, suskirstė į gildijas arba funkcinės grupes (Kalko, 1996; Schnitzler, Kalko, 2001; Schnitzler, 2003; Denzinger, Schnitzler, 2004).

Atliekant tyrimą taip pat buvo pastebėta, jog biotope prie vėjo jėgainių birželio – spalio mėnesiais buvo ganomi galvijai. Galvijai ganėsi 50 – 200 metrų atstumu nuo vėjo jėgainės, o remiantis mokslininkų atliktais tyrimais, toks faktorius įtakoja šikšnosparnių aktyvumą ganyklose. Ganyklos, ypač tos, kuriose ganosi naminiai galvijai taip pat vis dažniau laikomos svarbia šikšnosparnių maitinimosi buveine. Ganant galvijus, ganyklos užtikrina su mėšlu susijusių vabzdžių pasiūlą (Entwistle, 2001). Galvijų mėšle yra vabzdžių ypač *Coleoptera* ir *Diptera* (Skidmore, 1991), kurie yra svarbus šikšnosparnių maistas (Vaughan, 1997; Entwistle, 2001), o naktiniai mėšlavabaliai skraido didžiąją metų dalį, todėl tikėtina, kad šikšnosparniams jie būtų buvę prieinami mano atlikto tyrimo metu. Taip pat mokslininkai yra pastebėję, jog pagrindinis traukos objektas yra galvijai, o ne mėšlas, tačiau šis skirtumas neryškus, jei atsižvelgsime į tai, kad daugelis vabzdžių, greičiausiai priklauso nuo mėšlo (Robinson, Stebbings, 1993; Catto, 1994). Anglijoje atlikto tyrimo metu dažniausiai užfiksuotos rūšys, kurios maitinasi tik virš galvijų buvo Natuzijaus šikšniukas, šikšniukas mažylis, radasis nakviša, vėlyvasis šikšnys. Šių rūšių šikšnosparniai, užfiksuoti 100 metrų nutolę nuo augalijos pakraščio ir maitinasi tik virš galvijų (Downs, Sanderson, 2010). Taip pat šių rūšių šikšnosparniai buvo užfiksuoti ir mano tirtame biotope, tad tokiu atveju galima daryti prielaidą, jog ganyti galvijai, kaip gana svarbus faktorius galėjo įtakoti šikšnosparnių rūšių aktyvumą biotope prie vėjo jėgainių.

Iškelta daugybė hipotezių, kaip ir kodėl šikšnosparniai žūsta vėjo jėgainių parkuose (Kunz et al., 2007). Dalis šių hipotezių grindžiamos mintimi, kad šikšnosparnius kažkokiu būdu traukia vėjo turbinų teritorijos arba turbinų konstrukcijos, todėl tikimybė, kad jie pataikys į judančią mentę, yra didesnė nei įprastai.

Vertinant vėjo jėgainių poveikį šikšnosparniams, reikėtų atsižvelgti į vietinių šikšnosparnių rūšių judėjimus į maitinimosi vietas ir iš jų, judėjimus tarp vasaros ir žiemojimo vietų bei rudeningus susibūrimus (Rodrigues et al., 2008; Voigt et al., 2012). Šikšnosparniai, kuriems gresia žūtis nuo vėjo turbinų, yra vietinių miškuose gyvenančių rūšių ir per teritoriją keliaujančių migrantų mišinys (Kerns et al., 2005). Atlikus tyrimus prie vėjo turbinų šiaurės vakarų Europoje devyniasdešimt aštuoni procentai užregistruotų mirtingumo atvejų buvo susiję su viena iš aštuonių "didelės rizikos" rūšių, priklausančių keturioms *Nyctalus*, *Pipistrellus*, *Vespertilio* ir *Eptesicus* gentims. Šikšnosparniai, pastebėti skraidantys turbinų rotorų aukštyje, nuolat priskiriami "didelės rizikos" rūšių grupėms (Ahlen, 2007; Niermann, 2010). Keletas kitų Europoje atliktų tyrimų rodo, kad šikšnosparnių aktyvumas turbinų rotorų aukštyje yra didžiausias naktimis, kai vėjo greitis yra palyginti mažas (Niermann, 2010), tada įvyksta daugiausia šikšnosparnių žūčių prie vėjo turbinų (Traxler, 2004; Behr, Helversen, 2005; Seiche, 2008). Tačiau šikšnosparnių tolerancija vėjui turbinų aukštyje skirtinguose tyrimuose buvo skirtinga. Apskritai šikšnosparnių aktyvumas rotoriaus aukštyje ir su tuo susijęs mirtingumas paprastai buvo didžiausias esant 0-2 m/s vėjo greičiui, o 2-8 m/s vėjo greičio intervale

