

VILNIAUS UNIVERSITETAS  
GYVYBĖS MOKSLŲ CENTRAS

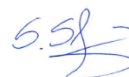
GINTARĖ LACKO

(Biologinės įvairovės studijų programa)

Magistro baigiamasis darbas

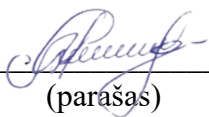
ŠIKŠNOSPARNIŲ RŪŠINĖ ĮVAIROVĖ VILNIAUS MIESTE

Darbo vadovas Lekt. Saulis Skuja



\_\_\_\_\_  
(parašas)

Studentas



(parašas)

Darbo konsultantai Dr. Asist. Grita Skujienė

\_\_\_\_\_  
(parašas)

Remigijus Karpuška

\_\_\_\_\_  
(parašas)

Vilnius, 2024

## TURINYS

ĮVADAS.....	3
1.LITERATŪROS APŽVALGA .....	4
1.1.Šikšnosparnių rūšinė įvairovė ir ištirtumas Lietuvoje .....	4
1.1.1.Šikšnosparnių taksonominis statusas ir filogenija .....	5
1.1.2.Ekologinės šikšnosparnių grupės .....	5
1.1.2.1.Sėslūs šikšnosparniai .....	6
1.1.2.2.Migruojantys šikšnosparniai.....	7
1.2.Šikšnosparnių biologijos ypatumai.....	8
1.2.1.Maitinimosi elgsena.....	8
1.2.2.Veisimosi elgsena .....	10
1.2.3.Buveinės miestuose .....	11
1.3.Šikšnosparnių rūšių statusas .....	12
1.4.Šikšnosparnių rūšinės įvairovės nustatymo metodai .....	13
1.4.1.Morfologija ir genetika .....	13
1.4.2.Echolokacijos signalai ir jų interpretacija.....	14
2.TYRIMO MEDŽIAGA IR METODAI .....	18
2.1.Tyrimų vietų Vilniaus mieste parinkimo principai .....	18
2.2.Tyrimo vietos ir laikas .....	19
2.3.Apskaitų metodika.....	26
3.TYRIMŲ REZULTATAI IR APTARIMAS.....	28
3.1.Šikšnosparnių rūšinė įvairovė Vilniaus mieste .....	28
3.2.Šikšnosparnių pasiskirstymas pagal buveines .....	30
3.3.Šikšnosparnių skraidymo aktyvumas sezono metu .....	32
IŠVADOS .....	35
SANTRAUKA .....	36
SUMMARY .....	37
LITERATŪROS SĄRAŠAS .....	38

## ĮVADAS

Šikšnosparniai (Chiroptera) yra ypatinga žinduolių grupė, išsiskirianti savo gebėjimu aktyviai skraidyti naudojant sudėtingą biosonarų sistemą, vadinama echolokacija, orientuotis aplinkoje. Šis gebėjimas leidžia šikšnosparniams skleisti ultragarso signalus ir klausytis grįžtančių aidų, kurie atsispindi nuo objektų, taip jie „mato“ savo pasaulį per garsą (Pollak, 2010). Šie unikalūs gebėjimai ne tik pabrėžia šikšnosparnių išskirtinumą tarp žinduolių, bet ir padeda jiems išgyventi įvairiose aplinkose.

Šikšnosparniai yra antra pagal rūšių įvairovę žinduolių grupė po graužikų, apimanti daugiau nei 1462 rūšis visame pasaulyje (Jones *et al.*, 2009; Kunz *et al.*, 2011; Bats of the World, 2023). Jie gyvena beveik visuose žemynuose, išskyrus Antarktidą, ir įvairiose buveinėse – nuo dykumų iki atogrąžų miškų (Wilson, Mittermeier, 2019; Laverty, Berger, 2020; Brunet-Rossinni, Rossinni, 2006). Daugelis šikšnosparnių rūšių yra naktiniai gyvūnai, kurie dienos metu slepiasi lapijoje, urvuose, uolų plyšiuose, medžių drevėse ir įvairiose žmogaus sukurtose struktūrose (Jones *et al.*, 2009).

Penkiolika procentų šikšnosparnių rūšių yra įtrauktos į IUCN grėsmingų rūšių sąrašą, t. y., jos laikomos kritiškai nykstančiomis, nykstančiomis ar pažeidžiamomis. Apie 18 % rūšių yra duomenų trūkumo kategorijoje, pabrėžiant ekologinių tyrimų, galinčių paremti apsaugos būklės vertinimus, trūkumą (Voigt, Kingsto, 2016).

Šikšnosparniai atlieka svarbų vaidmenį ekosistemose, būdami apdulkintojai, sėklų platintojai ir vabzdžių populiacijos reguliuotojai (Marianne, Merlin, 2019). Jie padeda palaikyti ekologinę pusiausvyrą, mažindami vabzdžių skaičių (Beilke, Okeefe, 2022). Šios savybės lemia, kad šikšnosparniai yra svarbūs ne tik natūraliose buveinėse, bet ir antropogeninėse aplinkose.

Tačiau šikšnosparniai yra ypač jautrūs aplinkos pokyčiams. Jų mažas reprodukcijos tempas, ilgaamžiškumas ir aukštas medžiagų apykaitos lygis lemia jų pažeidžiamą dėl žmogaus veiklos, tokios kaip urbanizacija ir žemės naudojimo pokyčiai (Voigt, Kingsto, T., 2016).

Vilnius, Lietuvos kontekste, yra urbanizuota vietovė, pasižyminti dideliu gyventojų tankumu ir intensyvia infrastruktūros plėtra kiekvienais metais. Urbanizacija dažnai kelia grėsmę vietos biologinei įvairovei, todėl svarbu išanalizuoti, kaip miesto plėtra veikia šikšnosparnių populiacijas. Šio tyrimo rezultatai suteiks vertingų įžvalgų apie šikšnosparnių ekologiją Vilniuje.

Darbo tikslas: Nustatyti šikšnosparnių rūšinę įvairovę ir jų pasiskirstymo dėsninumus Vilniaus mieste.

Uždaviniai:

1. Nustatyti šikšnosparnių rūšinę įvairovę Vilniaus mieste.
2. Nustatyti skirtingų šikšnosparnių rūšių pasiskirstymo dėsninumus.
3. Palyginti tirtų šikšnosparnių skraidymo aktyvumo ypatumus paros ir sezono metu.

## 1. LITERATŪROS APŽVALGA

### 1.1. Šikšnosparnių rūšinė įvairovė ir ištirtumas Lietuvoje

Šikšnosparniai yra svarbi Lietuvos faunos dalis, turinti didelę reikšmę ekosistemų stabilumui ir biologinei įvairovei. Lietuvoje sutinkama 15 šikšnosparnių rūšių: Europinis plačiaausis *Barbastellus barbastellus* (Schreber, 1774), kūdrinis pelėausis *Myotis dasycneme* (Boie, 1825), brandto pelėausis *M. brandtii* (Evarsmann, 1845), vandeninis pelėausis *M. daubentonii* (Kuhl, 1817), ūsuotasis pelėausis *M. mystacinus* (Kuhl, 1817), natererio pelėausis *M. nattereri* (Kuhl, 1817), rudasis ausylis *Plecopus auritus* (Linnaeus, 1758), rudasis nakviša *Nyctalus noctula* (Schreber, 1774), mažasis nakviša *N. leisleri* (Kuhl, 1817), šikšniukas nykštukas *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774), natuzijaus šikšniukas *P. nathusii* (Keyserling et Balsius, 1839), šikšniukas mažylis *P. pygmaeus* (Leach, 1825), dvispalvis plikšnys *Vespertillio murinus* (Linnaeus, 1758), šiaurinis šikšnys *Eptesicus nilssonii* (Keyserling et Balsius, 1839), vėlyvasis šikšnys *E. serotinus* (Schreber, 1774) (Pauža ir kt. 2004; Baranauskas et al., 2006). Skirtingi autoriai pateikia skirtingą Lietuvoje aptinkamų rūšių skaičių, kadangi didysis pelėausis *M. myotis* (Borkhausen, 1797) ir pilkasis ausylis *P. austriacus* (Fischer, 1829) kartais gali užklysti iš Lenkijos, kurioje aptinkamos daugiau pietinės rūšys (Kontrimavičius, 1988, Pauža ir kt. 2004). Šie skirtumai atsiranda dėl skirtingų rūšių aptikimo metodikų ir dėl to kylančių netikslumų. Pavyzdžiui, naudojant ultragarso detektorius galima aptikti daugiau rūšių nei tradiciniais stebėjimo metodais, tačiau tokia metodika gali sukelti sunkumų identifikuojant rūšis dvynes ar tiesiog rūšis gali būti klaidingai identifikuota dėl stebėtojo patirties stokos (Pauža, Paužienė, 1998; Russ, 2012).

Dainius Haroldas Pauža atliko svarbius darbus, tyrinėdamas šikšnosparnių echolokacijos ir migracijos modelius. Jo tyrimai atskleidė, kad tam tikros rūšys, yra linkusios migruoti ilgais atstumais (Hutterer et al., 2005). Kiti tyrimai sutelkti į įvairias temas tokias kaip šikšnosparnių veisimosi ir maitinimosi teritorijas, jų paplitimą, žiemos apskaitas (Pauža, Paužienė, 1998; Baranauskas et al., 2005; Baranauskas, 2006; Masing et al., 2009; Baranauskas, 2010). Lietuvoje taip pat buvo vykdytas svarbus projektas, skirtas vėjo energetikos plėtros ir paukščių bei šikšnosparnių apsaugos konfliktams mažinti: „Vėjo energetikos plėtra ir biologinei įvairovei svarbios teritorijos (sutrump. – VENBIS)“ (<http://corpi.lt/venbis>).

Pastaraisiais metais išleidžiami ir mokslo populiarinimo leidiniai, kuriuose atskleidžiama šikšnosparnių biologija ir ekologija, jų svarba bei apsauga, siekiant didinti visuomenės sąmoningumą apie šių unikalių žinduolių reikšmę gamtoje (Čepulis, 2023; Paltanavičius, 2023).

### 1.1.1. Šikšnosparnių taksonominis statusas ir filogenija

Šikšnosparnių taksonomija išliko beveik nepakitusi dešimtmečius ir ilgą laiką buvo išskiriami du šikšnosparnių būrio pobūriai – stambesni Senojo pasaulio vaisiaėdžiai (Pteropodidae), t.y. didieji šikšnosparniai (dažniausiai vadinami Megachiroptera) ir mažesni, daugiausia vabzdžiais mintantys mažieji šikšnosparniai (dažniausiai vadinami Microchiroptera). Šios klasifikacijos buvo laikomasi iki praeito amžiaus devintojo dešimtmečio pabaigos, kai Jack D. Pettigrew vadovaujama tyrėjų grupė nustatė, kad šios dvi grupės nėra monofilinės taip pat, kad Megachiroptera pobūrio šikšnosparniai yra labiau susiję su primatais nei su kitais šikšnosparniais (Pettigrew, 1991). Didėjant molekulinėms tyrimų galimybėms, senoji klasifikacija buvo kvestionuojama vis dažniau, tad nestebina, jog pastaraisiais metais šikšnosparnių klasifikacija patyrė didelių perversmų, ypač dėl DNR panaudojimo genčių ir rūšių santykiams iš naujo įvertinti. Aukštesnio lygio šikšnosparnių klasifikacija kinta dėl skirtingų duomenų rinkiniais pagrįstų filogenetinių tyrimų rezultatų nesutapimo ir sparčiai atsirandančių molekulinėms duomenų, kurie aiškiai rodo, kad daugelis tradiciškai pripažintų grupių nėra monofilinės. Dabar vis labiau pripažįstama, jog yra du pobūriai, vieną jų - Yinpterochiroptera sudaro 7 šeimos, o antrą - Yangochiroptera sudaro likusios 14 šeimų (Hutson T., 2022). Šiuo metu visi šikšnosparniai skirstomi į šiuos du pobūrius ir 21 šeimą.

Lietuvoje aptinkami vabzdžiaėdžiai šikšnosparniai kurie priskiriami Yangochiroptera pobūriui, lygianosiu (Vespertilionidae) šeimai, kuriai priklauso 81 gentis ir iš viso 704 rūšys (Bats of the World, 2023). Tokiu būdu lygianosiai yra didžiausia šikšnosparnių šeima ir trečia pagal dydį žinduolių šeima pagal rūšių gausą, kurią lenkia tik graužikų šeimos (Wilson, Mittermeier, 2019). Šiuo metu lygianosiu šikšnosparnių nustatytų rūšių skaičius nuolat kinta dėl nuolatinės taksonominių ir sisteminių tyrimų pažangos.

### 1.1.2. Ekologinės šikšnosparnių grupės

Šikšnosparniai pasižymi įvairiu elgesiu, tačiau vienas įdomiausių ir mažiausiai žinomų ekologijos aspektų yra jų migracijos modeliai (Popa-Lisseanu, Voigt, 2009).

Atlikti tyrimai rodo, kad vidutinio klimato juostoje gyvenantys šikšnosparniai turi tris erdvinio elgesio modelius: sėslų (nemigruojantį) elgesį, kai šikšnosparniai veisiasi ir žiemoja 50 km ar mažesniu spinduliu; regioninę migraciją, kai šikšnosparniai migruoja 100–500 km atstumu tarp vasaros ir žiemos nakvynės vietų; ir tolimą migraciją, kurios metu šikšnosparniai migruoja 1000 km ar didesniu atstumu tarp sezoninių nakvynės vietų (Speakman, Thomas, 2003). Nors tokia klasifikacija yra naudinga daugeliu atžvilgių, ją apsunkina labiau išreikšta vienos lyties migracija kitos lyties atžvilgiu (Hutson, 2022).

### 1.1.2.1. Sėslūs šikšnosparniai

Daugumos pasaulio šikšnosparnių rūšių gyvūnai yra sėslūs, ir iš to galima spręsti, kad toks sėslus gyvenimo būdas yra primityvus šikšnosparnių bruožas (Fleming, Eby, 2003). Lietuvoje yra žinomos 8 reguliariai žiemojančios šikšnosparnių rūšys: *Myotis daubentonii*, *M. dasycneme*, *M. brandtii*, *M. nattereri*, *Plecotus auritus*, *Barbastella barbastellus*, *Eptesicus serotinus* ir *E. nilssonii* (Pauža ir kt., 2004; Baranauskas *et al.*, 2005; Baranauskas, 2006; Baranauskas *et al.*, 2006). Iš aštuonių šaltesniais mėnesiais Lietuvoje aptinkamų šikšnosparnių rūšių septynios (išskyrus *Myotis nattereri*), žiemoja ir Vilniaus miesto apylinkėse (Baranauskas, 2006). Pažymėtina, jog 2001 m. buvo aptikti du *Vespertilio murinus* individai Vilniaus miesto moderniuose pastatuose rudenį jau gerokai po migracijos, o kiek vėliau dar du atvejai dokumentuoti 2006 m., kai pranešta apie aptiktus besiblaškančius pavienius žiemojančius šios rūšies individus (Baranauskas *et al.*, 2006). Literatūros duomenimis yra žinoma, jog *V. murinus* dažnai žiemoja aukštuose pastatuose, kurie dažnai yra miesto teritorijose (Mitchell-Jones *et al.*, 1999). Lietuvoje *V. murinus* rudens metu migruoja pietvakarių link. Tačiau tikėtina, kad dalis šių žvėrelių pasilieka žiemoti mūsų šalyje arba neatmetama galimybė, jog čia gali atskristi žiemoti šikšnosparniai iš siaurinių arealo vietovių (Baranauskas *et al.*, 2006).

Sėslūs šikšnosparniai žiemoja teritorijose, kuriose sezoniškai būna šaltasis periodas. Jų hibernacijai labiausiai tinka įvairūs urvai, požeminiai bunkeriai, tuneliai ir kitos panašios požeminės vietos su pastoviu drėgmės režimu ir vėsiu mikroklimatu kur šie gyvūnai nebūtų trikdomi (Masing *et al.*, 2009). Lietuvoje nėra šikšnosparnių žiemojimui tinkamų didelių natūralių požeminių vietų, todėl čia šikšnosparnių pasilikimas žiemoti šaltuoju metų laiku labai priklauso nuo žmogaus sukurtų struktūrų (Baranauskas, 2006). Taip pat stebėjimai rodo, jog pasitaikius stipriam šalčiui regionuose, esančiuose netoli Baltijos jūros, šikšnosparniai gali pabusti iš hibernacijos ir būti priversti keisti vietą ar net žiemojimo buveinę (Masing, Lutsar, 2007).

Šiaurės rytų Europoje nėra žinoma daug vietų, kur šikšnosparniai gausiai žiemotų, tačiau nustatyta, kad Kauno tvirtovė ir jos fortai yra viena svarbiausių ir didžiausių šikšnosparnių žiemojimo vietų šiame regione (Masing *et al.*, 2009). Lietuvoje svarbiausios šikšnosparnių žiemojimo vietos yra susitelkusios urbanizuotose teritorijose, ypač Vilniaus ir Kauno miestuose (Baranauskas, 2006). Žinomos šikšnosparnių žiemojimo vietos yra Panerių tunelis, Šilo, Antakalnio, Pavilnių, Rasos ir Šeškinės bunkeriai bei Verkių rūmų rūšiai Vilniuje, taip pat Vytėnų ir Panemunės pilių rūšiai Jurbarko apskrityje, Biržų Radvilų pilis, prie Telšių esanti Varnių bažnyčia ir Kėdainių rajone Paberžės bažnyčia ir kt. rūšiai (Pauža, Paužienė 1998; Pauža ir kt., 2004; Baranauskas, 2006).

### 1.1.2.2. Migruojantys šikšnosparniai

Jau daugiau nei šimtmetį žinoma, kad kai kurie šikšnosparniai, kaip daugelis paukščių ir kitų gyvūnų, sezoniškai migruoja. Šikšnosparnių migracijos maršrutai nėra visiškai iki galo nustatyti, pati migracija vis dar menkai ištirta, o informacija apie šį reiškinį kaupiama lėtai (Popa-Lisseanu, Voigt, 2009; Vasenkov *et al.*, 2022). Yra atliekami šikšnosparnių migracijos ir buveinių naudojimo tyrimai, naudojant stabilius vandenilio ir stroncio izotopus arba sugaunant sužieduotą šikšnosparnį, taip gaunant tiesioginius šių gyvūnų judėjimo modelių įrodymus (Fleming, Eby, 2003; Kruszynski *et al.*, 2021). Žiedavimas atliekamas laikantis griežtų etikos taisyklių ir tam reikalingi leidimai, nes įvairūs laisvai gyvenančių šikšnosparnių sužalojimai, patiriami dėl žiedavimo, didina parazitų riziką ir kitus streso veiksnius bei mažina šių gyvūnų išgyvenamumą. Šių gyvūnų žiedavimas turi būti pagrįstas ir proporcingas iš šio proceso gaunamų žinių augimui (Hutterer *et al.*, 2005).

Nors šikšnosparniai nekeliauja ilgo atstumo migruodami, kaip paukščiai, tačiau yra žinoma, jog kai kurių rūšių šie gyvūnai gali migruoti iki 2000 km atstumu (Hutson, 2022; Voigt *et al.*, 2023). Rekordinis *Pipistrellus nathusii* migracijos atstumas yra 2486 km nuo Rusijos iki Prancūzijos Alpių. Šis atstumas 260 km viršija ankstesnį rekordą, nuskrįstą iš Latvijos į Ispaniją (Vasenkov *et al.*, 2022). Kartais šikšnosparniai migruoja ir dideliais būriais, manoma, kad per naktį jie pasiekia sustojimo taškus esančius apie 50–70 km atstumu vienas nuo kito. Tokie sustojimo taškai gali būti šikšnosparnių naudojami vieną ar kelias dienas, todėl jie yra gyvybiškai svarbūs sėkmingai šių gyvūnų migracijai (Hutson, 2022).

Ilgus atstumus migruojantys šikšnosparniai, gyvenantys vidutinio klimato zonoje, dažniausiai morfologiškai skiriasi nuo sėslių rūšių ir yra adaptavęsi greitam, energetiškai efektyviam skrydžiui, taip pat turi mažesnę populiacijų susiskaidymo lygį ir didesnius genetiškai efektyvius populiacijų dydžius nei sėslių šikšnosparniai (Norberg, Rayner, 1987; O'Mara *et al.*, 2016; Fleming, 2019). Vidutinio klimato regionuose su išreikštu sezoniškumu, vabzdžiais mintantys šikšnosparniai gali migruoti siekdami pakeisti buveines iš veisimosi vietų į tinkamas žiemojimui. Dėl to gali pasireikšti ryškūs skirtumai tarp lyčių: patinai pasirenka likti žiemoti, kai tuo tarpu patelės migruoja arba patelės migruoja toliau nei patinai, toks reiškinys pastebėtas *Nyctalus* genties rūšių šikšnosparnių elgsenoje (Ibanez *et al.*, 2009; Hutson, 2022).

Ilgesnio nuotolio migrantai renkasi migraciją iš šiaurės į pietus, o tiksliau, iš šiaurės rytų į pietvakarius. Nepaisant to, daugelis *Pipistrellus nathusii*, migruojančių iki 1500 km atstumu iš Latvijos ir Lietuvos į Jungtinę karalystę, įprastai juda vakarų kryptimi. Paminėtinos Europos, taip pat ir Lietuvos, šios šikšnosparnių rūšys, kurių atstovai atlieka ilgų atstumų migracijas: *Pipistrellus nathusii*, *Vespertilio murinus*, *Nyctalus noctula* ir *N. leisleri* (Alcalde, 2020; Hutson, 2022).

Migruodami šie gyvūnai sugeba nusukti nuo 3 000 iki 4 000 km atstumą vienos kelionės tarp vasaros veisimosi vietų ir žiemą pasirenkamų buveinių metu (Hutterer, 2005).

## 1.2. Šikšnosparnių biologijos ypatumai

Šikšnosparnių buveinės, mityba ir fizinės savybės skiriasi, todėl kalbėti apie juos taip, lyg jie visi būtų vienodi, yra klaidinga. (Dawkins, 1998; Laird, 2018). Jų veisimosi sistemų ypatybės yra unikalios tarp žinduolių (Hutson, 2022). Šie gyvūnai yra K-strategai, o tai reiškia, kad jie veisiasi lėtai ir gyvena ilgiau, kad užaugintų pakankamai jauniklių. Dauguma jų dydžio gyvūnų turi priešingą strategiją „gyvenk greitai ir mirk jaunas“ dar žinoma, kaip R-strategija (Hutson, 2022; Novaes, 2022). Taip pat jų išteklių padalijimas yra pagrįstas skirtingos medžioklės taktikos taikymu dėl buveinių nišos sutapimų (Ciechanowski, 2015). Šikšnosparnių tolerancija urbanizacijai priklauso nuo skrydžio morfologijos ir maisto ieškojimo apribojimų (Norberg, Rayner, 1987). Šikšnosparniai su didesniu manevringumu gali lengviau prisitaikyti prie miesto sąlygų. Jie gali išnaudoti mažas erdves ir lengviau išvengti kliūčių, tokių kaip pastatai ir medžiai. Miesto teritorijos, kuriose gausu vabzdžių dėl dirbtinės šviesos ar kitų priežasčių, gali būti palankesnės tam tikroms šikšnosparnių rūšims. Tačiau rūšys, priklausomos nuo specifinių maisto šaltinių, gali susidurti su sunkumais, jei miestas neaprupina tinkamais maitinimosi šaltiniais (Egert-Berg *et al.*, 2021).

### 1.2.1. Maitinimosi elgsena

Šikšnosparniai turi plačiausią bet kurios žinduolių kategorijos mitybos adaptacijų ir kaukolės morfologijų spektrą bei pasižymi įvairiomis trofinėmis nišomis, kur echolokuojantys šikšnosparniai minta įvairiu maistu, įskaitant vabzdžius, stuburinius gyvūnus, augalines medžiagas (lapus, vaisius, nektarą ir žiedadulkes) ir net kraują, o neecholokuojantys šikšnosparniai maitinasi daugiausia augaline medžiaga, tačiau, kaip ir kitų žinduolių, šikšnosparnio jaunikliai minta pienu nuo gimimo iki „pilnametystės“. (Dumont, O'Neal, 2004; Dumont, 2007; Fenton, Simmons, 2014; Brinklov *et al.*, 2022). Kaip teigia T. Hutson (2022), apie 75% visų šikšnosparnių rūšių yra vabzdžiaėdžiai. Vidutinio klimato regionuose, taip pat ir Lietuvoje, aptinkamos šikšnosparnių rūšys maitinasi vabzdžiais ir kitais bestuburiais (Fenton, Simmons, 2014). Tiksliai jų mitybos sudėtis gali skirtis priklausomai nuo šikšnosparnių rūšies ir maisto šaltinių konkrečioje buveinėje (Dietz, Keifer, 2016). Vabzdžiaėdžių šikšnosparnių sudėtinga echolokacija skiriasi priklausomai nuo jų rūšies, ir nuo maisto šaltinio. Šikšnosparniai maistui naudoja daugybę vabzdžių ir kitų bestuburių, kurie yra aktyvūs būtent naktį. Šikšnosparniai gaudo mažus mašalus ir kitus skraidančius vabzdžius, taip pat voragyvius ir gali sumedžioti 2000–3000 vabzdžių per vieną naktį (Brinklov *et al.*, 2022; Hutson, 2022).



Tyrimais nustatyta, kad pavasarį skirtingų rūšių šikšnosparniai maitinasi skirtingu grobiu, o didesnis trofinis nišų persidengimas stebimas vasarą ir rudenį (Andriollo *et al.*, 2021). Todėl simpatrijoje gyvenančios rūšys diferencijuotai naudoja turimus išteklius, o tai sumažina nišų persidengimą ir stabilizuoja konkurenciją (Hutchinson, 1957). Todėl kiekvienos rūšies šikšnosparniai naudoja skirtingas maitinimosi vietas ir renkasi maisto ieškojimo strategiją, kurios nauda yra didžiausia bei taip taupo savo energijos suvartojimą pritaikydami savo maitinimosi strategijas prie buveinės ir aplinkos (Denzinger, Schnitzler, 2013, Andriollo *et al.*, 2021; Stidsholt *et al.*, 2023). Šikšnosparniai išnaudoja įvairius medžioklės plotus nuo atvirų laukų ir vandens telkinių, kur jie gali gaudyti virš laukų ir vandens skraidančius vabzdžius, iki miškingų vietovių ir miesto aplinkos, kur vabzdžiai būriuojasi aplink dirbtinės šviesos šaltinius. Aplinkos savybės ir jos sudėtis šikšnosparniams yra gyvybiškai svarbi informacija. Tipiškos maitinimosi vietos, tokios kaip miško pakraščiai, pavieniai medžiai ar krūmai, pievos ir vandens telkiniai yra konkretaus grobio buvimo rodikliai. Tyrimai parodė, kad atstumas tarp šikšnosparnio ir aplinkos arba grobio ir aplinkos yra tinkamiausia ekologinė sąlyga ieškant maitinimosi šaltinio. Pagal šias sąlygas buvo apibrėžtos trys pagrindiniai jų maitinimosi buveinių tipai: atvira, pakraščio ir uždara (Fenton, 1990; Schnitzler *et al.*, 2003). Šikšnosparnių echolokacija skiriasi priklausomai nuo buveinės, kurioje jie medžioja, kadangi kiekvienoje buveinėje šikšnosparniai turi atlikti erdvinį orientavimąsi. Uždaroje erdvėje šikšnosparniai turi ne tik rasti grobį, kuris yra ant augmenijos ar žemės ar šalia jos, bet ir išspręsti erdvinės orientacijos problemą arti foninių taikinių. Pakraščio erdvėje šikšnosparniai ieško grobio, skraidančio netoli augmenijos pakraščių, tarpuose ar virš plokščių vandens paviršių, taip pat naudoja foninius taikinius kaip orientyrus erdvinei orientacijai. Atviroje erdvėje šikšnosparniai medžioja grobį toli nuo augmenijos ar žemės (Schnitzler *et al.*, 2003).

Šikšnosparnių maisto ieškojimo elgesį galima suskirstyti į 5 skirtingas strategijas: „Ariel Hawking“, „Gleaning“, „Pounce feeding“, „Trawling“ ir „Perch-feeding“ arba dar kitaip vadinamą „Flycatching“. Dauguma rūšių turi mėgstamiausią maisto ieškojimo strategiją, tačiau gali naudoti daugiau nei vieną metodą (Dietz, Keifer, 2016; Hutson, 2022, Stidsholt *et al.*, 2023). Šikšnosparniai kaip pagrindinę maisto ieškojimo taktiką naudoja „Ariel Hawking“, grobio pagavimą skrendant, dažnai santykinai atviroje buveinėje, kur grobio aptikimas yra lengvesnis su mažiau painiais foniniais aidais (Wilson, Mittermeier, 2019; Hutson, 2022). Tačiau dauguma šikšnosparnių tam tikromis naktimis naudoja tam tikrą maitinimosi strategiją, kas rodo, kad šikšnosparniai savo medžioklės elgesį pritaiko ir prie oro ir prie aplinkos sąlygų. Toks grobio keitimas, suderintas su aplinkos dinamika, vaidina pagrindinį vaidmenį taupant energijos suvartojimą (Stidsholt *et al.*, 2023). Plačiausiai naudojama medžioklės taktika Lietuvoje gyvenančių šikšnosparnių yra „Ariel Hawking“ – vabzdžių gaudymas skrendant. Prie tokių šikšnosparnių galima priskirti ir rudąjį nakvišą (*Nyctalus noctula*), kuris neria staigiu spiralės judesiu žemyn, kad pagautų aptiktą vabzdį, toks medžiojimo

būdas kartais dar vadinamas „stoop feeding“ (Dietz, Keifer, 2016; Hutson, 2022). *Myotis* genties šikšnosparniai taip pat gali taikyti „Ariel Hawking“ metodą, tačiau jie modifikuoja savo skleidžiamus signalus, kad negautų per daug painių aidų (Hutson, 2022). Daugelis rūšių, ieškančių maisto tankioje augmenijoje, taip pat maitinasi bestuburiais, besiilsinčiais ant lapo ar medžio kamieno. Yra šikšnosparnių rūšių, kurios specializuojasi taikant „Gleaning“ rinkimo techniką – sugauti besiilsintį grobį. Tokie šikšnosparniai yra prisitaikę girdėti labai silpną triukšmą, kurį sukelia ant žemės gyvenantys gyvūnai ir gali vertinti smulkius aido spektro pokyčius, kurie gali reikšti, kad gyvūnai keičia savo laikyseną (Neuweiler, 1989). Be vabzdžių „rinkimo“ nuo augalų, kai kurie šikšnosparniai gaudo vorus iš jų tinklų, tai ypač būdinga kai kurioms *Myotis* genties (*Myotis nattereri*) rūšims ir rudajam ausyliui (Dietz, Keifer, 2016; Hutson, 2022). Artima „Gleaning“ medžioklės strategijai yra "Pounce feeding", kai šikšnosparnis skrenda labai arti žemės ir gali aptikti grobį ne tik echolokacijos būdu, bet ir klausydamasis paties grobio judėjimo. Medžiojant tokia taktika jie nusileidžia labai arti grobio ir persekioja jį (Hutson, 2022). Tokia medžioklės taktika būdinga galimai Lietuvoje aptiktai rūšiai didžiajam pelėausiui (*Myotis myotis*). „Trawling“ arba grobio čiupimo nuo vandens paviršiaus techniką ypač praktikuoja įvairios *Myotis* (*Myotis daubentonii*, *Myotis dasycneme*) rūšys iš viso pasaulio. Tai apima skraidymą žemai virš vandens, kad būtų galima aptikti grobį, pavyzdžiui, vabzdžius vandens paviršiuje. Aptikus tinkamą grobį, šikšnosparnis nuleidžia kojas ir (arba) uodeginę plėvę į vandenį, kad pačiuptų grobį nuo vandens paviršiaus, o skrydžio metu perduoda jį į burną (Dietz, Keifer, 2016; Hutson, 2022). „Perch-feeding“ metodas yra tada, kai šikšnosparnis išsirenka patogų tašką kabėjimui (dažniausiai pasirinktame augale) ir stebi aplinką, laukia tinkamo grobio. Pastebėjęs tokį grobį, palieka stebėjimo vietą ir jį pradeda vytis. Reguliaros „Perch-feeding“ vietos pasirinkimas taip pat būdingas daugeliui „Gleaning“ techniką naudojantiems šikšnosparniams. Tokių vietų apžiūra teikia naudingą informaciją apie šikšnosparnių mitybą, kadangi joje galima aptikti nepanaudotų arba pašalintų grobio liekanų (Hutson, 2022).

### 1.2.2. Veisimosi elgsena

Sezoniniai klimato svyravimai vidutinio klimato regionuose stipriai įtakoja šikšnosparnių veisimosi sezonus (Wilson, Mittermeier, 2019). Šikšnosparnių veisimasi veikia aplinkos sąlygos, o maisto prieinamumo sezoniškumas lemia vados dydį, metinį vadų skaičių ir veisimosi laiką (Dietz, Kalko, 2007; Wilson, Mittermeier, 2019; Hutson, 2022). Nėštumas trunka apie 6 savaites, per kurias patelė padidina savo svorį 1/3 ar daugiau (Hutson, 2022). Dauguma poravimosi vyksta rudenį, patinas gina teritoriją ir pritraukia pateles, kurios gali poruotis su keliais patiniais (Hutson, 2022). Kai kurie šikšnosparniai migruoja žiemoti į tinkamesnes vietas, kur poravimasis dažniausiai vyksta ankstyvą pavasarį (Wilson, Mittermeier, 2019).

Dauguma šikšnosparnių lytiškai subręsta ir pagimdo sulaukę vienerių ar dvejų metų (Hutson, 2022). Nėščios patelės buriasi į motinines kolonijas, kuriose gali būti ir nesubrendusių patelių bei kai kurių patinų. Po gimdymo motina žindo apie 6 savaites (Hutson, 2022). Šikšnosparniai dažniausiai susilaukia vieno jauniklio (monotocy), tačiau kai kurios rūšys gali turėti daugiau jauniklių (polytocy) (Barclay, Harder, 2003).