mažėjo. Esant didesniai vėjo greičiui šikšnosparnių aktyvumas išlikdavo nedidelis arba jo visai nebūdavo, tokiu atveju santykinai dideli *N. noctula* labiau toleravo stiprų vėją nei mažesni *Pipistrellus* rūšies šikšnosparniai, tad jie taip pat ir vidutiniškai dažniau žūdavo esant didesniai vėjo greičiui (Seiche, 2008).

Nors vertinti santykinį, mano tiriamoje teritorijoje, nustatytą šikšnosparnių rūšių gausumą sudėtinga, o tiriamos teritorijos buveinių naudojimą greičiausiai lemia grobio tankis ir prieinamumas, šikšnosparnių aktyvumą ir tikimybę, kad šikšnosparniai bus partrenkti besisukančių turbinų menčių galima prognozuoti pagal sezoninius orus ir vabzdžių fenologiją. Didelė šikšnosparnių ir vabzdžių skaičiaus variacija, leidžia manyti, kad šikšnosparnius gali pritraukti vabzdžių sankaupos, nors oro sąlygos gali sustiprinti šį ryšį. Migraciniai skrydžiai taip pat gali lemti didesnę šikšnosparnių tankumą aplink vėjo jėgainių parkus (Fleming, Eby, 2003; Cryan, Brown, 2007).

Siekiant sušvelninti pernelyg didelio šikšnosparnių mirtingumo prie vėjo turbinų problemą, tai galima gana lengvai padaryti padidinus turbinų greičio mažinimą (Arnett, 2009; Baerwald, 2009). Kitais atvejais išspręsti problemą pasitelkiant technines inovacijas, kurios neleistų šikšnosparniams priartėti prie turbinų, pasirodė sudėtinga, nors šikšnosparnius atbaidantis radaras ar ultragarsinio triukšmo skleidimas galbūt galėtų būti ateities sprendimai (Nicholls, Racey, 2009; Horn, 2008). Galimi ir kiti techniniai sprendimai, kurie gali įtakoti šikšnosparnių žūčių sumažėjimą, tai turbinų menčių pasukimas lygiagrečiai vėjui ar vėjo jėgainių aukščio mažinimas. Nustatyta, kad aukštesnės turbinos pražudo daugiau šikšnosparnių. Šis rezultatas, kuris sutampa su ankstesnių tyrimų rezultatais (Barclay et al., 2007; Seiche, 2008), šiek tiek kelia nerimą, nes yra aiški tendencija statyti vis aukštesnes turbinas. Kai senos turbinos modernizuojamos arba pertvarkomos, o tai paprastai reiškia, kad jos perstatomos aukštesnėmis, pavojus šikšnosparniams didėja (Hötker, 2006; Smallwood, Karas, 2009).

Mano tirta atvejo analizė leidžia daryti prielaidą, jog kai tiriama vietovė su joje esančiu vėjo jėgainių parku randasi lygumoje, trys šimtai metrų atstumu nuo nedidelio miško biotopo, tai tokiu atveju čia vyraujantis kraštovaizdžio pobūdis sudaro galimybę išvengti didelio šikšnosparnių skaičiaus žūties. Remiantis šiaurės vakarų Vokietijoje atlikto tyrimo atvejo analize darau prielaidą, jog galimas mirtingumo lygis vienai turbinai per metus gali siekti apie vieną šikšnosparnį.

IŠVADOS

1. 2022 metų birželio – spalio mėnesiais Kunigiškių vėjo jėgainių parke buvo užregistruotos aštuonios šikšnosparnių rūšys. Tai: vandeninis pelėausis, rudasis nakviša, mažasis nakviša, šikšniukas nykštukas, Natuzijaus šikšniukas, šikšniukas mažylis, šiaurinis šikšnys, vėlyvasis šikšnys. Kontroliniame biotope buvo užregistruotos septynios šikšnosparnių rūšys. Tai tos pačios rūšys išskyrus šikšniuką mažylį.