Jaunikliai greitai lavina echolokacijos įgūdžius, išmoksta rasti maisto ir migracijos maršrutus (Hutson, 2022). Daugumos rūšių jaunikliai pirmąją žiemą išgyvena apie 50 %, o subrendus išgyvenamumas padidėja iki 70 % per metus. Vidutinė gyvenimo trukmė yra apie 5–7 metus (Hutson, 2022).

### 1.2.3. Buveinės miestuose

Pasaulio miestų užimamos teritorijos plotas per mažiau nei 30 metų padvigubėjo, o iki 2050 m. prognozuojama, kad 68% pasaulio žmonių populiacijos gyvens miestuose (Rodriguez-Aguilar *et al.*, 2017; Lewanzik *et al.*, 2022). Dėl didėjančios urbanizacijos daugelis specializuotų šikšnosparnių praranda gyvenamąsias vietas, maitinimosi teritorijas ir dėl to dažnai išnyksta iš labai urbanizuotų vietovių (Russo, Ancillotto, 2015). Nepaisant daugybės neigiamų urbanizacijos padarinių laukinei gamtai, šikšnosparnių populiacijos gali išgyventi miesto aplinkoje, jei užtikrinamos tam tikros sąlygos, pavyzdžiui, prieiga prie augalijos ir vandens telkinių bei žemas dirbtinės šviesos (*angl.* akronimas ALAN) lygis nakties metu. Tyrimai rodo, kad didesne dalimi nepralaidūs paviršiai (dirbtinės konstrukcijos) turi teigiamą poveikį kai kurioms rūšims, tokioms kaip *P. pipistrellus*, todėl šikšnosparnių reakcija į urbanizaciją yra labai specifinė rūšiai. (Russo, Ancillotto, 2015; Rodriguez-Aguilar *et al.*, 2017; Lewanzik *et al.*, 2022).

Natūralių dienojimo vietų sumažėjo dėl buveinių nykimo ir žemės paskirties pasikeitimo, todėl miestų pastatai įgijo vertę šikšnosparniams (Russo, Ancillotto, 2015).

Miestuose susidaro didelio masto erdvinės mozaikos, todėl mažųjų šikšnosparnių pobūrio (Microchiroptera) atstovai dažnai sudaro pagrindinę miestų žinduolių faunos dalį ir dėl šios priežasties svarbu tirti šikšnosparnių rūšių pasiskirstymą miestų sąlygomis (Threlfall *et al.*, 2011). Vienas iš privalumų, kurį miestai ir gyvenvietės suteikia šikšnosparniams prisitaikantiems prie pastatų, yra dienojimo vietų siaurose naujausių pastatų erdvėse prieinamumas. Žmonių įrengtos statinių konstrukcijos gali imituoti uolose, urvuose ar medžiuose, visose svarbiose natūraliose dienojimo vietose randamas struktūrinės ir funkcinės savybes, todėl šikšnosparniai išmoko išnaudoti naują dirbtinę aplinką dienojimui (Russo, Ancillotto, 2015). Visoje Europoje šikšnosparniai reguliariai naudoja dirbtines antžemines konstrukcijas ir statinius, tokius kaip tiltai, pilys, bažnyčios, įvairūs namai ir pastatai, ištisi daugiabučių kvartalai, ūkiniai pastatai - tvartai, arklidės ir pan. Kai

kurios rūšys net tapo priklausomos nuo tokių dirbtinių struktūrų, pvz., *Eptesicus* ir *Pipistrellus* genčių šikšnosparniai įprastai gyvena pastatuose. *M. daubentonii* kai kuriose šalyse ypač dažnai renkasi tiltus ir buriasi tiek senuose, tiek naujuose statiniuose, jų sienų įtrūkimuose. *Plecotus* genties rūšys kai kuriose šalyse vis labiau pasikliauja žmogaus sukurtomis buveinėmis dėl to, kad viena po kitos prarandamos tinkamos natūralios buveinės (Marnell, Presetnik, 2010). Miesto parkai tai pat yra svarbūs padedant šikšnosparniams patenkinti jų poreikius miesto kraštovaizdyje, ypač jei miesto žaliosios erdvės yra miškingos ir čia augantys seni, drevėti medžiai suteikia taip reikalingas slėptuves. (Pauža ir kt., 2004; Patriquin, 2019).

Kadangi pastatų ir natūralių buveinių sąlygos skiriasi, tai gali turėti įtakos šikšnosparnių energetikai ir reprodukcijai (Lausen, Barclay, 2006). Buveinės pastatuose gali užtikrinti šiltesnį mikroklimatą nėsčioms patelėms, sumažinant jų homeotermijos sąnaudas, paspartinti reprodukcijos laiką ir pagerinti jauniklių augimą, bei fizinį pasirengimą (Kerth *et al.*, 2001; Lausen, Barclay, 2006).

### 1.3. Šikšnosparnių rūšių statusas

Nepaisant šikšnosparnių svarbos, jų populiacijos susiduria su daugybe grėsmių, todėl tiek Europoje tiek ir Lietuvoje dedamos pastangos juos apsaugoti. Šikšnosparniai yra saugomi visose Europos šalyse remiantis nacionaliniais ir tarptautiniais įstatymais.

Svarbus dokumentas yra Lietuvos Respublikos saugomų gyvūnų, augalų ir grybų rūšių sąrašas, kuris tvirtinamas aplinkos ministro įsakymu ir reguliariai atnaujinamas. Šiame sąrašė išskiriami įvairių taksonų organizmai, kurie yra laikomi nykstančiais, pažeidžiamais, retais arba endeminiais. Remiantis šiuo sąrašu yra rengiama Lietuvos raudonoji knyga yra įtrauktos 6 šikšnosparnių rūšys: europinis plačiaasis (*Barbastella barbastellus*), kuris priskiriamas VU (pažeidžiami) pagal IUCN (Tarptautinės gamtos išsaugojimo sąjungos) kriterijus, vėlyvasis šikšnys (*Eptesicus serotinus*) – LC (nekeliantis susirūpinimo), Branto pelėausis (*Myotis brandtii*) – VU, kūdrinis pelėausis (*Myotis dasycneme*) – NT (arti grėsmės), Natererio pelėausis (*Myotis nattereri*) – DD (trūksta duomenų) ir dvispalvis plikšnys (*Vespertilio murinus*) – DD (Rašomavičius, 2021). Lietuvos Respublikos griežtai saugomų gyvūnų, augalų ir grybų rūšių sąrašė yra įtraukta viena rūšis - kūdrinis pelėausis (*Myotis dasycneme*). Šikšnosparnių apsaugą Lietuvoje reglamentuoja LR laukinės gyvūnijos įstatymas, LR saugomų gyvūnų, augalų, grybų rūšių ir bendrijų įstatymas, LR saugomų teritorijų įstatymas ir kt. teisės aktai.

1992 m. Jungtinių Tautų buvo priimta Biologinės įvairovės konvencija, kurios tikslas yra išsaugoti biologinę įvairovę. Europos laukinės gamtos ir natūralių buveinių apsaugos konvencija, vadinamoji Berno konvencija, tarptautiniu mastu reglamentuoja natūralių buveinių ir rūšių apsaugą. Visos europinės šikšnosparnių rūšys, išskyrus šikšniuką nykštuką (*Pipistrellus pipistrellus*), Berno

konvencijos II priede nurodytos kaip griežtai saugomos. Pastaroji rūšis įtraukta į III priedo sąrašą ir jos apsaugos lygis yra žemesnis. Migruojančių laukinių gyvūnų rūšių išsaugojimo konvencija, vadinamoji Bonos konvencija, reglamentuoja migruojančių gyvūnų rūšių apsaugą ir išsaugojimą visame pasaulyje. Į Bonos konvencijos II priedą įtrauktos rūšys, kurioms negresia išnykimas, tačiau kurioms būtų naudingos tarptautiniu mastu koordinuojamos išsaugojimo priemonės, o tai apima visas Europos šikšnosparnių rūšis. Didžiausią poveikį turi 1994 m. Sutartis dėl šikšnosparnių apsaugos Europoje (žinoma kaip EUROBATS arba Londono sutartis). Ratifikavus šį susitarimą, šalių prašoma apsaugoti visas Europoje paplitusias šikšnosparnių rūšis taikant nacionalinius teisės aktus, viešuosius ryšius ir išsaugojimo priemones.

Europos Sąjungos Buveinių direktyvos (1992 m. gegužės 21 d. Tarybos direktyva 92/43/EEB dėl natūralių buveinių ir laukinės faunos bei floros apsaugos) tikslas – apsaugoti natūralias buveines ir laukinę fauną bei florą. Šiuo atveju prioritetą teikiama visos Europos saugomų teritorijų sistemos "Natura 2000" tinklo sukūrimui. Kiekviena valstybė narė privalo įgyvendinti šią direktyvą nacionalinių teisės aktų pagalba ir turi nustatyti bei įsteigti saugomas teritorijas visiems šios direktyvos prieduose išvardintiems buveinių tipams ir rūšims. Direktyvos nuostatuose numatyta, kad reguliariai būtų teikiamos ataskaitos apie stebimą šių saugomų rūšių populiacijų ir buveinių būklę, o taip pat įrodymai, kad buvo imtasi prevencinių priemonių ir kad buvo pasiekti išsaugojimo tikslai.

#### 1.4. Šikšnosparnių rūšinės įvairovės nustatymo metodai

Šikšnosparnių rūšių įvairovės nustatymo metodai apima akustinę stebėseną, kurios metu rūšys identifikuojamos pagal jų unikalius skleidžiamus echolokacijos signalus, morfologinį identifikavimą bei genetinę analizę, siekiant tiksliai identifikuoti rūšis (Kruskop, 2021).

##### 1.4.1. Morfologija ir genetika

Morfologija, organizmų formos ir struktūros tyrimas, tradiciškai buvo šikšnosparnių rūšių nustatymo pagrindas. Šis metodas apima fizinių savybių, tokių kaip dydis, forma, spalva ir anatomicinės savybės, tyrimą. Šikšnosparnių nustatymui ypač svarbūs specifiniai bruožai, tokie kaip sparnų morfologija, ausies forma ir dydis, dantų struktūra (Simmons, 2005). Šios charakteristikos gali būti labai įvairios ir specifinės tarp šikšnosparnių rūšių, todėl morfologinis identifikavimas leidžia klasifikuoti ir palyginti rūšis pagal matomus skirtumus ir panašumus. Išorinė šikšnosparnių morfologija naudojama ne tik rūšiai identifikuoti, bet ir skrydžio bei maitinimosi elgsenai tirti (Schmieder *et al.*, 2015).

Morfologinis identifikavimas, nors ir prieinamas bei ekonomiškasis, tačiau turi savo apribojimų. Morfologinės savybės kartais gali būti apgaulingos dėl fenotipinio plastiškumo, kai

aplinkos veiksniai daro įtaką fiziniams organizmų bruožams, todėl toje pačioje rūšyje atsiranda skirtumų (Poon *et al.*, 2023). Sudėtinga identifikuoti tiriant jaunos individus, kadangi šis metodas labai priklauso nuo išsamių taksonominių žinių (Wagele *et al.*, 2011). Kai kurios šikšnosparnių rūšys morfologiškai gali nesiskirti viena nuo kitos, nepaisant to, kad yra genetiškai skirtingos. Tokiais atvejais naudojami tikslesni metodai. Vienas iš tokių yra genetinis - DNR barkodavimas. Genetiniai identifikavimo metodai, tokie kaip dalinio citochromo b geno amplifikacija iš mitochondrijų DNR, yra veiksmingi ir patikimi atskiriant rūšis, papildant morfologinius metodus, užtikrinančius tikslų rūšies identifikavimą bei padedant tirti ekologinius ryšius ir evoliucijos modelius (Arnaout *et al.*, 2022; Poon *et al.*, 2023).

Naudojant morfologinį ir genetinį metodus, galima geriau nustatyti rūšį, todėl esant poreikiui abu šie metodai gali būti įtraukti į lauko tyrimus, kuriais siekiama apibūdinti rūšių įvairovę (Khan *et al.*, 2008).

#### 1.4.2. Echolokacijos signalai ir jų interpretacija

Šikšnosparniai prisitaikę prie naktinio gyvenimo būdo, kad išvengtų plėšrūnų, kurie yra aktyvūs dienos metu, todėl jie maitinasi vabzdžiais, kurie aktyvūs nakties metu (Jones, Rydell, 1994). Dėl šios priežasties skraidymui ir orientavimuisi aplinkoje daugiau nei 1100 šikšnosparnių rūšių naudoja sudėtingą biologinę sonaro sistemą, kuri remiasi gyvūno garso kūrimo ir priėmimo sistemų sąveika, taip pat jo gebėjimu greitai apdoroti ir reaguoti į gaunamus aidų srautus dinamiškame garsovaizdyje – echolokaciją (Speakman, 2001; Moss *et al.*, 2023). Jų vokalizacija neapsiriboja vien navigacija, skleidžiami signalai tarnauja sudėtingam bendravimo ir socialinių funkcijų spektrui (Middleton *et al.*, 2014). Todėl atsižvelgiant į jų socialumą, polinkį pasikliauti ne regėjimu, o klausia ir sudėtinga garso bei balso echolokacijos sistema, nenuostabu, kad šikšnosparniai naudoja platų komunikacijos signalų spektrą (Salles *et al.*, 2019). Šikšnosparnių rūšių skleidžiami signalai skiriasi savo amplitude, trukme ir dažniu. Šis pokytis yra susijęs ne tik su grobiu, bet ir su maitinimosi strategija bei buveine, kurioje jie paprastai maitinasi, kadangi įvairios šikšnosparnių rūšys koreguoja savo echolokacijos skleidžiamų signalų dažnį ir modelius pagal savo ekologines nišas ir medžioklės strategijas (Russ, 2012; Moss *et al.*, 2023). Nors buveinė yra svarbus veiksnys, lemiantis šikšnosparnių echolokacijos signalų "formą", tačiau skleidžiamų signalų charakteristikos taip pat gali skirtis priklausomai nuo lyties, amžiaus, kūno dydžio, geografinės padėties (Russ, 2012). Šikšnosparniai skleidžia signalus per burną arba nosį (Altringham *et al.*, 2011; Russ, 2012). Daugumos šikšnosparnių rūšių echolokacijos signalai yra maždaug nuo 20 kHz iki 120 kHz (Altringham *et al.*, 2011). Šikšnosparnių skleidžiamų signalų struktūrą įvairovė rodo jų ekologinį universalumą.

Yra 3 pagrindiniai šikšnosparnių skleidžiamų signalų struktūros tipai (Russ, 2012). **CF** pastovus dažnis - signalas, kurio dažnis nesikeičia per visą jo trukmę (Neuweiler, 2000). **QCF** beveik pastovus dažnis - signalas, kurio dažnis sklinda tik siauroje dažnių juostoje (<5 kHz). **FM** dažnis moduluotas – būdingas trumpas, staigus dažnių slinkimas žemyn, nuo 60 kHz (tačiau gali būti ir aukštesni dažniai) iki maždaug 30 kHz. Šių signalų dažniai kinta >5 kHz dažnių diapazone. Tokio dažnio signalus skleidžia daugelis vidutinio klimato lygianosių šeimos atstovų (Altringham et al, 2011). Tačiau kai kurių rūšių šikšnosparniai pritaiko visus šiuos 3 pagrindinius signalų tipus ir sudaro sudėtingesnę signalų struktūrą. **FM/QCF** - spektrogramoje tai reiškia „lūžį“ nuolydyje, kuris prasideda stačiai ir tada išsilygina (Russ, 2012). **QCF/FM** - signalas, kuris prasideda nuo QCF komponento, bet vėliau pereina į mažėjančią FM bangą. Spektrogramoje tai reiškia „lūžis“ nuolydyje, kuris prasideda beveik lygiai ir tada leidžiasi žemyn. **FM / plokščias galas** - mažėjanti FM banga, kuri atrodo kaip lygi kreivė be matomo „lūžio“ taško (Russ, 2012).

Tyrime naudojami ultragarso detektoriai, kurių programinėje įrangoje gali būti iš anksto įdiegti rūšies identifikavimo parametrai ir algoritmai, pagrįsti gausia signalų biblioteka, arba vartotojai gali būti nusistatę savo algoritmus pagal savo signalų bibliotekas ar žinomus signalų parametrus. Automatinis atpažinimas ir identifikavimas gali žymiai paspartinti šikšnosparnių signalų įrašų analizę. Tačiau naudojant automatizuotą sistemą visada gali būti tam tikrų klaidų ir netikslumų. Du pagrindiniai veiksniai, prisidedantys prie netikslumų, yra būdingas echolokacijos signalų struktūros kitimas ir panašumas tarp signalų, kuriuos sukuria kai kurios rūšys ar rūšių grupės, ir tai, kiek programa yra veiksminga išgaunant signalus (Russ, 2012). Visgi kol stebėtojai neįgyja reikalingos patirties, jie negali patikimai analizuoti detektorių pagalba gautų duomenų (Pauža, Paužienė, 1998).