2. Šikšnosparnių rūšių skaičiaus kaita tyrimo eigoje buvo stebima tiek šalia vėjo jėgainių (Kruskal-Wallis, $H = 11,97$, $p < 0,001$), tiek ir kontroliniame biotope (Kruskal-Wallis: $H = 19,37$, $p < 0,001$), tačiau lyginant užregistruotų šikšnosparnių rūšių skaičių šalia vėjo jėgainių ir kontroliniame biotope, kiekvieną mėnesį jų skaičius buvo panašus.

3. Šikšnosparnių aktyvumas šalia vėjo jėgainių kaip ir kontroliniame biotope visais tyrimų mėnesiais buvo skirtingas (atitinkamai Kruskal-Wallis: $H = 19,37$, $p < 0,001$ ir Kruskal-Wallis, $H = 16,02$, $p < 0,001$).

4. Per tyrimų laikotarpį, šalia vėjo jėgainių šikšnosparniai aktyviausi buvo birželio mėnesį (užregistruotos 450 sonogramos), tuo tarpu kontroliniame biotope – rugpjūtį (124 sonogramos). Šalia vėjo jėgainių visais tyrimų mėnesiais, išskyrus rugpjūčio mėnesį, buvo fiksuotas didesnis šikšnosparnių aktyvumas nei kontroliniame biotope, tačiau statistiškai patikimi aktyvumo skirtumai užregistruoti tik birželio mėnesį (t testas: $t = 2,04$, $p = 0,03$).

5. Skirtingų šikšnosparnių rūšių aktyvumas šalia vėjo jėgainių statistiškai reikšmingai skyrėsi nuo rūšių aktyvumo kontroliniame biotope visais tirtais mėnesiais (birželį - χ^2 testas: $x^2 = 73,94$, $df = 2$, $p < 0,001$, rugpjūtį - χ^2 testas: $x^2 = 32,47$, $df = 6$, $p < 0,001$, spalį - χ^2 testas: $x^2 = 73,94$, $df = 2$, $p < 0,001$, išskyrus rugsėjį - χ^2 testas: $x^2 = 1,33$, $df = 1$, $p = 0,24877$).

6. Šalia vėjo jėgainių birželį ir rugsėjį aktyviausia rūšis buvo rudasis nakviša (> 60 % nuo visų užregistruotų sonogramų), rugpjūtį – mažasis nakviša (33 %), o spalį – šiaurinis šikšnys (62 %). Tuo tarpu kontroliniame biotope birželį, rugsėjį ir spalį aktyviausias buvo rudasis nakviša (> 40 %), o rugpjūtį – vėlyvasis šikšnys (33 %).

7. Ne visos šikšnosparnių rūšys buvo vienodai aktyvios nakties bėgyje tirtais mėnesiais tiek šalia vėjo jėgainių, tiek kontroliniame biotope. Tik birželio mėnesį abiejuose tirtuose biotopuose nakties bėgyje aktyviausia šikšnosparnių rūšis buvo rudasis nakviša.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Ahlen I., 2002. Fladdermoss och faglar dodade av vindkraftverk (Bats and Birds killed by Wind Power Turbines), *Founa och flora*, 97, 14-21.
2. Ahlen I., Bach L., Pettersson T., 2007. Fladdermöss och havsbaserade vindkraftverk studerade i södra skandinavien. Report to the swedish environmental protection agency no. 5748.
www.naturvardsverket.se/bokhandeln.
3. Ahmed S. D., Al - Ismail F. S. M., Shafiullah M. D., Al - Sulaiman F. A., 2020. Grid Integration Challenges of Wind Energy. *Juornals and Magazines*, 8: 10857-10878.
4. Anykščių rajono savivaldybės teritorijos bendrojo plano keitimas. Aiškinamasis raštas. Konkretizuoti sprendiniai. Vilnius, 2016.
5. Armstrong A., Burton R. R., Lee S. E., Mobbs S., Ostle N., Smith V., Waldron S., Whitaker J., 2016. Ground level climate at a peatland wind farm in Scotland is affected by wind turbine operation. *Environmental Research Letters*.
6. Baranauskas K., 2008. Šikšnosparniai Lietuvoje ir jų apsauga: mokymo priemonė. Vilnius, Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla: 36p.
7. Barclay, F. Baerwald, J. C. Gruver, 2007. Variation in bird and bat fatalities at wind energy facilities: assessing the effects of rotor size and tower height. *Canadian journal of zoology*.
8. Barré K., Le Viol I., Bas Y., Julliard R., Kerbiriou C., (2018). Addendum to „Estimating habitat loss due to wind turbine avoidance by bats: Implications for European siting guidance” [Biol. Conserv.] 226, 205–214, *Biological Conservation*, Volume 235, July 2019.
9. Behr, O. Brinkmann, R. Hochradel, K. Mages, J. Korner - Nievergelt, F. Reinhard, H. Simon, R. Stiller, F. Weber, N. Nagy, 2018: Bestimmung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen in der Planungspraxis - Endbericht des Forschungsvorhabens gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.
10. Behr O., O. Von Helversen, 2005. Gutachten zur beein - trächtigung im freien luftraum jagender und ziehender fledermäuse durch einen windkraftstandort. Endbericht. Report to windpark kempfenbühl/schlossbühl bei lahr im schwarzwald 2004 und 2005.
11. Boyd R., Turner J. C., Ward B. 2015. Tracking intended nationally determined contributions: what are the implications for greenhouse gas emissions in 2030.
12. Brownlie S., Treweek J., (2018). Biodiversity and Ecosystem Services in Impact Assessment. Special Publication Series No. 3. [pdf] International Association for Impact Assessment.
13. Carter T. D., Menzel M. A., Chapman B. R., Miller K. V., Lee J. R., 1999. A new method to study bat activity patterns, *Wildl Soc Bull*, 27, 598-02.

14. Cryan, P. M., M. R. Barclay, 2009. Causes of bat fatalities at wind turbines: hypotheses and predictions. *Journal of mammalogy*, 90: 1330–1340.
15. Cryan, P. M., A. C. Brown, 2007. Does migration of hoary bats past a remote island offer clues toward the problem of bat fatalities at wind turbines. *Biological conservation*.
16. C. M. Catto, A. M. Hutson, P. A. Racey, P. J. Stephenson, 1996. Foraging behaviour and habitat use of the serotine bat (*Eptesicus serotinus*) in Southern England.
17. Davidson - Watts, S. Walls, G. Jones, 2006. Differential habitat selection by *Pipistrellus pipistrellus* and *Pipistrellus pygmaeus* identifies distinct conservation needs for cryptic species of echolocating bats.
18. Darwish A. S., Al - Dabbagh R., (2020). Wind energy state of the art: present and future technology advancements. *Renew. Energy Environ. Sustain*, 5, 7. Prieiga per internetą: https://www.reesjournal.org/articles/rees/full_html/2020/01/rees190010/rees190010.html
19. De Jong J., 1994. Distribution patterns and habitat use by bats in relation to landscape heterogeneity, and consequences for conservation.
20. Dürr T., 2003, Windenergieanlagen und Fledermausschutz in Brandenburg – Erfahrungen aus Brandenburg mit Einblick in die Bundesweite Fundkartei von Windkraftopfern, In: *Kommen die Vögel und Fledermäuse unter die (Wind) räder?* Dresden.
21. Dietz C., Kiefer A., 2016. Bats of Britain and Europe. 232 – 241; 246 – 255; 266 – 271; 280 – 284.
22. Erickson J. L., West S. D., 2002. The Influence of Regional Climate and Nightly Weather Conditions on Activity Patterns of Insectivorous Bats. *Acta Chiropterologica*, 4 (1):17–24.
23. Erickson W. P., Jeffrey J., Konner K., Bay K., 2003, Stateline Wind Power Project Wildlife monitoring Annual Report, Result from the Period July 2001 - December 2002, Technical Report submitted to FPL Energy, the Oregon Office of Energy and the Stateline Technical Advisory Committee.
24. European Commission, (2000). Communication from the Commission on the precautionary principle.
25. Fenton M. B., Bell G. P., 1979. Echolocation and feeding behavior in four species of *Myotis*, *Can J. Zool*, 57, 1271-7.
26. Foo C. F., Bennett V. J., Hale, A. M., Korstian J. M., Schildt A. J., & Williams D. A., (2017). Increasing evidence that bats actively forage at wind turbines.
27. C. Flaquer, X. Puig - Montserrat, U. Goiti, F. Vidal, A. Curco, D. Russo, 2009. Habitat selection in *Nathusius pipistrelle* (*Pipistrellus nathusii*): the importance of wetlands.
28. Fried L., 2016. Wind Power to dominate power sector growth. Retrieved from Global Wind Energy Council. Prieiga per internetą: <https://gwec.net/wind-power-to-dominate-power-sector-growth/>.