*M. dasycneme* echolokacijos signalai paprastai yra moduluojami FM dažniu ir panašūs į *M. daubentonii*. Tipiškas jų echolokacijos signalų dažnių diapazonas dažnai yra maždaug nuo 23 iki 74 kHz, o pikas sutelkta apatiniame šio spektro gale, apie 30-35 kHz. Kai kuriuose medžioklės fazėse gali būti panaudojami CF dažnių signalai su pradiniu FM dažniu (Schober, Grimmberger, 1989; Britton et al., 1997). *M. daubentonii* sukuria dažnio moduluotus impulsus, pradėdant nuo maždaug 85 kHz ir baigiant maždaug 25 kHz, ir dažnai yra nedidelis lenkimas maždaug 40 kHz dažniu. Detektoriaus pagalba girdima greita garsų serija. Pulso pasikartojimo dažnis yra labai greitas ir reguliarus, palyginti su netaisyklingu *Pipistrellus* genties šikšnosparnių garsu (Russ, 2012). *M. brandtii* dažnio moduluoti impulsai, panašūs į *M. mystacinus*, prasideda maždaug 95 (90) kHz dažniu ir baigiasi maždaug 30 (34) kHz dažniu. Palyginti su *M. daubentonii*, jie skleidžia daug netaisyklingesnę ritmą (Russ, 2012). *M. mystacinus* sukuria tipinius dažnio moduluotus impulsus, prasidedančius maždaug 85 kHz ir pasibaigiančius maždaug 32 kHz (Russ, 2012). *M. nattereri* dažnis gali siekti nuo 145 kHz iki 15 kHz. Labai retai pasitaiko, kad bet kurios kitos *Myotis* rūšies signalai

būtų tokie žemi. Paprastai sunku nustatyti didžiausią dažnį, nes didžiausia energija pasiskirsto plačiame dažnių diapazone. Atvirose buveinėse skleidžia signalą, panašų į *Myotis daubentonii* ir *Myotis mystacinus*, nors pasikartojimo dažnis greitesnis ir signalas tylesnis. Skleidžiamo signalo dažnis yra labai didelis ir netaisyklingiausias iš visų *Myotis* rūšių (Russ, 2012). *Nyctalus noctula* sukuria du pagrindinius signalų struktūrų tipus: FM/QCF ir QCF. FM/QCF signalas sumažėja nuo maždaug 35 kHz iki 24 kHz. QCF signalas prasideda maždaug 23 kHz, baigiasi maždaug 18 kHz. Pikai atitinka 24 kHz ir 19 kHz (Russ, 2012). *Nyctalus leisleri* atvirose buveinėse, pavyzdžiui, skrendant aukštai virš galvijų ganyklų, naudoja ilgos trukmės QCF signalą, kurio pikas yra maždaug 23 kHz. Dažnai pakaitomis su FM/QCF signalu, kurio didžiausias pikas yra 27 kHz. Uždaroje aplinkoje, pavyzdžiui, skrendant žemai virš upės tarp dviejų medžių linijų, signalas yra labai staigus FM, o pikas gali būti 29 kHz (Russ, 2012). *Eptesicus serotinus* skleidžia FM/QCF signalą. Atvirose buveinėje, kai individai skrenda virš 8 m nuo žemės, pikas yra apie 25 kHz. Kai šikšnosparniai priartėja prie tankios augmenijos, pikas didėja, o signalo trukmė ir tarp impulsinis intervalas mažėja. Pavyzdžiui, individai, skrendantys virš vandens 4–5 m aukštyje, skleis signalus, kurių pikas bus apie 27 kHz, o skrendant maždaug 2 m atstumu nuo žemės pikas yra apie 30 kHz (Russ, 2012). *Eptesicus nilssonii* apibrėžiamas kaip FM/QCF tipas. Šie impulsai turi du komponentus: jie prasideda nuo stačios dažnio moduliacijos FM ir perėjo prie QCF dažnio moduliacijos antroje impulso dalyje (Fukui *et al*, 2004). Signalų dažnių diapazonas skirtingose aplinkose skiriasi, bet paprastai neviršija 25–50 kHz. Pikas, kur koncentruojama daugiausia energijos, dažnai būna apie 27–35 kHz (Wilson, Mittermeier, 2019). *Pipistrellus pipistrellus* skleidžia dažnio moduluotą impulsą, kuris baigiasi pastovaus dažnio uodega. Skleidžia FM/QCF signalus, kurie sumažėja nuo maždaug 70 kHz iki maždaug 43 kHz, o pikas yra maždaug 46 kHz. Atvirose ir neperkrautose buveinėse, pavyzdžiui, kai maitinasi toliau nei 6 m atstumu nuo artimiausios struktūros, signalai tampa ilgesni, pikas gali sumažėti iki maždaug 43 kHz. Uždarose buveinėse, pavyzdžiui, uždarame miško kelyje, pikas gali pakilti iki 48 arba 49 kHz (Russ, 2012). *Pipistrellus pygmaeus* skleidžia FM/QCF signalus, kurie sumažėja nuo maždaug 80 kHz iki maždaug 53 kHz, o pikas paprastai yra maždaug 55 kHz. Atvirose vietose, pavyzdžiui, skrendant aukštai virš tvenkinio, pikas gali nukristi iki maždaug 52 kHz. Uždaroje buveinėje, pavyzdžiui, skrendant miško keliu, pikas pakils ir gali siekti net 61 kHz (Russ, 2012). *Pipistrellus nathusii* skleidžia tipiską FM/QCF signalą, kuris prasideda maždaug 51 kHz dažniu ir baigiasi maždaug 36 kHz dažniu. Panašus į įprastą *P. pipistrellus* ir *P. pygmaeus*, išskyrus tai, kad pikas paprastai būna 36–41 kHz dažniu. Pasikartojimo dažnis yra pastebimai lėtesnis ir taisyklingesnis nei kitų dviejų *Pipistrellus*. Tankioje, uždaroje buveinėje, pavyzdžiui, maitinantis miško keliu, pikas gali pakilti iki 42 kHz. Atvirose buveinėse skrendant aukštai, pikas gali nukristi iki maždaug 36 kHz (Russ, 2012). *Plecotus auritus* skleidžia dažnio moduluotus signalus, paprastai susidedančius iš dvigubo signalo. Pirmasis vidutiniškai prasideda maždaug 55 kHz dažniu ir baigiasi



maždaug 24 kHz dažniu, o antrasis vidutiniškai prasideda maždaug 73 kHz dažniu ir siekia apie 51 kHz. Pikas paprastai yra dvigubo signalo pirmojoje dalyje apie 33 kHz. Uždaroje, tankioje buveinėje signalo trukmė ir impulsų intervalas mažėja, o pikas gali būti dvigubo signalo antroje dalyje. Santykinai neperkrautose aplinkoje, pavyzdžiui, bent 4 m atstumu nuo statinio ar žemės, signalo trukmė tampa labai ilga, o pikas sumažėja iki maždaug 20 kHz (Russ, 2012). *Barbastella barbastellus* kaitaliojasi tarp dviejų signalų tipų: vienas, kurio pikas yra apie 32 kHz, svyruoja nuo maždaug 40 kHz iki 28 kHz (FM), ir tylesnis, kurio pikas yra maždaug 42 kHz, prasidedančio maždaug 44 kHz ir pasibaigiančio maždaug 29 kHz (QCF/FM). Uždaroje, tankioje buveinėje, pavyzdžiui, išeinant iš stogo, skleidžiami staigaus dažnio moduluoti echolokacijos signalai, prasidedantys maždaug 50 kHz ir pasibaigiantys maždaug 27 kHz. Kai šikšnosparniai tolsta nuo perkrautos buveinės, šie signalai pasikeičia į antrąjį signalų tipą ir galiausiai prie jo pridedamas pirmasis skambučio tipas. Labai atvirose buveinėse antrojo signalo tipo pastovaus dažnio dalis tampa ilgesnė (Russ, 2012). *Vespertilio murinus* turi labai įvairios orientacijos signalų. Dažniausiai girdimi iš individų, medžiojančių dideliame aukštyje, tai yra dažnio moduluoti FM impulsai, kurie išsilygina iki QCF dažnio. Geriausiai girdimi maždaug 22–27 kHz dažniu (Zagmajster, 2003, Wilson, Mittermeier, 2019). Mažesniame aukštyje naudojami trumpesni signalai, kurie sklinda nuo 50 iki 20 kHz, o maksimali amplitudė yra apie 25 kHz (Rydell, Baagoe, 1994). Ši rūšis laikoma turinčia didžiausią skambučių įvairovę Europoje, todėl sunku ją atskirti nuo *Eptesicus* ir *Nyctalus* genčių rūšių (Zagmajster, 2003).

## 2. TYRIMO MEDŽIAGA IR METODAI

### 2.1. Tyrimų vietų Vilniaus mieste parinkimo principai

Prieš parenkant tinkamas vietas šikšnosparnių apskaitai, buvo atlikta išsami literatūros analizė. Ši analizė buvo skirta suprasti kiekvienos šikšnosparnių rūšies elgesį ir jos specifinius poreikius maitinimosi bei buvimo teritorijose.

Žinoma, kad šikšnosparnių vasaros monitoringui vietovės parenkamos atsižvelgiant į tai, kur galima tikėtis jų aktyvumo bei maitinimosi vietų buvimą. Remiantis literatūros analize, buvo vertinama ne tik geografinės vietos svarba, bet ir aplinkos savybės bei galimybės, kurios būtų palankios šikšnosparnių buvimui. Tai apėmė gamtos ir miesto objektų įvairovę, aplinkos darną, kurie galėjo turėti įtakos šikšnosparnių elgesiui ir pasiskirstymui. Taip pat buvo atsižvelgiama į ankstesnius tyrimus ir empirinius duomenis apie šikšnosparnių buvimą konkrečioje teritorijoje.

Vilniaus miesto žemėlapis su seniūnijų ribomis buvo importuotas į programinę įrangą ArcGIS Desktop 10.7.1. Atlikus šią procedūrą, buvo nustatytos Vilniaus seniūnijų ribos ir sukurtas tinklelis, kurio kvadrato langeliai buvo 1km x 1km dydžio. Toliau buvo atliekama detali geografinė analizė kiekvienoje seniūnijoje, siekiant įvertinti miesto teritorijos savybes, ekologinius veiksnius bei nustatyti potencialias tyrimo vietas.

Naudojant ArcGIS Desktop 10.7.1 programinę įrangą kartu su Google Earth Pro internetine platforma, buvo atrinktos 10 seniūnijų. Šiose seniūnijose buvo identifikuoti labiausiai tinkamos tyrimo vietos (toliau – tyrimo taškai) taip, kad patektų į 1km x 1km dydžio kvadratą, kuris buvo laikomas optimaliu pagal žinomas šikšnosparnių gyvenamos ir elgsenos savybes. Ši procedūra buvo skirta maksimizuoti galimybę aptikti įvairias šikšnosparnių rūšis tame rajone.

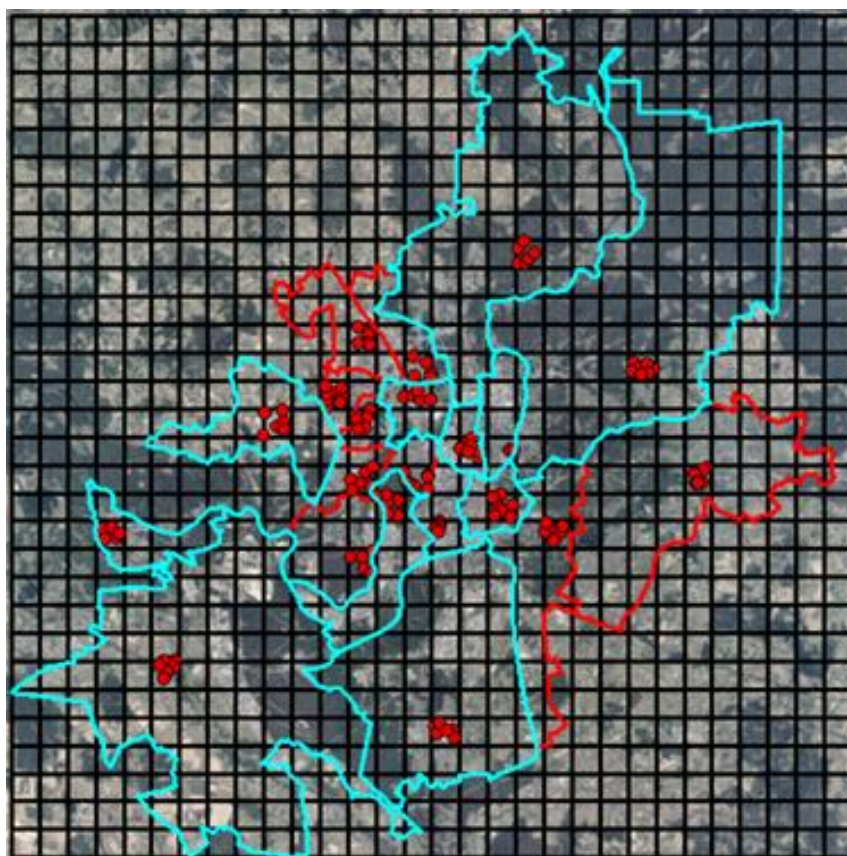
Kiekvienai atrinktai seniūnijai buvo parinkti įvairaus pobūdžio tyrimo taškai nuo gamtinių objektų, tokių kaip miškai, parkai, vandens telkiniai, iki urbanizuotų miesto teritorijų ir gyvenamųjų kvartalų. Šis tyrimo metodas buvo taikomas siekiant gauti kuo tikslesnį ir išsamų vaizdą apie skirtingų rūšių šikšnosparnių buvimą Vilniuje ir aplinkos poveikį jiems.

Po seniūnijų ir tyrimo taškų atrankos, buvo vykdomi fiziniai apsilankymai kiekvienoje atrinktoje vietoje. Vietos buvo aplankytos, nufotografuotos, o jų tinkamumas tyrimui buvo įvertintas empiriškai. Šis etapas buvo būtinas norint patikrinti ir patvirtinti anksčiau atliktų geografinių analizių rezultatus bei įsitikinti dėl tyrimo atlikimo galimybių.

Po fizinio apsilankymo dviejose seniūnijose - Pilaiteje ir Šeškinėje buvo pastebėta, kad kai kurie nustatyti tyrimo taškai negali būti fiziškai pasiekiami dėl vykdomų statybos darbų ar dėl kitų priežasčių. Todėl buvo atlikta tyrimo taškų korekcija ir nustatytos naujų tyrimo taškų vietos.

## 2.2. Tyrimo vietos ir laikas

Tyrimas buvo vykdomas Vilniaus mieste 2022 m. nuo liepos 4 d. iki rugpjūčio 4 d. Tyrimo plotas apėmė 10 iš 21 Vilniaus miesto seniūnijų: Verkių, Antakalnio, Senamiesčio, Šnipiškių, Šeškinės, Pilaitės, Grigiškių, Panerių, Naujininkų ir Vilkpėdės seniūnijas (1 pav.). Kiekvienoje iš šių seniūnijų išskirtame kvadrato buvo pasirinkta nuo 5 iki 7 apskaitos taškų remiantis būdingomis šikšnosparnių ekologijos ir teritorinės elgsenos ypatybėmis. Kiekviename iš apskaitos taškų buvo nustatytos koordinatės, aplinka nufotografuota, pasižymėtos oro sąlygos ir apskaitos laikas.



1 pav. Raudoni taškai kvadrato (1x1 km) žymi parinktas vietas šikšnosparnių apskaitai. Žydra spalva apibrėžtos seniūnijos, kuriose buvo atliekama apskaita (ArcGIS Desktop 10.7.1). Raudona spalva apibrėžtos seniūnijos kur potencialiai galima vykdyti šikšnosparnių apskaitą.

**Paneriai.** Tyrimas buvo atliekamas septyniuose taškuose (2 pav.):

- Trakų Vokės dvaro parkas (X: 6055484; Y: 571470);
- Miško alėjos pradžia (X: 6055300; Y: 571740);
- Miško alėjos pabaiga (X: 6055544; Y: 572130);
- Pirmasis tvenkinys (X: 6055651; Y: 572026);
- Antrasis tvenkinys (X: 6055609; Y: 571847);

- Trečiasis tvenkinys (X: 6055655; Y: 571614);
- Važiuojamoji kelio dalis prie gyvenamųjų pastatų (X: 6055052; Y: 571598).



2 pav. Panerių sen. pasirinktas kvadratas (1x1 km), kuriame pažymėti raudoni taškai nurodantys šikšnosparnių monitoringo atlikimo vietas (ArcGIS Desktop 10.7.1).

**Grigiškės.** Tyrimas buvo atliekamas penkiuose taškuose (3 pav.):

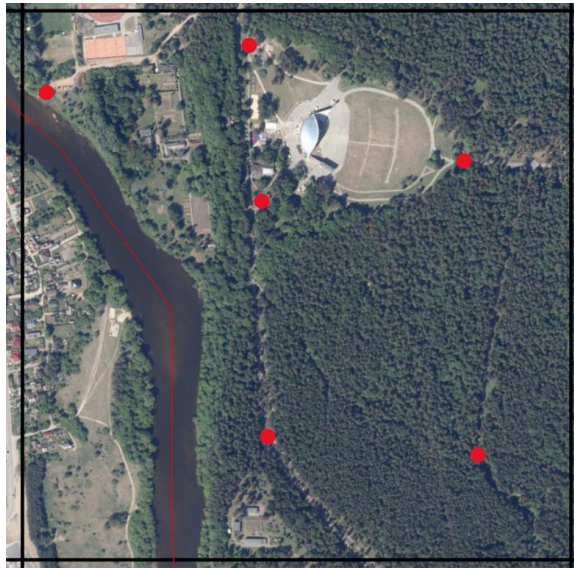
- Kranto g. (X: 6060042; Y: 569942);
- Grigiškių tiltas (X: 6060194; Y: 570002);
- Vandens pompavimo stotis (X: 6060437; Y: 569767)
- Vokės upės vingis (X: 6060392; Y: 569431);
- Prie Senujų Grigiškės kapinaičių (X: 6059994; Y: 569496).



3 pav. Grigiškių sen. pasirinktas kvadratas (1x1 km), kuriame pažymėti raudoni taškai nurodantys šikšnosparnių monitoringo atlikimo vietas (ArcGIS Desktop 10.7.1).

**Vilkpėdė.** Tyrimas buvo atliekamas šešiuose taškuose (4 pav.):

- Vingio parko pėsčiųjų miško takelis (X: 6060861; Y: 579996);
- Prie Picnic Bistro (X: 6061395; Y: 579976);
- Vingio parko estrados kairė pusė (X: 6061607; Y: 579579);
- Vingio parko estrados dešinė pusė (X: 6061325; Y: 579604);
- Vingio parko pliažas (X: 6061516; Y: 579212);
- M. K. Čiurlionio g. važiuojamosios dalies linkis (X: 6060894; Y: 579617).

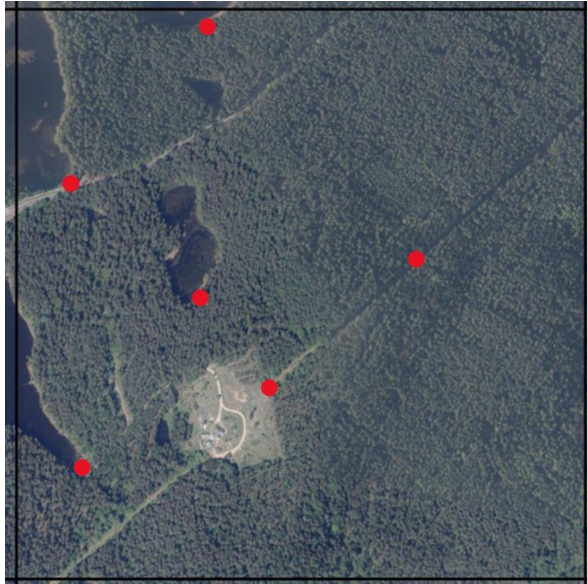


4 pav. Vilkpėdės sen. pasirinktas kvadratas (1x1 km), kuriame pažymėti raudoni taškai nurodantys šikšnosparnių monitoringo atlikimo vietas (ArcGIS Desktop 10.7.1).

**Verkiai.** Tyrimas buvo atliekamas šešiuose taškuose (5 pav.):

- Verkių miške prie pelkės (klumpelės formos) (X: 6070171; Y: 584494);
- Verkių miško tako alėja (X: 6070229; Y: 584872);
- Miško takelio pradžia su atvira aikštele (X: 6070005; Y: 584614);
- Bevardžio ežeras( dar kitaip vadinamas Caldera) (X: 6069869; Y: 584282);
- Also ežeras (X: 6070366; Y: 584261);
- Ežeras beveik virtęs pelke, netoli Žaliųjų Ežerų tako (X: 6070643; Y: 584502).

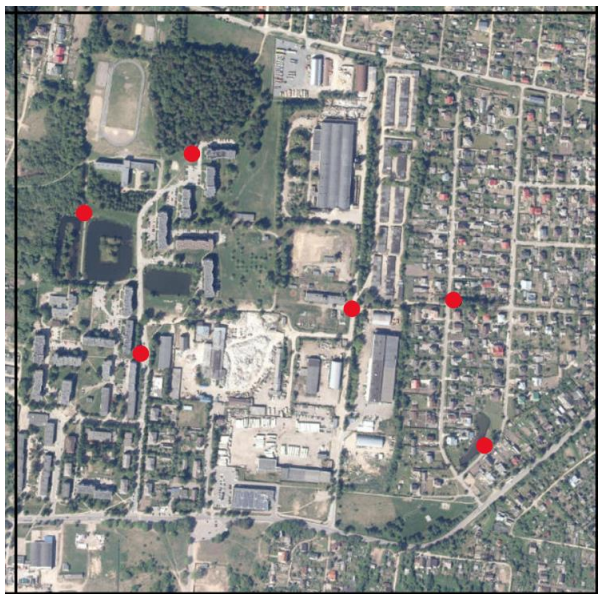




5 pav. Verkių sen. pasirinktas kvadratas (1x1 km), kuriame pažymėti raudoni taškai nurodantys šikšnosparnių monitoringo atlikimo vietas (ArcGIS Desktop 10.7.1).

**Naujininkai.** Tyrimas buvo atliekamas šešiuose taškuose (6 pav.):

- Vaikų g. (X: 6053111; Y: 581400);
- Tarp Salininkų tvenkinių (X: 6053324; Y: 581286);
- Vilniaus Salininkų gimnazija (X: 6053428; Y: 581470);
- Gamyklos g. tarp negyvenamųjų statinių (X: 6053161; Y: 581747);
- Gervėbalės ir Skaisteros gatvių sankirta (X: 6053173; Y: 581915);
- Mlynės g. prie namų tvenkinio (X: 6052922; Y: 581973).



6 pav. Naujininkų sen. pasirinktas kvadratas (1x1 km), kuriame pažymėti raudoni taškai nurodantys šikšnosparnių monitoringo atlikimo vietas (ArcGIS Desktop 10.7.1).

**Antakalnis.** Tyrimas buvo atliekamas septyniuose taškuose (7 pav.):

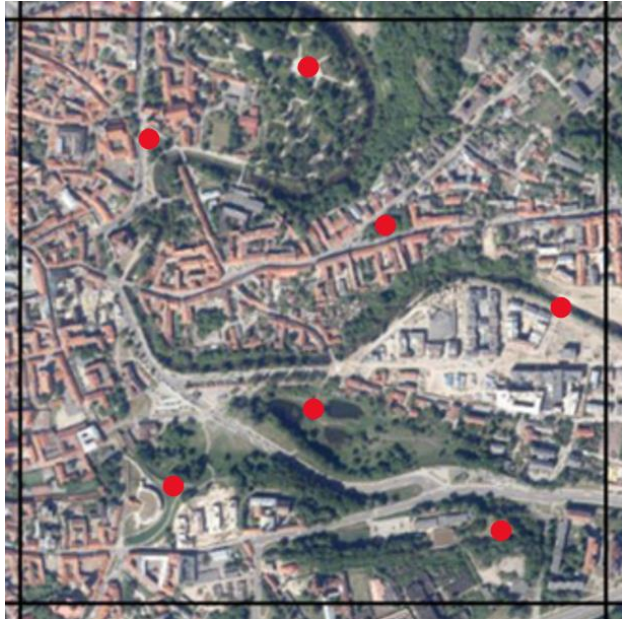
- Dvarčionių ežeras (X: 6066291; Y: 588364);
- S. Kerbečio g. prie gatvės apšvietimo lempos (X: 6065923; Y: 588318);
- S. Kerbedžio ir Pupojos gatvių sankirta (X: 6065872; Y: 588633);
- Užaugantis ežeras prie Juodvarnių stotelės Pupojos g. (X: 6066041; Y: 588618);
- Juodvarnių Sodų 9-oji g. (X: 6065928; Y: 588929);
- Juodvarnių ir Juodvarnių Sodų 20-tos gatvių sankirta (X: 6066101, Y: 589066);
- Dvarčionių Sodų 2-osios g. pabaiga (X: 6066241; Y: 588855).



7 pav. Antakalnio sen. pasirinktas kvadratas (1x1 km), kuriame pažymėti raudoni taškai nurodantys šikšnosparnių monitoringo atlikimo vietas (ArcGIS Desktop 10.7.1).

**Senamiestis.** Tyrimas buvo atliekamas septyniuose taškuose (8 pav.):

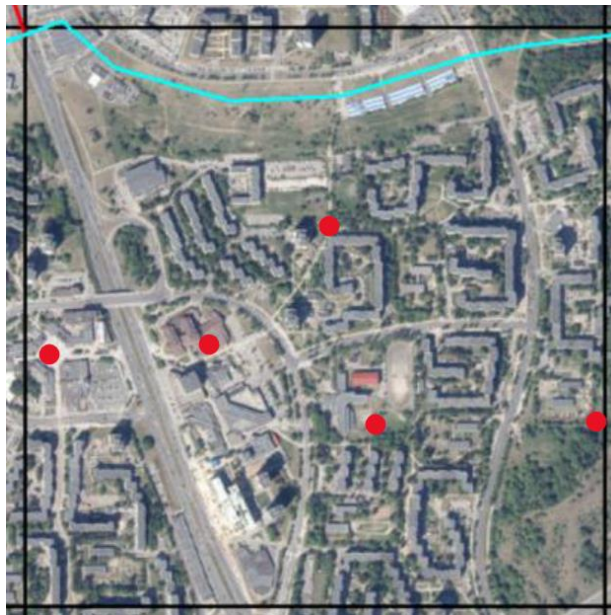
- Bernardinų sodas (X: 6061584; Y: 583653);
- Vilniaus Šv. Onos bažnyčia ir Vilniaus šv. Pranciškaus Asyžiečio (Bernardinų) parapija (X: 6061466; Y: 583413);
- Užupio skveras (X: 6061312; Y: 583788);
- Kūdrų parkas (X: 6061005; Y: 583670 m);
- Paupio-Užupio tiltas (X: 6061182; Y: 584093);
- Bastėjos kalnas (X: 6060862; Y: 583445);
- Vitebskio g. 18, aikštelė (X: 6060720; Y: 583969).



8 pav. Senamiesčio sen. pasirinktas kvadratas (1x1 km), kuriame pažymėti raudoni taškai nurodantys šikšnosparnių monitoringo atlikimo vietas (ArcGIS Desktop 10.7.1).

**Šeškinė.** Tyrimas buvo atliekamas penkiuose taškuose (9 pav.):

- Šeškinės Ozo kalva prie ženklo „Takas apilnk Vilnių“ (X: 6064983; Y: 581210);
- Žygimanto Augusto progimnazija (X: 6064990; Y: 580770);
- Paberžės g. galas daugiabučių komplekse (X: 6065324; Y: 580694);
- Šeškinės poliklinika vidinėje kiemo pusėje (X: 6065111; Y: 580496);
- Šeškinės skveras (X: 6065103; Y: 580214).

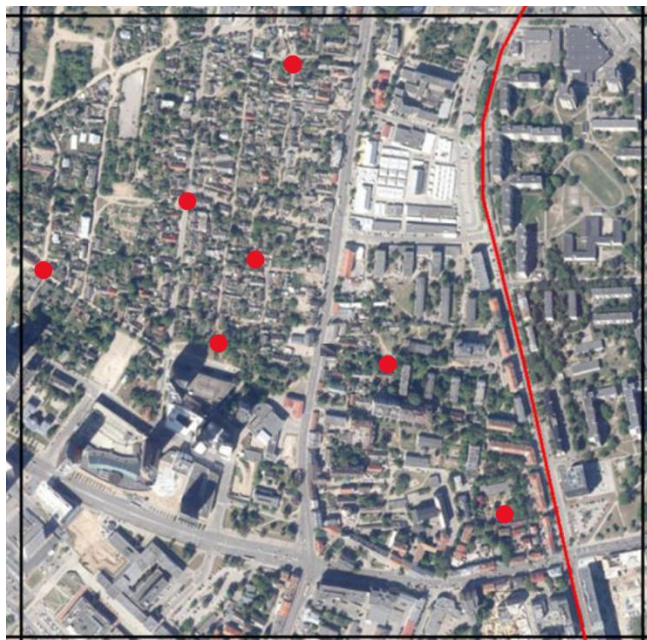


9 pav. Šeškinės sen. pasirinktas kvadratas (1x1 km), kuriame pažymėti raudoni taškai nurodantys šikšnosparnių monitoringo atlikimo vietas (ArcGIS Desktop 10.7.1).



**Šnapiškės.** Tyrimas buvo atliekamas septyniuose taškuose (10 pav.):

- Garažų aikštelė tarp Slucko, Krokuvos, Šeimyniškių ir Rinktinės gatvių (X: 6062864; Y: 582950);
- Gyvenamųjų namų komplekso parkingo aikštelė tarp Turgaus, Rinktinės, Krokuvos ir Turgaus gatvių (X: 6063107; Y: 582890);
- Šilutės g. vaikų žaidimo aikštelė (X: 6063146; Y: 582481);
- Krokuvos ir Verpių gatvių sankirtoje (X: 6063258; Y: 582199);
- Giedraičių g. prie gyvenamųjų namų (X: 6063373; Y: 582435);
- Saracėnų g. (X: 6063589; Y: 582607);
- S. Fino ir Saracėnų gatvių sankirtoje (X: 6063352; Y: 582575).



10 pav. Šnapiškių sen. pasirinktas kvadratas (1x1 km), kuriame pažymėti raudoni taškai nurodantys šikšnosparnių monitoringo atlikimo vietas (ArcGIS Desktop 10.7.1).

**Pilaitė.** Tyrimas buvo atliekamas šešiuose taškuose (11 pav.):

- Angelavos g. (X: 6063734; Y: 575189);
- Tvankstos g. tarp gyvenamųjų naujos statybos daugiaaukščių (X: 6064050; Y: 575561);
- Pilaitės pr. ir Varnės kapinaičių, prie sandėlio (X: 6064522; Y: 575211);
- L. Rėzos alėja prie naujos statybos gyvenamųjų namų (X: 6064648; Y: 575873);

- Karaliaučiaus, Pajotos, Tolminkiemio ir Vydūno gatvių senos statybos daugiabučių komplekso kiemo pievelėje (X: 6064218; Y: 575865);
- Karaliaučiaus, Vydūno, Tolminkiemio gatvių ir I. Kanto al. senos statybos daugiabučių komplekso kiemo pievelėje (X: 6063926; Y: 575879).



11 pav. Šnipiškių sen. pasirinktas kvadratas (1x1 km), kuriame pažymėti raudoni taškai nurodantys šikšnosparnių monitoringo atlikimo vietas (ArcGIS Desktop 10.7.1).

### 2.3. Apskaitų metodika

Šikšnosparnių rūšinės įvairovės apskaitos tyrimai vykdyti taikant modifikuotą taškinės apskaitos metodą, fiksuojant skleidžiamus ultragarso signalus detektoriumi (Masing, Baranauskas, 2011). Šikšnosparnių stebėjimui buvo naudojamas ultragarso detektorius "Echo Meter Touch 2", ir mobilusis telefonas "Samsung Galaxy J3", tam, kad užfiksuoti šikšnosparnių skleidžiamus signalus, bei žibintuvėlis keliui pasišviesti. Prieš pradėdant pirmą apskaitą buvo atliktas bandomasis stebėjimas, kurio metu buvo patikrinti ir sureguliuoti įrenginių parametrai, kad būtų užtikrintas kuo tikslesnis duomenų rinkimo procesas.

Į tiriamą teritoriją buvo atvykstama iš anksto, tyrimai vyko vakare, 1 val. po saulės laidos. Stebėjimo laikotarpis kiekviename apskaitos taške buvo 10 minučių, per kurias buvo stebimi ir įrašomi skrendančių šikšnosparnių ultragarso signalai. Šikšnosparnių apskaita buvo pakartotas antrą kartą tuose pačiuose apskaitos taškuose po 8 dienų intervalo, siekiant gauti patikimus duomenis (NABat North American..., 2018).

Be ultragarso signalų, taip pat buvo stebima vietos oro temperatūra, atsižvelgiama į klimato sąlygos stebėjimo metu, kadangi šikšnosparnių aktyvumas ir įrašytų signalų kokybė taip pat priklauso nuo fizinių ir atmosferos sąlygų. Tai leido įvertinti, ar stebėjimams pasirinktos tinkamos oro sąlygos, taip užtikrinant tikslius ir patikimus duomenis apie šikšnosparnių buvimą.