29. Fleming, T. H., P. Eby, 2003. Ecology of bat migration. Pages 156– 208 in T. H. Kunz and M. B. Fenton, editors. Bat ecology. University of Chicago press, Chicago, Illinois, USA.
30. Gaisler J., Zukal J., Rehak Z., Homolka M., 1998. Habitat preference and flight activity of bats in a city. *Journal of Zoology*, 224, 439 – 445.
http://www.academia.edu/7033468/Habitat_preference_and_flight_activity_of_bats_in_a_city
31. Golfman Y. 2012. Hybrid Anisotropic Materials for Wind Power Turbine Blades. Florida: Taylor and Francia Group.
32. Hossain J. 2015. Wind Energy 2050 on the shape of near100% RE grid. World Wind Energy Association.
33. Hötcker H., 2006. Auswirkungen des „repowering“ von wind kraftanlagen auf vögel und fledermäuse. Report to landes - amt für natur und umwelt schleswig-holstein.
34. Howe C., 2019. Ecologies: Wind and Power in the Anthropocene. Durham NC: Duke University
https://www.researchgate.net/publication/477404The_impacts_of_wind_farms_on_animal_spp.
35. Johnson G. D., Erickson W. P., Strickland M. D., Shepherd M. F., Shepherd D. A., 2002. Collision mortality of local and migrant birds at a large scale wind power development on Buffalo.
36. Johnson G. D., Strickland M. D., 2004. An Assessment of Potencial Collision Mortality of Migrating Indiana Bats (*Myotis sodalis*) and Virginia Big-eared Bats (*Corynorhinus townsendii virginianus*). Traversing Between Caves: Supplement to Biological Assessment for the Federally Endangered Indiana Bat (*Myotis sodalis*) and Virginia Big-eared Bats (*Corynorhinus townsendii virginianus*), Western Ecosystems Technology.
37. Jorge A. S., 2020. Wind energy analysis in use and implementation in Mexico. Analisis de la energija eolica en uso e implementacion en Mexico. *Revista ESPACIONES*, 41(12), p.1-21.
38. Kalmikov A., 2017. Wind Power Fundamentals. In T. M. Letcher (Ed.), *Wind Energy Engineering: Handbook for Onshore and Offshore Wind Turbines*. London: Academic Press.
http://www1151.vu.lt/Data/Methodines%20priemones/Krast_SMPR_PLNV.pdf;
39. Karpavičiūtė K. 2019. Vėjo jėgainių potencialo priklausomybė nuo meteorologinių sąlygų.
40. Kavoliūtė, F. (2012). Lietuvos gamtinis pamatas. VU prieiga per internetą:
<http://www1151.vu.lt/wpcontent/uploads/2012/04/priemon.pdf>;
41. Kerns J., Kerlinger P., 2004. A Study of Bird and Bat Collision Fatalities at the Mountaineer Wind Energy Center, Tucker County, West Virginia: annual report for 2003, technical report prepared for FPL energy and mountaineer wind energy center technical review committee, Curry and Kerlinger, LLC, 39.
42. Kerns J., W. P. Erickson, E. B. Arnett., 2005. Bat and bird fatality at wind energy facilities in Pennsylvania and West Virginia. Pages 24–95 in e. B. Arnett, editor. Relationships between bats and

- wind turbines in Pennsylvania and West Virginia. Final report. Bats and wind energy cooperative, 15 february 2007. <http://www.batcon.org/wind/bwec2004finalreport.pdf>. Accessed 15 feb 2007.
43. Kunz T. H., 2004. Foraging habits of North American insectivorous bats. Pages 13–25 in R. M. Brigham, E. K. V. Kalko, G. Jones, S. Parsons, and H. J. G. A. Limpens, editors. Bat echolocation research: tools, techniques, and analysis. Bat conservation international, Austin, Texas, USA.
44. Kunz T. H., E. B. Arnett, B. A. Cooper, W. I. P. Erickson, R. P. Larkin, T. Mabee, M. L. Morrison, J. D. Strickland 2007a. Assessing impacts of wind energy development on nocturnally active birds and bats. Journal of wildlife management. Ecosystem services provided by bats.
45. Kunz T. H., Torrez E. B, Bauer D., Lobova T., Fleming T. H., 2011. Ecosystem services provided by bats. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06004.x>
46. Komusanak I. et al. 2020. Wind energy in Europe. 2020 Statistics and the outlook for 2021-2025. Wind Europe, p. 1-37.
47. Kavaliauskas P., 2011. Kraštovaizdžio samprata ir planavimas. Vilnius: VU prieiga LR kraštovaizdžio erdvinės struktūros įvairovės ir jos tipų identifikavimo studija. I ir II dalys, www.am.lt.)
48. Kronwitter F., 1988. Population structure, habitat use and activity patterns of the *noctule* bat, *nyctalus noctula* schreb., 1774 (chiroptera: vespertilionidae) revealed by radio-tracking.
49. Maxinova E., Kipson M., Nad'ó L., Hradická P., Uhrin M., 2016. Foraging strategy of kuhl's pipistrelle at the northern edge of the species distribution.
50. Mathews F. & Swindells M. & Goodhead R. & August T. & Hardman P. & Linton D. & Hosken D., 2013. Effectiveness of Search Dogs Compared With Human Observers in Locating Bat Carcasses at Wind - Turbine Sites: A Blinded Randomized Trial. Wildlife Society Bulletin.
51. Meyer C. F. J., 2004. Activity patterns and habitat preferences of insectivorous bats in a West African forest – savanna mosaic. Journal of Tropical Ecology. <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=232469&fileId=S0266467404001373>
52. Millon, Lara & Colin, Célia & Brescia, Fabrice & Kerbiriou, Christian, 2018. Wind turbines impact bat activity, leading to high losses of habitat use in a biodiversity hotspot. Ecological engineering. 112. 51-54.
53. Minderman J., Fuentes - Montemayor E., Pearce - Higgins J. W., Pendlebury C. J., & Park K. J., 2014. [Estimates and correlates of bird and bat mortality at small wind turbine sites](#). Biodiversity and conservation, 24(3), 467–482.
54. Morkūnaitė R., Beconis M., 1997. Dirvožemio drėgmės dinamika supiltinėse aikštelėse. Geografijos metraštis.

55. Nicholls, B., P. A. Racey, 2009. The aversive effect of electromagnetic radiation on foraging bats a possible means of discouraging bats from approaching wind turbines.
56. Paula A., 2015. Compensation scenarios to deal with wind farm's impacts on birds: The challenges of moving from theory to practice. In: Köppel J., and E Schuster (eds.). Conf. on wind energy and wildlife impacts: Book of Abstracts. Berlin, Germany, p. 51.
57. P. M. Cryan, R. M. R. Barclay, 2009. Journal of Mammalogy, Volume 90, Issue 6, 15 December. Pages 1330–1340, <https://doi.org/10.1644/09-MAMM-S-076R1.1>
58. Pauža D. H., Paužienė N., 1998. Bats of Lithuania: distribution, status and protection. *Mammal review*, volume 28, No. 2, 53–67, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2907.1998.00025.x/epdf>.
59. Pauža D. H., Paužienė N., Sidabrienė G., 2004. Šikšnosparniai. Kaunas, Lututė: 56p.
60. Pellegrino A. C., Penaflor G. V., Nardi C., Bezner – Kerr W., Guglielmo C. G., Mauricio J., Bento S., McNeil J. N., 2013. Weather Forecasting by Insects: Modified Sexual Behaviour in Response to Atmospheric Pressure Changes. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0075004>.
61. Pentecost A., Willby N. & Pitt A., 2009. River macrophyte sampling: methodologies and variability. Environment Agency.
62. Prūsaitė J. (sud.), 1988. Lietuvos fauna. Žinduoliai (3 tomas). Vilnius, Mokslas: 43 – 87.
63. Reyes, Gabriel & Rodriguez, Meredith & Lindke, Kenneth & Ayres, 2016. Searcher efficiency and survey coverage affect precision of fatality estimates: Influence of Searcher Efficiency. The Journal of Wildlife Management.
64. Rydell J., Bach L., Dubourg - Savage M., Green M., Rodrigues L., Hedenstrom A., 2010. Bat mortality at wind turbines in northwestern Europe. *Acta Chiroptera* 261–274.
65. Rodrigues, Luisa & Bach, Lothar & Dubourg-Savage, Marie Jo & Karapandža, 2015. Guidelines for consideration of bats in wind farm projects Revision 2014.
66. Sanderson L., Downs N., 2010. Do bats forage over cattle dung or over cattle? Article in *acta chiropterologica*. December.
67. Seiche K., 2008. Fledermäuse und windenergieanlagen in sachsen 2006. Report to freistaat sachsen. Landesamt für umwelt und geologie, www.smul.sachsen.de/lfug .
68. Serangeli M. T., L. Cistrone, L. Ancillotto, A. Tomassini, D. Russo, 2012. The postrelease fate of handreared orphaned bats: survival and habitat selection. *Animal welfare the ufaw journal*, 21 (1) (2012), pp. 9-18.
69. Siemers B. M., I. Kaipf, H. U. Schnitzler, 1999. The use of day roosts and foraging grounds by natterer's bats (*Myotis nattereri* Kuhl, 1818) from a colony in southern Germany. *International journal of mammal biology*, 64, pp. 241-245.