### 3. TYRIMŲ REZULTATAI IR APTARIMAS

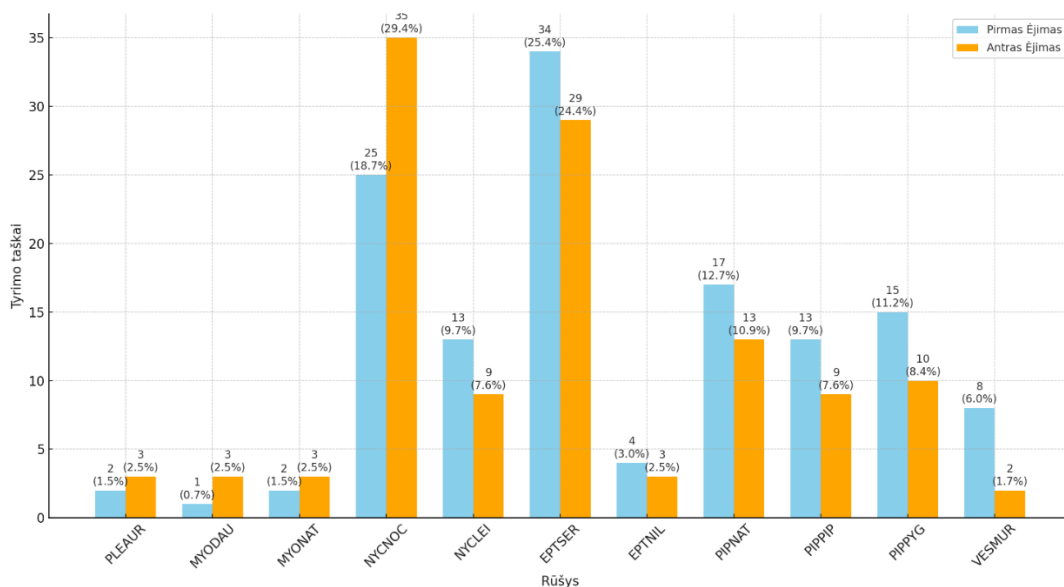
#### 3.1. Šikšnosparnių rūšinė įvairovė Vilniaus mieste

Viso tyrimo metu surinkta 3414 įrašų, kuriuose užfiksuota 25557 ultragarso signalų ir aptikta iš viso 11 šikšnosparnių rūšių: *N. noctula*, *N. leisleri*, *E. serotinus*, *E. nilssonii*, *P. nathusii*, *P. pipistrellus*, *P. pygmaeus*, *V. murinus*, *P. auritus*, *M. daubentonii*, *M. nattereri* (1 lentelė).

1 lentelė. Užfiksuotos rūšys tyrimo laikotarpiu 2022.07.04 – 2022.08.05. Skaičiai žymi šias seniūnijas: 1-Vilkpėdė, 2-Paneriai, 3-Grigiškės, 4-Šnipiškės, 5-Senamiestis, 6-Verkiai, 7-Antakalnis, 8-Naujininkai, 9-Šeškinė. 10-Pilaitė.

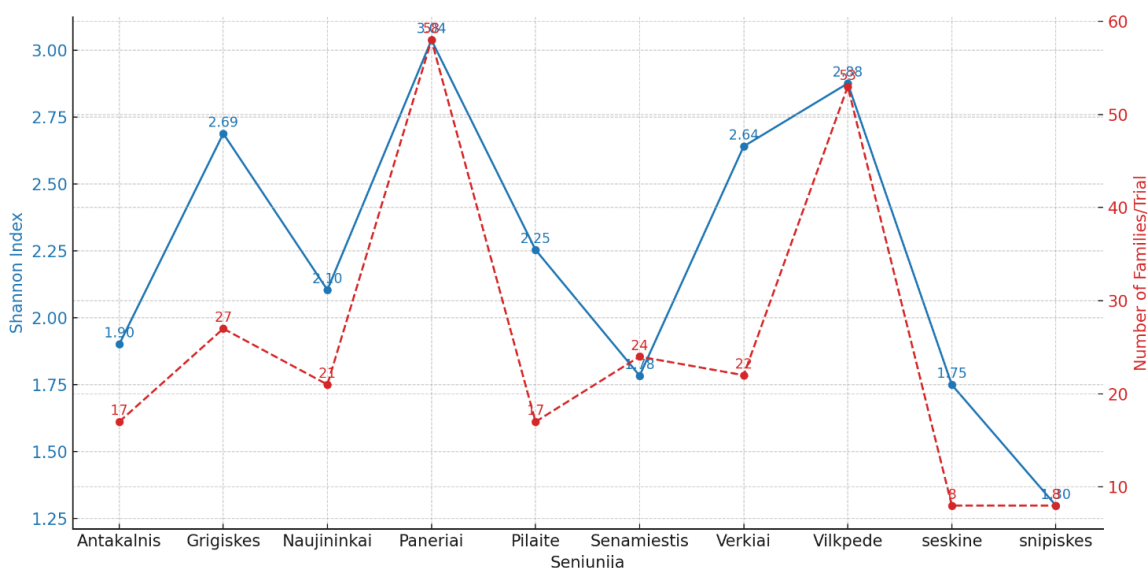
Rūšis	Tirtos seniūnijos										Viso seniūnijų
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>NYCNOC</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	<b>10</b>
<i>NYCLEI</i>	+	+		+	+	+		+	+	+	<b>8</b>
<i>EPTSER</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	<b>10</b>
<i>EPTNIL</i>	+	+					+	+			<b>4</b>
<i>PIP NAT</i>	+	+	+		+	+		+		+	<b>7</b>
<i>PIPPIP</i>	+	+	+			+			+		<b>5</b>
<i>PIPPYG</i>	+	+	+			+	+			+	<b>6</b>
<i>VESMUR</i>	+	+	+							+	<b>4</b>
<i>PLEAUR</i>	+	+				+		+			<b>4</b>
<i>MYODAU</i>		+	+								<b>2</b>
<i>MYONAT</i>		+	+								<b>2</b>
<b>Viso rūšių</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	

Išanalizavus duomenis nustatyta, kad šikšnosparniai paplitę visose tirtose teritorijose, tačiau jų rūšinis pasiskirstymas apskaitos taškuose yra netolygus. Pagal pateiktą diagramą galima matyti, kad kai kurios rūšys yra dažniau stebimos nei kitos, pavyzdžiui, *E. Serotinus* ir *N. noctula* yra dažniausiai stebimos rūšys, o kitos rūšys yra retesnės, tokios kaip *M. daubentonii* ar *M. nattereri* (12 pav.). Ne visos Lietuvoje aptinkamos rūšys buvo fiksuotos pasirinktose Vilniaus seniūnijose vykdyto tyrimo metu.



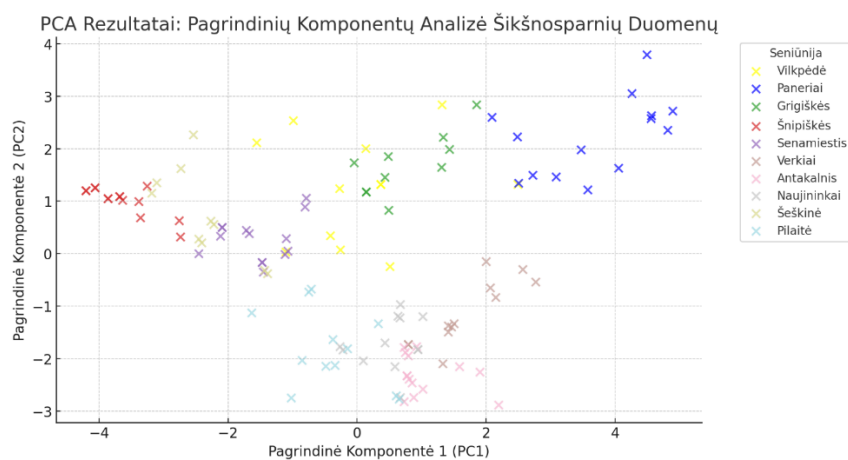
12 pav. Šikšnosparnių rūšių tendencijos per pirmą ir antrą ėjimus.

Vertinant šikšnosparnių rūšių įvairovę Vilniaus miesto seniūnijose buvo naudojamas Šenono indeksas. Remdamiesi grafiku, galime pastebėti, kad aukščiausi Šenono indekso rodikliai yra Paneriuose ir Vilkpėdėje, kas rodo didesnę šikšnosparnių rūšių įvairovę šiose seniūnijose (13 pav.). Žemiausi indeksai yra Senamiestyje ir Šnipiškėse, reiškiantys mažesnę įvairovę, įtakotą didesnės ekosistemų fragmentacijos šiose miesto dalyse. Šie duomenys atitinka teiginius apie urbanizacijos poveikį vietos ekosistemoms. Urbanizuotose vietovėse, tokiose kaip Senamiestis ir Šnipiškės, dažnai stebimas mažesnis bioįvairovės lygis dėl intensyvios žmogaus veiklos ir infrastruktūros plėtros, kuri gali sukelti buveinių fragmentaciją ir ekosistemų degradaciją.



13 pav. Šenono indeksas pagal seniūnijas.

Tam, kad įvertinti šikšnosparnių rūšių pasiskirstymą pasirinktose Vilniaus miesto seniūnijose buvo atlikta Pagrindinių komponentų analizė (PCA). PC1 ašis atspindi pagrindinį skirtumą tarp šikšnosparnių rūšių pasiskirstymo seniūnijose. PC2 ašis atspindi antrą didžiausią variaciją duomenyse.



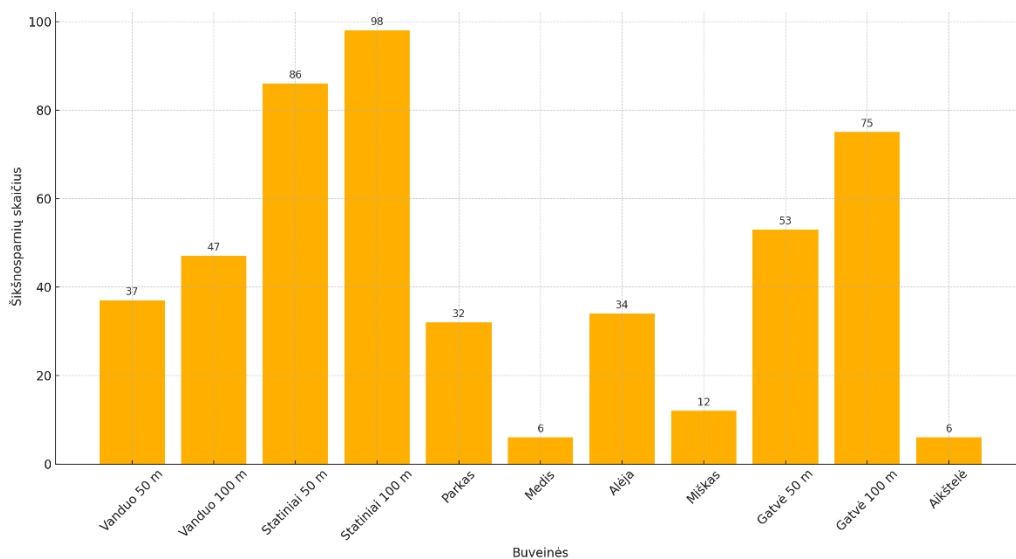
14 pav. PCA analizė šikšnosparnių duomenų.

Paneriai išsiskiria PCA grafike, kas rodo reikšmingus skirtumus šikšnosparnių rūšių pasiskirstyme, palyginti su kitomis seniūnijomis (14 pav.). Matyti, jog Vilkpėdės ir Panerių seniūnijų taškai išsibarstę įvairiose PCA grafiko dalyse kas rodo didelę šikšnosparnių rūšių įvairovę šiose seniūnijose. Taip yra todėl, kad šios seniūnijos pasižymi didesne buveinių įvairove ir tuo pačiu geresnėmis sąlygomis šikšnosparniams. Senamiestio ir Šnipiškės seniūnijos taip pat išsiskiria, kadangi taškai grafike yra gana susitelkę, rodantys homogenišką šikšnosparnių rūšių pasiskirstymą. Šis specifinis šikšnosparnių rūšių pasiskirstymas gali būti dėl riboto tinkamų buveinių skaičiaus ar specifinių aplinkos sąlygų. Seniūnijos, kurių taškai grafike yra arti vienas kito, pasižymi panašiomis buveinėmis ir ekologinėmis sąlygomis.

### 3.2. Šikšnosparnių pasiskirstymas pagal buveines

Vykdytų stebėjimų metu nustatyta, kad šikšnosparniai Vilniaus mieste renkasi buveines, kuriose yra tinkamos slėptuvės ir gausūs maitinimosi šaltiniai. Grafike matome, kad vandens telkiniai, gatvės yra svarbūs šikšnosparnių maitinimosi plotai, o statiniai, įvairūs želdiniai – miško parkai yra ypač svarbios šikšnosparnių dienojimo vietos ir buveinės (15 pav.). Vandens telkiniai yra svarbiausios šikšnosparnių maitinimosi vietos, kuriose jie medžioja vabzdžius, kurie veisiasi vandenyje ir šalia vandens. Statiniai suteikia prieglobstį ir yra dažnai naudojami kaip dienos slėptuvės. Šikšnosparniai maitinimosi vietas dažnai renkasi gatvėse, kadangi urbanizuotoje vietoje tai tiesiog neišvengiamybė, tačiau dirbtinis apšvietimas gali turėti dvejopą poveikį. Nors apšvietimas pritraukia vabzdžius, kurie yra šikšnosparnių maistas, per didelis apšvietimas gali trikdyti jų

natūralius elgesio modelius, o kai kurie šikšnosparniai net ir apskritai vengia apšviečiamų vietų. Parkuose ir miškuose taip pat stebimas didelis ir šikšnosparnių rūšių skaičius ir jų aktyvumo dažnis. Šiose buveinėse žinduoliai randa įvairius maitinimosi šaltinius ir tinkamas slėptuves. Miškai yra natūrali šikšnosparnių buveinė, o parkai, turintys įvairių augmeniją, taip pat yra patrauklūs šikšnosparniams. Šikšnosparnių skaičius aikštelėse yra mažesnis, nes tokiose vietose dažnai trūksta tinkamų slėptuvių ir maitinimosi šaltinių.



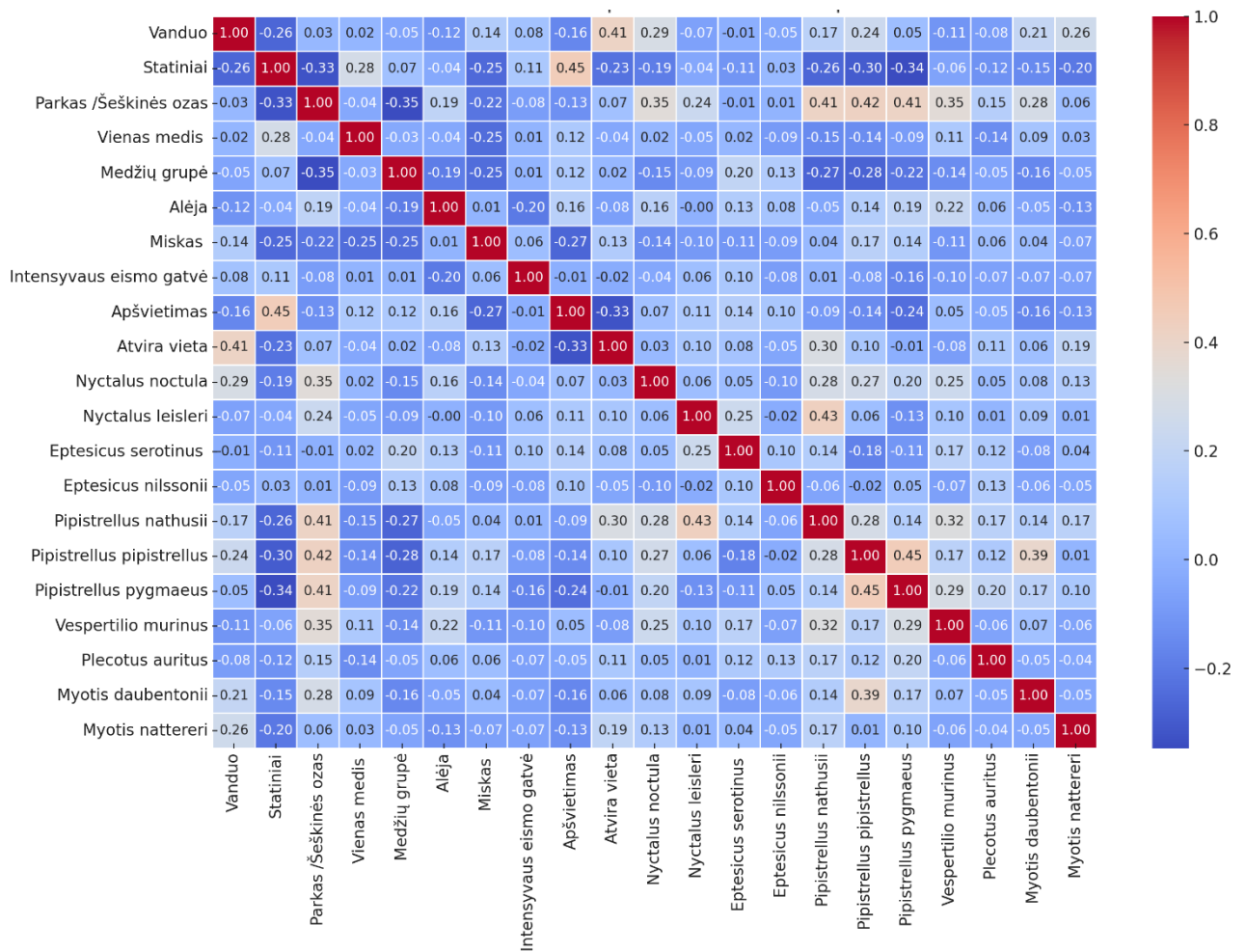
15 pav. Šikšnosparnių pasiskirstymas pagal įvairias buveines Vilniaus mieste.