70. Smallwood, Karas, 2009. Avian and bat fatality rates at old - generation and repowered wind turbines in California. *Journal of wildlife management*, 73: 1062–1073.
71. Smith, G.F., O'Donoghue, P., O'Hora, K. & Delaney, E., 2011. Best Practice Guidance for Habitat Survey and Mapping. [pdf] The Heritage Council.
72. Strickland D., Erickson W., 2003. Overview of Non-collision Related Impacts from Wind Projects, Western Ecosystems Technology, Wyoming, 13.
73. Thelander C. G., Ruge L., 2000. Avian risk behavior and fatalities at the Altamont Wind Resource Area. March 1998 to february 1999, prepared by bioresource consultants for the national renewable energy laboratory, golden CO, 23.
74. Traxler A., Wegleitner S., Jaklitsch H., 2004. Vogelschlag, Meideverhalten & Habitatnutzung an bestehenden Windkraftanlagen Prallenkirchen - Obersdorf-Steinberg/Prinzendorf, *Ökoenergie*, 103.
75. Twidell J., Weir T., 2015. Renewable Energy Resources. <http://doi.org/10.4324/9781315766416>.
76. Van Gelder R. G., 1956. Ech-location failure in migratory bats, *Trans Kans Acad Sci*, 220-222.
77. Vaughan N., 1997. The diets of british bats (chiroptera). *Mammal review*, 27: 77–94.
78. Vėjo elektrinių įrengimo anykščių r. Sav. Kavarsko sen. Atrankos dėl poveikio aplinkai vertinimo dokumentai. Klaipėda, 2018.
79. Venclauskas K., Lukošius A., 2021. Agroinžinerija ir energetika. VDU žemės ūkio inžinerijos fakulteto mokslo populiarinimo žurnalas nr. 26. <https://doi.org/10.15544/2669-1728.2021.26>
80. Weston D., 2016. GWEC envisages 5.8TW of wind by 2050 (2016). Retrieved from Wind Power Monthly. <https://www.windpowermonthly.com/article/1412717/gwec-envisages-58tw-wind-2050>.
81. Wind Europe, 2017. Wind energy in Europe, Scenarios for 2030. Retrieved from Wind Europe: <https://windeurope.org/about-wind/reports/wind-energy-in-europe-scenarios-for-2030/>.
82. 2018 m. gegužės 20 d. Europos Parlamento ir Tarybos reglamentas (ES) 2018/842, kuriuo, prisidedant prie klimato politikos veikslių, kad būtų vykdomi įsipareigojimai pagal Paryžiaus susitarimą, valstybėms narėms nustatomi įsipareigojimai 2021 – 2030 m. laikotarpiu sumažinti išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų metinį kiekį, OL L 156, 2018 6 19, p. 26).
83. <http://www.siksnosparniai.lt/apie-siksnosparnius/siksnosparniu-biologija/ziemojimas-ir-migracija/>.
84. <http://www.siksnosparniai.lt/apie-siksnosparnius/siksnosparniu-biologija/mityba/>.
85. https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/wind_farms_lt.pdf.

SANTRAUKA

Šikšnosparniai (lot. Chiroptera) sudaro penktadalį pasaulio žinduolių rūšių, taip pat yra vieninteliai pasaulyje skraidantys žinduoliai. Lietuvoje gyvena 14 šikšnosparnių rūšių, kurios priskiriamos lygianosinių (Vespertilionidae) šeimai, dar trys šikšnosparnių rūšys yra ieškotinos. Šikšnosparniai aplinkoje orientuojasi tiek regėjimu, tiek skleisdami ultragarsą, minta vabzdžiais ir retsykiais nuo vandens paviršiaus gali pagriebti nedideles žuvis.

2022 metų birželio – spalio mėnesiais Kunigiškių vėjo jėgainių parke ir kontroliniame biotope vykdyto tyrimo metu buvo užregistruotos aštuonios šikšnosparnių rūšys. Dažniausiai registruotos rūšys: rudasis nakviša, mažasis nakviša, Natuzijaus šikšniukas.

Per tyrimų laikotarpį, šalia vėjo jėgainių šikšnosparniai aktyviausi buvo birželio mėnesį. Taip pat šalia vėjo jėgainių visais tyrimų mėnesiais, išskyrus rugpjūčio mėnesį, buvo fiksuotas didesnis šikšnosparnių aktyvumas nei kontroliniame biotope, tačiau statistiškai patikimi aktyvumo skirtumai užregistruoti tik birželio mėnesį (t testas: $t = 2,04$, $p = 0,03$).

Šalia vėjo jėgainių birželį ir rugsėjį aktyviausia rūšis buvo rudasis nakviša (> 60 % nuo visų užregistruotų sonogramų), rugpjūtį – mažasis nakviša (33 %), o spalį – šiaurinis šikšnys (62 %). Tuo tarpu kontroliniame biotope birželį, rugsėjį ir spalį aktyviausias buvo rudasis nakviša (> 40 %), o rugpjūtį – vėlyvasis šikšnys (33 %).

Ne visos šikšnosparnių rūšys buvo vienodai aktyvios nakties bėgyje tirtais mėnesiais tiek šalia vėjo jėgainių, tiek kontroliniame biotope. Tik birželio mėnesį abiejuose tirtuose biotopuose nakties bėgyje aktyviausia šikšnosparnių rūšis buvo rudasis nakviša.

Biotope prie vėjo jėgainių aktyvumu išsiskyrė valandos po saulėlydžio ir vidurnaktis, nors birželio mėnesį valandos prieš saulėtekį buvo labai aktyvios, o kontroliniame biotope aktyvumu išsiskyrė vidurnakčio valandos ir valandos prieš saulėtekį.

SUMMARY

Bats diversity and activity in Kunigiskes wind farm

Mindaugas Balaika

Bats (lat. *Chiroptera*) account for one - fifth of the world's mammal species, and are the world's only flying mammals. There exists 14 species of bats in Lithuania, which are classified as are of the same (*Vespertilionidae*) family, another three bat species are to be searched. Bats orient in the environment using their sight and by emitting ultrasound. They feed on insects and occasionally can grab small fish from the surface of the water.

In June - October 2022 eight species of bats were recorded in the Kunigiskes wind farm and in the control biotope during a survey. The most frequently recorded species were *Nyctalus noctula*, *Nyctalus leisleri* and *Pipistrellus nathusii*.

During the study period, bats near wind turbines were most active in June. Also in the vicinity of the wind turbines in all months of the study, except for August, was recorded higher bat activity than in the control biotope, but statistically significant differences in activity were recorded only in June (t-test: $t = 2.04$, $p = 0.03$).

In the vicinity of the wind turbines, the most active species in June and September was the *Nyctalus noctula* (> 60% of all sonograms recorded), followed by *Nyctalus leisleri* in August (33%) and *Eptesicus nilssonii* in October (62%). Meanwhile in the control habitat, the most active species was *Nyctalus noctula* in June, September and October (> 40%), and *Eptesicus serotinus* in August (33%).

Not all bat species were equally active during the night in the months studied in the vicinity of the wind turbines, as well as in the control biotope. Only in June, the most active bat species throughout the night in both biotopes was *Nyctalus noctula*.

In the wind farm biotope the hours after sunset and midnight were the most active, although the hours before sunrise were very active in June, while in the control biotope the hours after midnight and before sunrise were the most active.