Atlikta koreliacijos matrica suteikia išsamų vaizdą apie tai, kaip skirtingi aplinkos veiksniai yra susiję su šikšnosparnių rūšių pasiskirstymu tam tikrose buveinėse maitinimosi metu (16 pav.).

Iš šios matricos matome, kad reikšmingai teigiama vandens koreliacija su *M. daubentonii*, *M. nattereri*, *P. Pipistrellus* bei *N. Noctula* rodo, kad šios rūšys dažniau randamos šalia vandens telkinių. Neigiama koreliacija su *V. Murinus*, *P. auritus*, *N. Leisleri*, suteikia informacijos, jog šių rūšių verčiau ieškoti kiek atokiau nuo vandens telkinių. Teigiamą koreliaciją su statiniais turi *E. nilssonii*, ryškiai neigiamą visi trys *Pipistrellus* genties atstovai. Parkuose labiausiai tikėtina aptikti *N. noctula*, visus tris *Pipistrellus* genties individus. Labiausiai su apšvietimu koreliuoja *E. serotinus*. Mažiausia koreliacija su apšvietimu turi *P. pygmaeus*, todėl didesnė tikimybė juos aptikti ten kur mažiau gatvių žibintų.

Ši matrica taip pat padeda atpažinti šikšnosparnių rūšių tarpusavio teigiamą koreliaciją, kaip *P. pygmaeus* ir *P. pipistrellus* ar *M. daubentonii* ir *M. nattereri*, kas rodo, kad šios rūšys dažnai būna kartu tose pačiose vietose dėl panašių ekologinių poreikių ar buveinių todėl tokios rūšys gali būti apsaugotos bendromis priemonėmis.



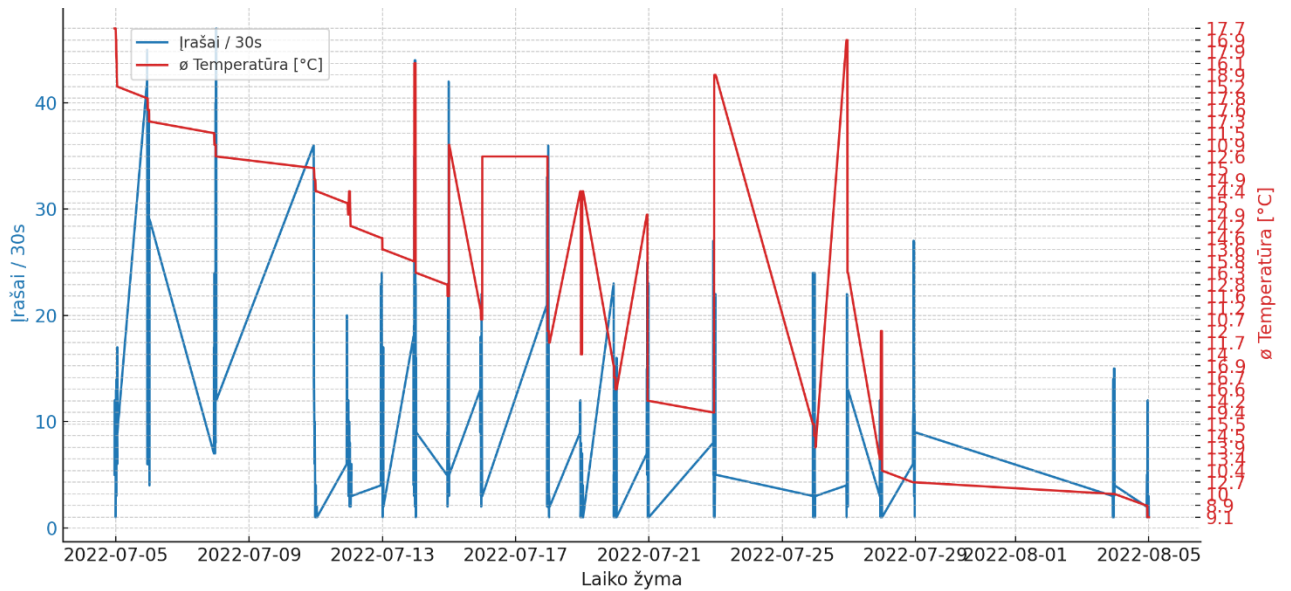


16 pav. Koreliacijos matrica pagal buveines maitinimosi metu.

### 3.3. Šišknošparnių skraidymo aktyvumas sezono metu

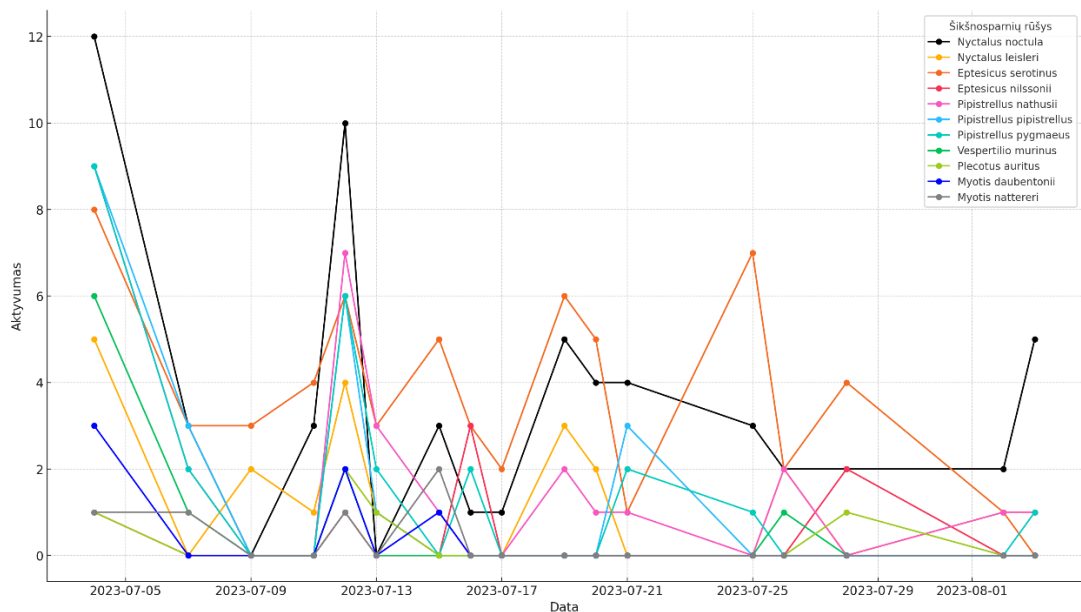
Šišknošparnių aktyvumo grafike šišknošparnių aktyvumas matuojamas įrašų per 30 sekundžių intervalu (17 pav.). Aktyvumo pikai dažniausiai sutampa su tam tikromis dienomis, rodančiomis aukštą šišknošparnių aktyvumą. Šie pikai dažniausiai yra naktimis, kaip ir tikėtasi dėl šišknošparnių naktinio gyvenimo būdo. Aktyvumo lygis smarkiai kinta, kai kurios naktys pasižymi ženkliai didesniu aktyvumu nei kitos. Tai gali būti susiję su įvairiais veiksniais, tokiais kaip maisto prieinamumas, oro sąlygos ar kiti ekologiniai veiksniai. Tikrai ryškūs aktyvumo pikai matomi liepos 5 d. vakare pradant stebėjimą ir pereinant į liepos 6 rytą, kai stebėjimas baigiamas. Kiti ryškesni pikai matosi liepos 8 d., 14 d., 15 d., bei 18 d.





17 pav. Šikšnosparnių aktyvumas ir temperatūra laike.

Žiūrint į temperatūros grafiką pastebimas bendras temperatūros kilimas laikotarpiu nuo liepos pradžios iki rugpjūčio pradžios (17 pav.). Tai atitinka vasaros sezono temperatūros tendencijas. Nors bendra tendencija yra kylanti, pastebimi ir staigūs temperatūros svyravimai, kurie gali turėti įtakos šikšnosparnių aktyvumui. Nors tiesioginė koreliacija tarp aktyvumo ir temperatūros nėra aiškiai matoma, yra požymių, kad šiltesnės naktys gali būti palankesnės šikšnosparnių aktyvumui. Pavyzdžiui, aukšti aktyvumo pikai dažnai sutampa su aukštesnėmis temperatūromis.



18 pav. Šikšnosparnių aktyvumas pagal rūšis sezono metu.

Pateiktame grafike rodoma šikšnosparnių aktyvumo dinamika pagal rūšis sezono metu, pradedant nuo 2023 m. liepos 4 d. iki 2023 m. rugpjūčio 3 d. (18 pav.) Šiame laikotarpyje galime pastebėti, kad šikšnosparnių aktyvumas labai skiriasi tarp skirtingų rūšių ir dienų. Kai kurios rūšys, kaip *Nyctalus noctula* ir *Eptesicus serotinus*, rodo aukštą aktyvumą tam tikromis dienomis, pasiekdamos net 12 įrašų per dieną. Tai rodo, kad šios rūšys yra labiau aktyvios ir galimai labiau paplitusios stebimame regione.

Kita vertus, *Myotis nattereri* ir *Vespertilio murinus* yra pastebimos rečiau, jų aktyvumas yra daug mažesnis. Tai gali reikšti mažesnę populiacijos dydį arba šių rūšių pasirinkimą kitoms buveinėms ar maitinimosi vietoms. Pastebima ir tam tikras aktyvumo kintamumas per visą laikotarpį: aktyvumo pikas dažniausiai stebimas liepos pradžioje ir viduryje, tuo tarpu liepos pabaigoje ir rugpjūčio pradžioje aktyvumas sumažėja. Tai gali būti susiję su sezoniškumu ar kitais aplinkos veiksniais, kurie daro įtaką šikšnosparnių maitinimosi ir migracijos elgsenai.

## IŠVADOS

1. Vilniaus mieste nustatyta 11 šikšnosparnių rūšių: *Nyctalus noctula*, *N. leisleri*, *Eptesicus serotinus*, *E. nilssonii*, *Pipistrellus nathusii*, *P. pipistrellus*, *P. pygmaeus*, *Vespertilio murinus*, *Plecotus auritus*, *Myotis daubentonii* ir *M. nattereri*.
2. Tyrimo metu nustatyta, kad šikšnosparnių rūšių pasiskirstymas Vilniaus mieste yra nevienodas ir priklauso nuo buveinių tipo. *Nyctalus noctula* ir *Eptesicus serotinus* buvo rasti visose Vilniaus miesto seniūnijose. *Pipistrellus nathusii* kiek labiau paplitęs nei *P. pipistrellus* ir randamas įvairiose seniūnijose. *E. nilssonii* dažniausiai buvo aptinkama prie miesto statinių. *Myotis daubentonii* ir *M. nattereri* buvo aptikti tik dviejose seniūnijose šalia vandens telkinių. *P. pygmaeus* taip pat aptinkamas netoli vandens telkinių. *Vespertilio murinus* ir *Plecotus auritus* aptinkamos mažiau urbanizuotose, atviresnėse vietovėse. *Nyctalus leisleri* pirmenybę teikia miškingoms vietovėms.
3. Šikšnosparnių skraidymo aktyvumas skiriasi priklausomai nuo paros ir sezono. Didžiausias aktyvumas vakare po saulės laidos, kai buvo užfiksuota daugiausia signalų. Sezoniškai aktyvumas didžiausias vasarą, kai vabzdžių populiacija yra gausiausia.

VILNIAUS UNIVERSITETAS  
GYVYBĖS MOKSLŲ CENTRAS

Gintarė Lacko

## ŠIKŠNOSPARNIŲ RŪŠINĖ ĮVAIROVĖ VILNIAUS MIESTE

### SANTRAUKA

Vilniaus mieste yra paplitę šikšnosparniai, kurie yra svarbi miesto ekosistemos dalis. Dėl kintančių aplinkos sąlygų ir didėjančio urbanizacijos poveikio kinta daugelio šikšnosparnių rūšių pasiskirstymo ir buveinių pasirinkimo modeliai.

Šio magistro darbo tikslas – nustatyti šikšnosparnių rūšinę įvairovę ir jų pasiskirstymo dėsningumus Vilniaus mieste. Darbo uždaviniai: nustatyti šikšnosparnių rūšinę įvairovę Vilniaus mieste; nustatyti skirtingų šikšnosparnių rūšių pasiskirstymo dėsningumus; palyginti tirtų šikšnosparnių skraidymo aktyvumo ypatumus paros ir sezono metu.

Šikšnosparnių rūšinė įvairovė buvo tirta analizuojant Vilniaus mieste surinktus akustinius duomenis ir atliekant sonogramų ir spektogramų analizes kompiuterine programa BatExplorer. Tyrimai buvo atlikti Vilniaus miesto 10-yje seniūnijų 2022 m. nuo liepos iki rugpjūčio pradžios.

Tyrimo metu buvo nustatyta 11 šikšnosparnių rūšių: *Nyctalus noctula*, *Nyctalus leisleri*, *Eptesicus serotinus*, *Eptesicus nilssonii*, *Pipistrellus nathusii*, *Pipistrellus pipistrellus*, *Pipistrellus pygmaeus*, *Vespertilio murinus*, *Plecotus auritus*, *Myotis daubentonii* ir *Myotis nattereri*. Skirtingų šikšnosparnių rūšių pasiskirstymas Vilniaus mieste parodė aiškius dėsningumus. Dažniausiai pasitaikančios rūšys buvo *Eptesicus serotinus* ir *Nyctalus noctula*, jos aptiktos visose seniūnijose. *Myotis daubentonii* ir *Myotis nattereri* buvo aptiktos tik dviejose seniūnijose. Taip pat tyrimo rezultatai rodo, kad skirtingų šikšnosparnių rūšių pasiskirstymas atspindi jų ekologinius poreikius ir gebėjimą prisitaikyti prie miesto aplinkos. Skraidymo aktyvumas yra didžiausias vakare ir vasarą.

Šio tyrimo duomenys parodo būtinybę, jog svarbu išsaugoti ir plėtoti miesto žaliasias zonas ir vandens telkinius, siekiant užtikrinti šikšnosparnių populiacijų stabilumą ir biologinę įvairovę mieste.

VILNIUS UNIVERSITY

LIFE SCIENCE CENTER

Gintarė Lacko

Master thesis

## **SPECIES DIVERSITY OF BATS IN THE CITY OF VILNIUS**

### **SUMMARY**

Bats are prevalent in the city of Vilnius, forming an important part of the urban ecosystem. Due to changing environmental conditions and the increasing impact of urbanization, the distribution and habitat selection patterns of many bat species are shifting.

The aim of this master's thesis is to determine the species diversity and distribution patterns of bats in the city of Vilnius. The objectives of the study are: to identify the species diversity of bats in Vilnius; to determine the distribution patterns of different bat species; and to compare the flight activity characteristics of the studied bats throughout the day and season.

The species diversity of bats was studied by analyzing acoustic data collected in Vilnius and performing sonogram and spectrogram analyses using the computer program BatExplorer. The research was conducted in 10 districts of Vilnius from July to early August 2022.

The study identified 11 species of bats: *Nyctalus noctula*, *Nyctalus leisleri*, *Eptesicus serotinus*, *Eptesicus nilssonii*, *Pipistrellus nathusii*, *Pipistrellus pipistrellus*, *Pipistrellus pygmaeus*, *Vespertilio murinus*, *Plecotus auritus*, *Myotis daubentonii*, and *Myotis nattereri*. The distribution of different bat species in Vilnius showed clear patterns. The most common species were *Eptesicus serotinus* and *Nyctalus noctula*, found in all districts. *Myotis daubentonii* and *Myotis nattereri* were found in only two districts. The study results also indicate that the distribution of different bat species reflects their ecological needs and ability to adapt to the urban environment. Flight activity is highest in the evening and during the summer.

The data from this study highlight the need to preserve and develop urban green spaces and water bodies to ensure the stability of bat populations and biodiversity in the city.

## LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Alcalde J. T., Jiménez M., Brila I., Vintulis V., Voigt C. C., Petersons G., 2020. Transcontinental 2200 km migration of a Nathusius' pipistrelle (*Pipistrellus nathusii*) across Europe. *Mammalia*, 85 (2). <https://doi.org/10.1515/mammalia-2020-0069>;
2. Altringham J. D., McOwat T. P., Hammond, L., 2011. *Bats: From evolution to conservation* (2nd ed.). Oxford: Oxford University;
3. Andriollo T., Michaux J. R., Ruedi M., 2021. Food for everyone: Differential feeding habits of cryptic bat species inferred from DNA metabarcoding. *Molecular Ecology*, 30 (18), 4584 - 4600. <https://doi.org/10.1111/mec.16073>;
4. Arnaout Y., Djelouadji Z., Robardet E., Cappelle J., Cliquet F., Touzalin F., Jimenez G., Hurstel S., Borel C., Picard-Meyer E., 2022. Genetic identification of bat species for pathogen surveillance across France. *PLoS One*, 17 (1). DOI: [10.1186/1742-9994-8-25](https://doi.org/10.1186/1742-9994-8-25)
5. Barclay R. M. R., Harder L. D., 2003. *Life histories of bats: life in the slow lane*. In: Kunz and T. H., Fenton M. B. (Eds.), *Bat ecology*: 209–253. Chicago: University of Chicago Press.
6. Baranauskas K., Balčiauskas L., Mažeikytė R., 2005. Vilnius City Theriofauna. *Acta Zoologica Lituanica*, 15 (3), 228–238. <https://doi.org/10.1080/13921657.2005.10512616>;
7. Baranauskas K., 2006. Bat species composition and abundance in two underground hibernaculae in Vilnius before and after fencing. *Ekologija*, 1, 10-15. [https://mokslozurnalai.lmaleidykla.lt/publ/0235-7224/2006/1/Eko\\_010\\_015.pdf](https://mokslozurnalai.lmaleidykla.lt/publ/0235-7224/2006/1/Eko_010_015.pdf);
8. Baranauskas K., Griekienienė J., Masing M., 2006. Particoloured bat *Vespertilio murinus* (Chiroptera) found hibernating in Lithuania for the first time. *Ekologija*, 4, 31-33. <https://vb.gamtc.lt/object/elaba:6213642/>;
9. Baranauskas K., 2010. Diversity and Abundance of Bats (Chiroptera) found in Bat Boxes in East Lithuania. *Acta Zoologica Lituanica*, 20 (1), 39-44. <https://doi.org/10.2478/v10043-010-0005-8>;
10. Beilke, E. A., O'Keefe, J. M., 2022. Bats reduce insect density and defoliation in temperate forests: An exclusion experiment. *Ecology*, 104 (2). <https://doi.org/10.1002/ecy.3903>;
11. Brinklov S. M. M., Jakobsen L., Miller, L. A., 2022. Echolocation in Bats, Odontocetes, Birds, and Insectivores. In: Erbe C., Thomas J.A. (Eds.), *Exploring Animal Behavior Through Sound*. 1, 419–457. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-97540-1\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-97540-1_12);
12. Britton A. R. C., Jones G., Rayner J. M. V., Boonman A. M., Verboom B., 1997. Flight performance, echolocation and foraging behaviour in pond bats, *Myotis dasycneme* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Journal of Zoology*, 241 (3), 503-522. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1997.tb04842.x>;

12. Ciechanowski M., 2015. Habitat preferences of bats in anthropogenically altered, mosaic landscapes of northern Poland. *European Journal of Wildlife Research*, 61, 415–428. <https://doi.org/10.1007/s10344-015-0911-y>;
13. Čepulis M., 2023. *Ana konda? (Ne)pavojingi Lietuvos ir pasaulio gyvūnai*. Vilnius: Alma littera.
14. Dawkins R., 1998. *The Blind Watchmaker*. London: Norton & Company;
15. Denzinger A., Schnitzler H. U., 2013. Bat guilds, a concept to classify the highly diverse foraging and echolocation behaviors of microchiropteran bats. *Frontiers in Physiology*, 4, 164. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00164>;
16. Dietz M., Kalko E. K. V., 2007. Reproduction affects flight activity in female and male Daubenton's bats, *Myotis daubentoni*. *Canadian Journal of Zoology*, 85 (5), 653–664. <https://doi.org/10.1139/Z07-045>;
17. Dietz C., Keifer A., 2016. *Bats of Britain and Europe*. London: Bloomsbury Publishing;
18. Dumont E. R., O'Neal R., 2004. Food Hardness and Feeding Behavior in Old World Fruit Bats (Pteropodidae). *Journal of Mammalogy*, 85 (1), 8–14. <https://doi.org/10.1644/BOS-107>;
19. Dumont E.R., 2007. Feeding mechanisms in bats: variation within the constraints of flight. *Integrative and Comparative Biology*, 47 (1), 137–146. <https://doi.org/10.1093/icb/icm007>;
20. Egert-Berg, K., Handel, M., Goldshtein, A., Eitan O., Borissov I., Yovel Y., 2021. Fruit bats adjust their foraging strategies to urban environments to diversify their diet. *BMC Biology*, 19 (123). <https://doi.org/10.1186/s12915-021-01060-x>;
21. Fenton M. B., 1990. The foraging behaviour and ecology of animal-eating bats. *Canadian Journal of Zoology*, 68 (3), 411–422. <https://doi.org/10.1139/z90-061>;
22. Fenton M. B., Simmons N. B., 2014. *Bats: A World of Science and Mystery*. Brooklyn: Névraumont Publishing Company;
23. Fleming T. H., Eby P., 2003. *Ecology of bat migration*. In: Kunzand T. H., Fenton M. B. (Eds.), *Bat ecology*: 156-208. Chicago: University of Chicago Press.
24. Fleming T. H., 2019. *Bat Migration*. In: Choe J. C. (Eds.) *Encyclopedia of Animal Behavior*, Second Edition: 605-610. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.20764-4>;
25. Fukui D., Agetsuma N., Hill D. A., 2004. Acoustic Identification of Eight Species of Bat (Mammalia: Chiroptera) Inhabiting Forests of Southern Hokkaido, Japan: Potential for Conservation Monitoring. *Zoological Science*, 21 (9), 947-955. <https://doi.org/10.2108/zsj.21.947>;
26. Hutchinson G. E., 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 22, 415–427. <https://doi.org/10.1101/sqb.1957.022.01.039>;
27. Hutson T., 2022. *Bats: Their Biology and Behavior*. London: Natural History Museum;

28. Hutterer R., Ivanova T., Meyer-Cords C. H., Rodrigues L., 2005. Bat Migrations in Europe: A Review of Banding Data and Literature. Vokietija: Federal Agency for Nature Conservation;
29. Ibanez C., Guillén A., Agirre-Mendi P. T., Juste J., Schreur G., Cordero A. I., Popa-Lisseanu A. G., 2009. Sexual Segregation in Iberian Noctule Bats. *Journal of Mammalogy*, 90 (1), 235–243. <https://doi.org/10.1644/08-MAMM-A-037.1>;
30. Yovel Y., Stilz P., Franz M. O., Boonman, A., Schnitzler H. U., 2009. What a plant sounds like: the statistics of vegetation echoes as received by echolocating bats. *PLOS Computational Biology*. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1000429>;
31. Jones G., Rydell J., 1994. Foraging strategy and predation risk as factors influencing emergence time in echolocating bats. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.*, 346 (1318), 445–55. <https://doi.org/10.1098/rstb.1994.0161>;
32. Kerth G., Weissmann K., Konig B., 2001. Day roost selection in female Bechstein's bats (*Myotis bechsteinii*): a field experiment to determine the influence of roost temperature. *Oecologia*. 126 (1), 1-9. <https://doi.org/10.1007/s004420000489>;
33. Khan F. A. A., Swier V. J., Solari S., Larsen P. A., Ketol B., Marni W., Ellagupillay S., Lakim M., Abdullah M. T., Baker R. J., 2008. Using Genetics and Morphology to Examine Species Diversity of Old World Bats: Report of a Recent Collection from Malaysia. *Occasional Papers, Museum of Texas Tech University*, 281, 1-28. <https://biostor.org/reference/250136>;
34. Kontrimavičius V. (red.), 1988. Lietuvos Fauna. Žinduoliai. Mokslas. psl.-psl.
35. Kruskop S. V., 2021. Diversity Aspects in Bats: Genetics, Morphology, Community Structure. *Diversity*, 13 (9). <https://doi.org/10.3390/d13090424>;
36. Kruszynski C., Bailey L.D., Courtiol A., Bach L., Bach P., Göttsche M., GöttscheM., Hill R., Lindecke O., Matthes H., Pommeranz H., Popa-Lisseanu A. G., Seebens-Hoyer A., Tichomirowa M., Christian C. Voigt C. C., 2021. Identifying migratory pathways of *Nathusius' pipistrelles* (*Pipistrellus nathusii*) using stable hydrogen and strontium isotopes. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 35 (6), <https://doi.org/10.1002/rcm.9031>;
37. Lausen C. L., Barclay R. M. R., 2006. Benefits of Living in a Building: Big Brown Bats (*Eptesicus fuscus*) in Rocks versus Buildings. *Journal of Mammalogy*, 87 (2), 362–370. <https://doi.org/10.1644/05-MAMM-A-127R1.1>;
38. Lewanzik D., Straka T. M., Lorenz J., Marggraf L., Voigt-Heucke S., Schumann A., Brandt M., Voigt C. C., 2022. Evaluating the potential of urban areas for bat conservation with citizen science data. *Environmental Pollution*, 297. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118785>;
39. Marnell F., Presetnik P., 2010. Protection of overground roosts for bats (particularly roosts in buildings of cultural heritage importance). *EUROBATS Publication (English version)*, 4. ISBN: 978-92-95058-17-0;



40. Masing M., Lutsar L., 2007. Hibernation temperatures in seven species of sedentary bats (chiroptera) in Northeastern Europe. *Acta Zoologica Lituanica*, 17 (1), 47-55. DOI:10.1080/13921657.2007.10512815;
41. Masing M., Baranauskas K., Siivonen Y., Wermundsend T., 2009. Bats hibernating in Kaunas Fortress, Lithuania. *Estonian Journal of Ecology*, 58 (3), 192–204. DOI:10.3176/eco.2009.3.04;
42. Masing M., Baranauskas K., 2011. Monitoring bats in Vilnius during spring and summer. An event of interest based science in boreal Europe. [Example of a „Bats in Towns” study in a European town.].
43. Masing M., Baranauskas K., 2011. Monitoring bats in Vilnius during spring and summer. Kn: *XII European bat research symposium*. (Vilnius, 2011 August 22-26 d.) tema: 81-82. Vilnius.
44. Middleton N., Froud A., French K., 2014. *Social Calls of the Bats of Britain and Ireland*. Exeter: Pelagic Publishing;
45. Mitchell-Jones A. J., Amori G., Bogdanowicz W., Kryštufek B., Reijnders P. J. H., Spitzenberger F., Stubbe M., Thissen J. B. M., Vohralik V., Zima J., 1999. *The Atlas of European Mammals*. London: Academic Press;
46. Moss C. F., Ortiz S. T., Wahlberg M., 2023. Adaptive echolocation behavior of bats and toothed whales in dynamic soundscapes. *Journal of Experimental Biology*, 226 (9). <https://doi.org/10.1242/jeb.245450>;
47. NABat North American bat monitoring program [žiūrėta 2024-05-27]. Prieiga per internetą <https://www.nabatmonitoring.org/collect-data>;
48. Neuweiler G., 2000. *The biology of bats*. New York: Oxford University Press.
49. Norberg U. M., Rayner J. M. V., 1987. Ecological morphology and flight in bats (Mammalia; Chiroptera): wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 316 (1179) 335-427. <https://royalsocietypublishing.org/doi/epdf/10.1098/rstb.1987.0030>;
50. Novaes R. L. M., 2022. The ecological cost of reproduction in the proboscis bat. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 20 (2), 75-75. <https://doi.org/10.1002/fee.2479>; Neuweiler G., 1989. Foraging ecology and audition in echolocating bats. *Trends in Ecology & Evolution*, 4, 160-166. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(89\)90120-1](https://doi.org/10.1016/0169-5347(89)90120-1);
51. O’Mara M. T., Bauer K., Blank D., Baldwin J. W., Dechmann D. K. N., 2016. Common Noctule Bats Are Sexually Dimorphic in Migratory Behaviour and Body Size but Not Wing Shape. *PLoS ONE*, 11 (11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167027>;
52. Paltanavičius S., 2023. *Žvėrys ir žvėreliai*. Vilnius: Alma littera;
53. Patriquin K. J., Guy C., Hinds J., Ratcliffe J. M., 2019. Male and female bats differ in their use of a large urban park. *Journal of Urban Ecology*, 5 (1). <https://doi.org/10.1093/jue/juz015>;

54. Poon E. S. K., Chen G., Tsang H. Y., Shek C. T., Tsui W. C., Zhao H., Guénard B., Sin S. Y. W., 2023. Species richness of bat flies and their associations with host bats in a subtropical East Asian region. *Parasites Vectors*, 16. <https://doi.org/10.1186/s13071-023-05663-x>;
55. Rašomavičius V. (red.), 2021. *Lietuvos raudonoji knyga. Gyvūnai, augalai, grybai*. Vilnius: Lututė;
56. Pauža D. H., Paužienė N., 1998. Bats of Lithuania: distribution, status and protection. *Mammal Review*, 28 (2), 53 – 68. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2907.1998.00025.x>;
57. Pauža D. H., Paužienė N., Sidabrienė G., 2004. *Šikšnosparniai*. Kaunas: Lututė;
58. Pettigrew J. D., 1991. Wings or Brain? Convergent Evolution in the Origins of Bats. *Systematic Biology*, Volume 40, Issue 2, 199 – 216 psl., <https://doi.org/10.1093/sysbio/40.2.199> .
59. Popa-Lisseanu A. G., Voigt C. C., 2009. Bats on the Move. *Journal of Mammalogy*, 90 (6), 1283–1289. <https://doi.org/10.1644/09-MAMM-S-130R2.1>;
60. Rydell J., Baagoe H. J., 1994. *Vespertilio murinus*. *Mammalian Species*, 467, 1-6. <https://doi.org/10.2307/3504265>;
61. Rodríguez-Aguilar G., Orozco-Lugo C. L., Vleut I., Vazquez L. B., 2017. Influence of urbanization on the occurrence and activity of aerial insectivorous bats. *Urban Ecosystems* 20 (2), 477-488. <https://doi.org/10.1007/s11252-016-0608-3>;
62. Russ J., 2012. *British Bat Calls. A guide to species identification*. Exeter: Pelagic Publishing;
63. Russo D., Ancillotto L., 2015. Sensitivity of bats to urbanization: a review. *Mammalian Biology*, 80 (3), 205-212. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2014.10.003>;
64. Salles A., Bohn K. M., Moss C. F., 2019. Auditory Communication Processing in Bats: What We Know and Where to Go. *Behavioral Neuroscience*, 133 (3), 305–319. <http://dx.doi.org/10.1037/bne0000308>;
65. Schmieder D. A., Benítez H. A., Borissov I. M., Fruciano C., 2015. Bat Species Comparisons Based on External Morphology: A Test of Traditional versus Geometric Morphometric Approaches. *PLoS One*, 10 (5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127043>;
66. Schnitzler H. U., Moss C. F., Denzinger, A., 2003. From spatial orientation to food acquisition in echolocating bats. *Trends in Ecology & Evolution*, 18 (8), 386-394. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00185-X](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00185-X);
67. Schober W., Grimmberger E., 1989. *A guide to bats of Britain and Europe*. London: Hamlyn;
68. Simmons N. B., 2005. *Order Chiroptera*. In: Wilson, D. E., Reeder D. M. (Eds.) *Mammal Species of the World*, Third Edition: 312-529. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
69. Speakman J. R., 2001. The evolution of flight and echolocation in bats: another leap in the dark. *Mammal Review*, 31 (2), 111–30. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2907.2001.00082.x>;

70. Speakman J. R., Thomas D. W., 2003. *Physiological ecology and energetics of bats*. In: Kunz and T. H., Fenton M. B. (Eds.), *Bat ecology*: 430–492. Chicago: University of Chicago Press.
71. Stidsholt L., Hubancheva A., Greif S., Goerlitz H. R., Johnson M., Yovel Y., Peter T Madsen P. T., 2023. Echolocating bats prefer a high risk-high gain foraging strategy to increase prey profitability. *eLife*, 12:e84190. <https://doi.org/10.7554/eLife.84190>;
72. Threlfall C., Law B., Penman T., Banks P. B., 2011. Ecological processes in urban landscapes: mechanisms influencing the distribution and activity of insectivorous bats. *Ecography*, 34 (5), 814-826. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2010.06939.x>;
73. Vasenkov D., Desmet J. F., Popov I., Sidorchuk N., 2022. Bats can migrate farther than it was previously known: a new longest migration record by Nathusius' pipistrelle *Pipistrellus nathusii* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Mammalia*, 86 (5). <https://doi.org/10.1515/mammalia-2021-0139>;
74. Voigt C. C., Kionka J., Koblitz J. C., Stilz P. C., Pētersons G., Lindecke O., 2023. Bidirectional movements of Nathusius' pipistrelle bats (*Pipistrellus nathusii*) during autumn at a major migration corridor. *Global Ecology and Conservation*, 48. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02695>;
75. Zagamajster M., 2003. Display song of parti-coloured bat *Vespertilio murinus* Linnaeus, 1758 (Chiroptera, Mammalia) in southern Slovenia and preliminary study of its variability. *Natura Sloveniae*, 5 (1). DOI:10.14720/ns.5.1.27-41;
76. Wagele H., Klussmann-Kolb A., Kuhlmann, M., Kuhlmann M., Haszprunar G., David Lindberg, Koch A., Wägele J. W., 2011. The taxonomist - an endangered race. A practical proposal for its survival. *Frontiers in Zoology*, 8 (1). <https://doi.org/10.1186/1742-9994-8-25>;
77. Wilson D. E., Mittermeier R. A. (Eds.), 2019. *Handbook of the Mammals of the World*. Vol. 9. Bats. Barcelona: Lynx Edicions;